



НАУКА
БУДУЩЕГО
НАУКА
МОЛОДЫХ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНЫЙ ФОРУМ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
СЕВАСТОПОЛЬ
29 СЕНТЯБРЯ – 2 ОКТЯБРЯ
2015



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ ФОРУМА ТОМ 2



НАУКА
БУДУЩЕГО

НАУКА
МОЛОДЫХ

СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ ФОРУМА



ISBN 978-5-9907236-2-7



9 785990 723627



УДК625.1
ББК39.211
П 429

Сборник тезисов участников форума «Наука будущего – наука молодых» – Севастополь, 2015. – Том 2, 447 с.

В сборнике собраны тезисы докладов участников Международного научного форума «Наука будущего – наука молодых», организованного Министерством образования и науки Российской Федерации (29 сентября - 02 октября 2015 года, г. Севастополь).

Участники форума - ученые с мировым именем, ведущие молодые ученые, студенты-победители конкурса научно-исследовательских работ студентов (НИРС).

Доклады представлены на секциях:

1. Безопасная и эффективная энергетика
2. Новые материалы, производственные технологии и процессы
3. Науки о жизни, экология и медицина
4. Машиностроение, транспортные и космические системы
5. Информационные технологии и вычислительные системы
6. Агро-, био- и продовольственные технологии
7. Науки о Земле и рациональное природопользование
8. Химия и химические технологии
9. Математика и механика
10. Физика и астрономия
11. Гуманитарные и социальные науки

Включенные в сборник произведения представлены в авторской редакции.

ISBN 978-5-9907236-2-7 (т. 2)
ISBN 978-5-9907236-0-3

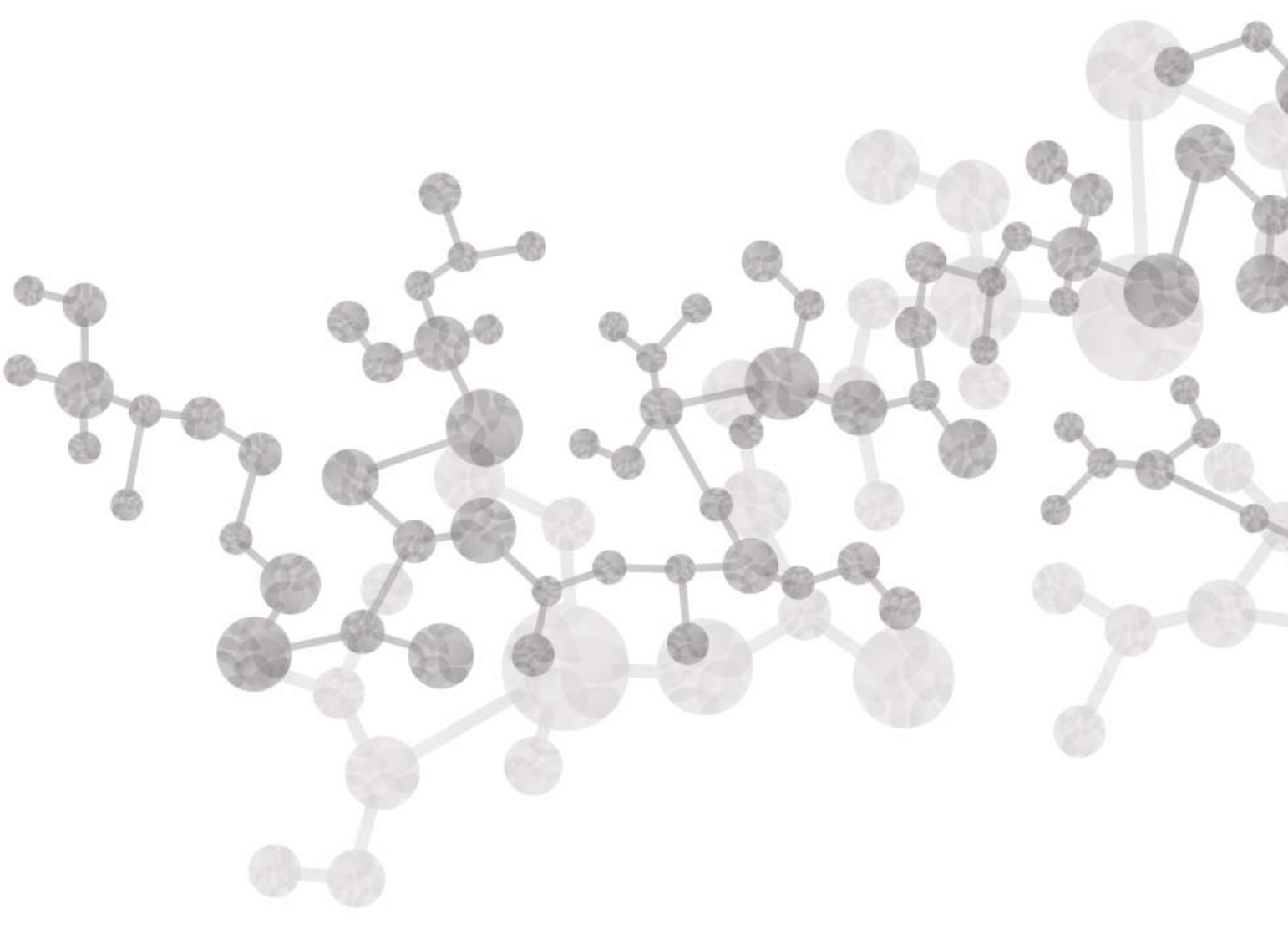
© ООО «Инконсалт К», 2015

«НАУКА БУДУЩЕГО – НАУКА МОЛОДЫХ»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ ФОРУМА

Дирекция форума ООО «Инконсалт К»
Издательство - Инконсалт К
115035 г. Москва,
3-й Кадашевский пер., д.6

Наука о жизни, экология и медицина	3
Наука о Земле и рациональное природопользование	117
Новые материалы, производственные технологии и процессы	210
Физика и астрономия	319
Химия и химические технологии	389

An abstract graphic of a molecular structure, possibly a protein or a complex molecule, rendered in a light gray, semi-transparent style. It features a network of interconnected nodes (spheres) and lines (bonds), with some nodes being larger than others, suggesting a hierarchical or complex structure. The overall shape is elongated and somewhat irregular, with many smaller branches and loops.

**НАУКИ О ЖИЗНИ
ЭКОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА**

ДОКЛАДЧИК:

Абросимова (Новикова)
Наталья Владимировна
(Novikova Nataliya V.)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ГБОУ ВПО Курский
государственный медицинский
университет
(Kursk State Medical University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Абросимова (Новикова) Наталья
Владимировна
(Novikova Nataliya V.)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка нового поколения кровоостанавливающих имплантатов на основе карбоксиметилцеллюлозы
Development of new generation of hemostatic implants of carboxymethylcellulosa

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Остановка кровотечений из внутренних органов является общехирургической проблемой. В настоящее время основными способами гемостаза являются перевязка сосуда, наложение лигатуры и ушивание раны, но все эти методики травматичны и не всегда результативны. Использование полимерных гемостатических имплантатов позволяет быстро и довольно эффективно решить эту проблему, но в настоящее время их качество и стоимость не сопоставимы. В связи с этим разработка и серийное производство нового эффективного материала может значительно улучшить результаты оказания медицинских услуг.

Annotation

Arrest of bleeding from internal organs is a surgical problem. Nowadays there are basic ways of hemostasis such as ligation, wound closure, but this methods are traumatic and often don't have good results. Using of polymeric hemostatic implants promotes to solve the problem fast and productively, but today the quality and cost of this implants aren't comparable. Therefore, the development and mass production of the new material can be significantly effective results of medical services.

Ключевые слова: гемостаз, гемостатические губки, паренхиматозные органы, кровотечение, гемостатические средства

Keywords: hemostasis, hemostatic sponges, parenchymatous organs, bleeding, hemostatic means

Применение синтетических имплантатов, кровоостанавливающих губок, нашло широкое распространение в практической хирургии. Тенденции развития современной хирургии тяготеют к манипуляциям, максимально сохраняющим или восстанавливающим органы, на которых они производятся. Следовательно, нужно искать новые материалы, которые будут соответствовать данным требованиям.

Цель проекта заключается в разработке и внедрении в медицинскую практику нового эффективного кровоостанавливающего аппликационного средства на основе губчатого полимерного материала.

Задачи исследования: 1. Провести оценку макроскопических изменений печени и селезенки при использовании имплантатов на основе карбоксиметилцеллюлозы в сравнении с применяемыми в хирургической практике «Тахокомб» (Никомед, Австрия) и Suntouch (Китай)

1. Оценить время остановки кровотечения с использованием кровоостанавливающих имплантатов на основе карбоксиметилцеллюлозы с добавлением лекарственных препаратов и без них

2. Определить объем кровопотери с использованием кровоостанавливающих губок на основе карбоксиметилцеллюлозы с добавлением лекарственных препаратов и без них.

Для сравнительной оценки изменений брюшной полости и оценки реакции тканей печени и селезенки были использованы следующие материалы:

- 1) губка гемостатическая карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ)
- 2) средство гемостатическое абсорбирующее «Тахокомб» («Никомед», Австрия) - состав: фибриноген, тромбин, альбумин, аргинина гидрохлорид, коллаген, натрия хлорид, натрия цитрат;
- 3) Suntouch soluble hemostatic gauze («Suntouch», Китай) – марля рассасывающаяся гемостатическая.

В качестве объектов исследования были выбраны половозрелые кролики породы Шиншилла (самцы), прошедшие карантин и содержащиеся в условиях вивария Курского государственного медицинского университета.

Все животные были разделены на три группы по 6 животных в каждой. В каждой группе использовался один гемостатический материал. Контрольная группа состояла из 4 животных. Под общей анестезией с соблюдением всех международных и отечественных норм гуманного обращения с животными, были произведены операции: срединная лапаротомия, в результате которых моделировали поверхностные плоскостные травмы печени и селезенки. Травму наносили при помощи

специальной пластинки (Липатов В.А. и др., 2010), имеющей «окно» 10х15 мм (печень) и 7х12 мм (селезенка), через которое проводилось удаление участка органа выступающего над плоскостью пластины 10х15х1 мм и 7х12х1 мм соответственно.

На место травмы органов были наложены образцы гемостатических полимерных губчатых имплантатов (КМЦ, Тахокомб, Suintouch), после достижения гемостаза лапоротомная рана была послойно ушита узловыми швами. В течении первых трех дней после операции животным вводили антибиотики широкого спектра действия.

Животные были выведены из эксперимента на 14 сутки путем передозировки наркоза. В каждом случае произведена аутопсия с оценкой выраженности спаечного процесса в балах по пятибалльной системе и описанием изменений в брюшной полости. Изучались: распространенность спаечного процесса, деформация органов, наличие плоскостных, перепончатых, тракционных, шнуровидных и сальниковых спаек. Оценка выраженности спаечного процесса брюшной полости производилась с использованием методики семантического дифференциала, которая заключается в отцифровке различных показателей адгезивного процесса, умножении этих оценок на коэффициенты значимости оцениваемых критериев и сложением этих произведений (Липатов В.А. и др. 2004).

Статистическую обработку результатов исследования проводили с применением методик описательной и вариационной статистики. Производился расчет средних арифметических стандартных отклонений и средних ошибок средних. Для определения достоверности отличий средних применяли множественные сравнения Ньюмена-Кейлса, Тьюки, Даннета; а так же непараметрический критерий Манна-Уитни. В качестве программной среды для обработки данных использовали программы Statistica (версия 6.0) и Biosstatistics (версия 4.03). Статистически существенными считались различия средних арифметических если $p \leq 0,05$.

В качестве материалов для определения времени остановки кровотечения и объема кровопотери были использованы 7 образцов стерильных гемостатических губок (табл. 1, рис. 1,2).

Рис. 1 - Экспериментальный образец губки в стерильной упаковке



Рис. 2 - Структура изучаемой губки



Таблица 1 – Описание исследуемых образцов гемостатических губок

Контроль	Марля
Образец №1	Губка КМЦ
Образец №2	Губка КМЦ, частично перезаряженная химическим способом
Образец №3	Губка КМЦ, частично перезаряженная химическим способом, с добавлением декстрина
Образец №4	Губка КМЦ, частично перезаряженная химическим способом, с добавлением аминокислотной кислоты
Образец №5	Губка КМЦ, частично перезаряженная химическим способом, с добавлением глицерина
Образец №6	Губка КМЦ, частично перезаряженная химическим способом, с добавлением аминокислотной кислоты
Образец №7	Губка КМЦ, частично перезаряженная химическим способом, с добавлением салициловой кислоты

Рис. 3 - Внутренние органы кролика при использовании в качестве кровоостанавливающего имплантата губки на основе КМЦ, 14 сутки после операции.

а - фибриновый налет на поверхности печени
б - подпаянная прядь сальника к месту травмы селезенки

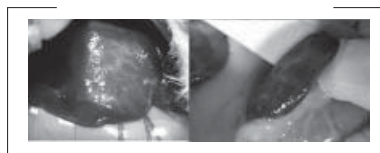
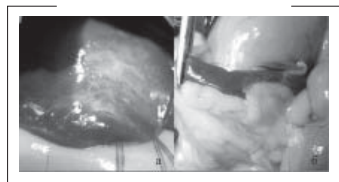


Рис. 4 - Внутренние органы кролика при использовании в качестве гемостатического имплантата марли Suintouch, на 14 сутки после операции.

а – печень; б – селезенка



В качестве объекта исследования были выбраны половозрелые крысы мужского пола серии «Вистар». Все лабораторные животные в количестве 48 особей были разделены на восемь групп по 6 крыс в каждой группе (7 экспериментальных групп и 1 контрольная). Под общей анестезией с соблюдением всех международных и отечественных правил о гуманном обращении с животными, были произведена следующая операция: срединная лапаротомия, в результате которой были смоделированы поверхностные плоскостные травмы печени и селезенки размером 6х8 мм для печени и 4х6 мм для селезенки. На место травмы накладывались образцы гемостатических полимерных губчатых имплантатов. После чего засекалось время до достижения остановки кровотечения. Объем кровопотери измерялся путем промокания раны марлевыми тампонами, с последующим подсчетом разницы массы тампона до и после промокания. Масса тампонов измерялась с помощью торсионных весов. Ход эксперимента для каждого животного задокументирован в протоколах операций.

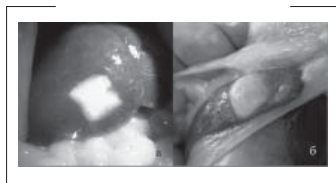
Анализируя протоколы аутопсии животных, у которых для остановки кровотечения применялся губчатый имплантат на основе КМЦ, было отмечено отсутствие деформации органов и умеренная выраженность спаечного процесса брюшной полости во всех случаях (рис. 3).

Анализируя протоколы аутопсий животных после использования для остановки кровотечения губчатого имплантата Suintouch отмечался выраженный спаечный процесс с деформацией органов (рис. 4).

Группа, в которой использовалась имплантация материала Тахокомб, в область травмы отличалась наименьшей выраженностью спаечного процесса брюшной полости и полным отсутствием деформации органов. На месте моделирования травмы обнаруживалось плотноэластическое образование, совпадающее по размерам с имплантированной губкой. (рис. 5).

При анализе выраженности спаечного процесса брюшной полости данные

Рис. 5 - Внутренние органы кроликов при использовании в качестве гемостатического имплантата губку «Тахокомб», на 14 сутки после операции. а – печень; б - селезенка



различных групп колебались от 1,6 до 1,82, но достоверных отличий между группами выявлено не было. Таким образом, можно сделать вывод, что наш имплантат не оказывает деформирующего воздействия на органы, и является не хуже, чем применяемые в хирургической практике имплантаты.

Оценка времени кровотечения и объема кровопотери проводилась с целью определения необходимости добавления в наш экспериментальный образец других лекарственных препаратов.

В качестве контроля выступал материал, заранее с известной нулевой гемостатической активностью – марля.

Исходя из полученных результатов можно утверждать, что все исследуемые образцы достоверно снижают время кровотечения из раны печени и селезенки по сравнению с контролем: Образец 1 – на 44% для печени и на 39% для селезенки; Образец 2 – на 50% для печени и на 36% для селезенки; Образец 3 – на 50% для печени и на 38% для селезенки; Образец 4 – на 49% для печени и на 38% для селезенки; Образец 5 – на 52% для печени и на 42% для селезенки; Образец 6 – на 62% для печени и на 48% для селезенки; Образец 7 – на 61% для печени и на 49% для селезенки.

При сравнении исследуемых образцов с губкой КМЦ без добавления химических веществ (образец 1) было выяснено, что все образцы достоверно снижают время кровотечения из раны печени по сравнению с образцом 1 (на 11%, 10%, 12%, 15%, 32% и 31% соответственно). При этом анализ данных, полученных при сравнении времени кровотечения из раны селезенки, показал, что сравнение результатов образцов 5, 6 и 7 не является статистически значимым. Образец 2 увеличивает время кровотечения на 5% по сравнению с образцом 1, а образцы 3 и 4 – увеличивают на 2%.

В сравнении с контролем, все исследуемые образцы снижают объем кровотечения. Это утверждение статистически достоверно для полученных показателей печени и селезенки:

Образец 1 – на 43% для печени и на 42% для селезенки; Образец 2 – на 49% для печени и на 34% для селезенки; Образец 3 – на 42% для печени и на 34% для селезенки; Образец 4 – на 74% для печени и на 46% для селезенки; Образец 5 – на 43% для печени и на 46% для селезенки; Образец 6 – на 53% для печени и на 56% для селезенки; Образец 7 – на 53% для печени и на 55% для селезенки.

При сравнении образцов с губкой КМЦ без дополнительных компонентов оказалось в группе анализа объема кровопотери из раны печени (таблица 6), что результаты не являются статистически значимыми ($p > 0,05$). Аналогичные показатели объема кровопотери при ране селезенки (таблица 7) свидетельствуют о том, что анализ сравнения по образцам 2, 3, 4 и 5 не является статистически значимым. Образец 6 достоверно снижает объем кровопотери на 24 % по сравнению с образцом 1, а образец 7 – на 23 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что все исследованные образцы достоверно снижают время кровотечения в опытах *in vivo* по сравнению с контролем. Также все образцы уменьшают время кровотечения из раны печени по сравнению с чистой КМЦ. Образцы КМЦ, химически обработанная, КМЦ с аминокaproновой кислотой и КМЦ с декстрином увеличивают время кровотечения из раны селезенки. Все образцы достоверно уменьшают объем кровопотери из раны печени и селезенки по сравнению с контролем. КМЦ с аминокapсусной и КМЦ с ацетилсалициловой статистически значимо снижают объем кровопотери из раны селезенки по сравнению с чистой КМЦ.

Список литературы:

1. Ибадильдин А.С., Кравцов В.И. Диагностика и хирургическая тактика при изолированной и сочетанной травме печени. // Практическая медицина. – 2013. – № 2 (67). – С. 49-51.
2. Каган И.И., Кирпатовский И.Д. Топографическая анатомия и оперативная хирургия: учебник. – М.: ГЭОТАР-Медиа. – 2012.–С. 576.
3. Кубачев К.Г., Кукушкин А.В. Диагностика и хирургическая тактика при изолированной и сочетанной травме печени // Сибирский медицинский журнал – 2010. – Т. 92. № 1. – С. 119-122.

ДОКЛАДЧИК:

Агладзе К.И.
Руководитель экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Тканевая инженерия и физика сердечных аритмий

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московский физико-технический институт

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Агладзе К.И.

ТЕЗИСЫ:

Ряд наиболее опасных сердечных аритмий связан с особым состоянием возбудимой ткани сердца - вихревой активностью. Нормальное распространение возбуждения, обеспечивающее согласованную работу сердечных клеток нарушается и сердце может перестать выполнять свою основную функцию: перекачивать кровь. Вихревые волны возбуждения наблюдаются во многих возбудимых средах, но именно сердечные вихри, часто называемые «реентри», подверглись в последние десятилетия наиболее интенсивному изучению биофизиками. Для успешного предотвращения и борьбы с сердечными вихрями нужно понимать основные механизмы их возникновения и исчезновения, а с этим дело обстоит очень непросто. Главным образом, из-за того, что физика возбудимых систем очень непроста, приходится иметь дело с сильно нелинейными системами, для описания которых по сей день нет эффективного математического аппарата. Эксперимент же на реальном сердце очень сложен и дорогостоящ. В этой ситуации особую роль приобретает математическое моделирование и создание упрощенных экспериментальных систем.

В наших работах, с помощью методов тканевой инженерии, мы создаем лоскутки сердечной ткани, с заданной структурой и изучаем распространение в них волн возбуждения. Волны возбуждения удается видеть и регистрировать с помощью флуоресцентных меток, реагирующих на изменение мембранного потенциала сердечной клетки, и других ее характеристик. Этот метод называется оптическим картированием сердца и базируется на использовании суперчувствительных видеокамер и систем компьютерной обработки изображения. Таким образом, удается непосредственно наблюдать, как меняется поведение сердечной ткани и что происходит с образованием сердечных вихрей под действием различных лекарственных препаратов. Использование же культуры сердечных клеток от пациентов с врожденными патологиями, такими, например, как синдром удлиненного QT-интервала, позволяет провести комплексный подбор лекарственной терапии.

ДОКЛАДЧИК:

Александров Алексей
Игоревич
(Alexey Alexandrov)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
профессионального образования
«Чувашский государственный
университет имени И.Н.
Ульянова»
(Federal State Educational
Budget Institution of Higher
Professional Education «The Ulianov
Chuvash State University»)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Александров Алексей Игоревич
(Alexey Alexandrov)
Молостов Андрей Николаевич
(Molostov Andrey)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка нового поколения кровоостанавливающих имплантатов на
основе карбоксиметилцеллюлозы
Development of new generation of hemostatic implants of
carboximetilcellulosa

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Работа посвящена построению экологического каркаса Чебоксарского городского округа с использованием ГИС-технологий на ландшафтной основе. Поставленная цель и решаемые задачи определили необходимость рассмотрения, как теоретических основ конструирования экологического каркаса, физико-географических характеристик территории - как основного фактора формирования ландшафтов, так и планирования и проектирования целого ряда природостабилизирующих и оптимизирующих экологических мероприятий.

Современное состояние геосистем оценивались такими показателями, как эрозионный смыл, антропогенная нагрузка, анализом материалов ООПТ, данных Красной книги Чувашской Республики и РФ. Наличие информации о ландшафтной структуре города позволило дать оценку экологическому состоянию территории, рассчитать его экологический потенциал, дать оценку визуального загрязнения, вычислить степень озеленения территории, выделить и охарактеризовать блоки экологического каркаса.

Annotation

This work is devoted to a creation of ecological framework of the Cheboksary city district with use of GIS-technologies on the landscape basis. This goal and solved tasks by me, they defined that it's necessary consider, as the theoretical bases of designing of ecological framework, the physiographic characteristics of territory is a major factor of formation of landscapes, and planning and the design of a number of nature stabilizing and optimizing ecological actions.

Modern state of geosystems were estimated by such indicators such as an erosive washout, an anthropogenous loading, analysis of materials Especially Protected Natural Territories, the data of Red Book of Chuvash Republic and Russian Federation. Existence of information about the landscape structure of city allowed to give an assessment to an ecological condition of territory, to calculate ecological potential, to give an assessment of visual pollution, to calculate the extent of gardening of territory, to allocate and characterize the blocks of ecological framework.

Ключевые слова: геосистема, экологический каркас, ландшафтная карта, типы местности

Keywords: geosystem, ecological framework, landscape map, district types

В настоящее время для большинства городов РФ, в том числе и для Чебоксарского городского округа, актуальна проблема ухудшения состояния геосистем вызванных активными строительными работами, распашкой надпойменных террас, созданием несанкционированных свалок и т.д. Все это неизбежно приводит к трансформации природных территорий, усилению эрозионной деятельности, развитию опасных оползневых процессов и сокращению территории природных ландшафтов. В конечном итоге это отражается и на сокращении природно-ресурсного потенциала геосистем и ухудшении его экологической обстановки. В этой связи сохранение природной целостности городского округа и его экологического равновесия может быть достигнута, в том числе и построением экологического каркаса.

Компетентное планирование блоков экологического каркаса, связанных между собой и их бесперебойное функционирование, безусловно, отразится на улучшении экологической обстановки города.

Ландшафтное разнообразие выявлено благодаря составлению ландшафтной карты, построенной в результате полевых исследований, и составленной в ранге типов местности. Выявлены плакорный, склоновый, (склонов речных долин оврагов и балок), надпойменно-террасовый, пойменный и задровый типы местности (Рис.1.).

Для оценки современного состояния геосистем проанализированы такие показатели, как значения эрозионного смыла, комплексные показатели антропогенных нагрузок, материалы ООПТ, данные Красной книги Чувашской Республики и РФ, рассчитан экологический потенциал территории, дана оценка визуального загрязнения, вычислена степень озеленения территории.

Рис. 1 - Типы местности Чебоксарского городского округа (Автор: Молостов А.Н.)

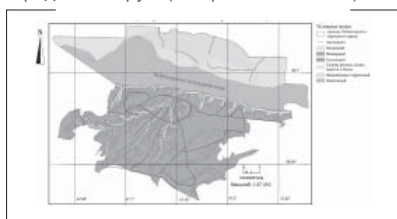
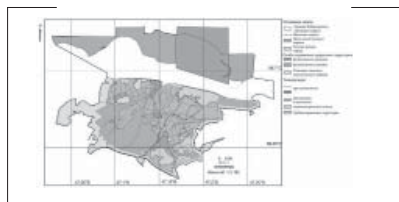


Рис. 2 - Экологический каркас Чебоксарского городского округа (Автор: Молостов А.Н.)



В результате сопряженного анализа в структуре экологического каркаса были выделены следующие блоки (Рис. 2):

- Зеленое пригородное кольцо. Рассчитан по данным численности населения и лесистости территории, площадью 93745 тыс. га, с рекомендацией последующего зонирования с выявлением лесопарковой и лесохозяйственной зон.

•

- Экологические коридоры. В качестве связующих звеньев экологических коридоров рассматриваются долины рек Чебоксарка, Сугутка, Трусиха, Кукшум, М.Кувшинка, Кайбулка и Шалмас, лесополосы железных и шоссейных дорог, государственные защитные лесные полосы, пойменные и приречные леса, водоразделы рек.

- По ключевым участкам, выделенных на малых реках города, проведена оценка устойчивости геосистем и дан прогноз рисков.

Межмагистральные клинья. Связующим звеном ядер экологического каркаса, экологических коридоров, ООПТ города являются межмагистральные клинья. К ним отнесены: самосевные рощи, сады и огороды, питомники, заболоченные поймы, луга, заброшенные парки и т.д.

- Особо охраняемые природные территории. На территории городского округа организованы следующие ООПТ федерального и регионального значения: Чебоксарский филиал Главного ботанического сада РАН; Округ санитарной охраны месторождения минеральных вод санаторно-курортного комплекса «Чувашия»; Округ санитарной охраны месторождения минеральных вод санаторно-курортного комплекса «Чувашиякурорт»; Центральный парк культуры и отдыха «Лакреевский лес» - памятник природы; Озеро Астраханка – памятник природы; Лесной памятник природы «Культуры сосны 1903 года».

- Точечные элементы. К точечным элементам отнесены: парки, бульвары, скверы города, фруктовые сады, озелененные территории, площадью 252,7 га., сохранившиеся природно-антропогенные ландшафты, выполняющие функции стабилизации природного комплекса.

- Итак, в составе экологического каркаса территории Чебоксарского городского округа были выделены и описаны Заволжское ядро каркаса, 7 экологических коридоров, межмагистральные клинья, ООПТ города.

Список использованных источников:

1. Генеральный план Чебоксарского городского округа Материалы по обоснованию. Том I. Анализ потенциала развития городского округа. - Санкт-Петербург, 2013, С. 228-236;
2. Караганова Н.Г., Мулендеева А.В., Никонорова И.В. Ландшафтно-экологическая оценка природных комплексов прибрежной территории малых рек г. Чебоксары (на примере рр. Чебоксарка и Кукшум) // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3.
3. Колбовский Е.Ю. Ландшафтное планирование: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Академия, 2008. – 336с.;
4. Молостов А.Н., Мулендеева А.В. Оценка визуального загрязнения окружающей среды Ленинского района города Чебоксары // Человек. Гражданин. Ученый: сб. тр. Регион. фестиваля студ. и молодежи (Чуваш. гос. ун-т им. И.Н. Ульянова, 25-30 ноября 2013 г.). / А.Н. Молостов. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. С. 392-393;
5. Молостов, А.Н., Мулендеева А.В. Ландшафтные исследования для планирования экологического каркаса города Чебоксары //Россия. Культура. Наука: сборник трудов Всероссийской 48-научной студенческой конференции. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. С. 497;
6. Мулендеева А.В., Караганова Н.Г., Никонорова И.В. Ландшафтная дифференциация береговой зоны малых рек г. Чебоксары (на примере рек Чебоксарка и Кукшум) // Современные проблемы науки и образования.– 2014. – № 3.
7. Мулендеева А.В., Молостов А.Н. Использование Гис-технологий в формировании экологического каркаса города Чебоксары // Геопространственные исследования общественных и природных систем: теория и практика. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Чебоксары: Новое время, 20014. С 122-127.
8. Молостов А.Н., Мулендеева А.В. Экологический каркас Чебоксарского городского округа // Эколого-геоморфологические исследования в урбанизированных и техногенных ландшафтах (Арчиковские чтения - 2015) материалы Всеросс. летней молодежн. школы-конф. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс, 2015. С. 243-249.

ДОКЛАДЧИК:

Ашихмин Ярослав Игоревич
Член экспертной группы

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГАУ "Лечебно-
реабилитационный центр
Минздрава России"

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Ашихмин Ярослав Игоревич

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Трансляционная медицина: новая надежда или коварный замысел
глобальной фармацевтической промышленности?

ТЕЗИСЫ:

Трансляционная медицина: новая надежда или коварный замысел
глобальной фармацевтической промышленности?

Прогресс в биоинформатике, молекулярной биологии и физиологии сделал медицину одной из самых быстроразвивающихся областей знания. В наши дни стало технически возможно создание лекарств от самых тяжелых болезней. Но обнаружилось, что новые лекарства, «бьющие точно по мишеням болезни», излечивающие лабораторное животное, далеко не всегда помогают больному человеку. Виною этому была пропасть, распростершаяся между «создателями новых лекарств» и практикующими врачами, которые из-за узкой специализации буквально разучились понимать друг друга! Протянуть нить созидания нового метода лечения – от фундаментальной лаборатории до клинической практики – помогает новейшая область знания – трансляционная медицина. Этому новейшему интегративному подходу к созданию новых медицинских технологий и будет посвящен доклад доктора Ярослава Ашихмина. Конкретные механизмы реализации методологии трансляционной медицины будут разобраны на конкретных примерах биомедицинских исследований.

ДОКЛАДЧИК:

Бадаев Евгений Андреевич
(Badaev Evgenii Andreevich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Новосибирский национальный
исследовательский
государственный университет
(National Research Novosibirsk
State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Бадаев Евгений Андреевич
(Badaev Evgenii Andreevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование профиля экспрессии микроРНК в фолликулярных опухолях
щитовидной железы

Microna expression profile in follicular thyroid tumors

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В результате проведенной работы определен свой собственный набор микроРНК для каждого гистологического типа исследуемых новообразований щитовидной железы. Фолликулярная аденома – снижение экспрессии микроРНК-451. Фолликулярная карцинома – увеличение экспрессии микроРНК -21,155,200a и снижение экспрессии микроРНК -451. Папиллярный рак – увеличение экспрессии микроРНК-146b, снижение экспрессии микроРНК-451. При статистическом попарном исследовании с помощью U-критерия Манна-Уитни, определены достоверно различающиеся микроРНК. Также для улучшенного понимания молекулярно-генетических механизмов канцерогенеза, определены гены-мишени достоверно отличающихся микроРНК. Исследование является базисным для дальнейшего внедрения в практику молекулярно-генетического исследования узловых патологий в препаратах ТАПБ.

Annotation

The result of this work to define your own set of microRNAs for each histological type of thyroid tumors studied. Follicular adenoma - underexpressed of miR-451. Follicular carcinoma - overexpressed of miRNAs -21,155,200a and underexpressed of miR-451. Papillary cancer - an increase in the expression of microRNA-146b, decreased expression of microRNA-451. In the statistical study using the paired U-test Mann-Whitney test, significantly different miRNAs identified. And to improve understanding of molecular and genetic mechanisms of carcinogenesis, identified target genes of significantly different miRNAs. The study is the basis for further practical application of molecular genetic studies nodal abnormalities in preparations FNAB.

Ключевые слова: микроРНК; ТАПБ; фолликулярная карцинома; фолликулярная аденома; щитовидная железа, экспрессия

Keywords: miRNA; FNAB; follicular carcinoma; follicular adenoma; thyroid gland, expression

Одной из нерешенных проблем современной онкотиреоидологии является дооперационная диагностика фолликулярных неоплазий. Дооперационная тонкоигольная аспирационная биопсия (ТАПБ) и последующее за ним цитологическое исследование, дает относительно точный анализ фолликулярного процесса всего на 50-52% [1]. Клетки фолликулярной карциномы практически невозможно отличить от клеток фолликулярной

аденомы по цитологическим характеристикам, так как они имеют одинаковую цитологическую картину[2].

Для окончательной постановки диагноза требуется оперативное вмешательство и последующее гистологическое исследование постоперационных препаратов, которое в конечном итоге и определяет дальнейшую тактику ведения и лечения пациентов. Злокачественный процесс в фолликулярных опухолях определяется по степени капсульной и сосудистой инвазии, которые и определяют последующее лечение пациентов[3]. Проблемой остается то, что невозможно определить трансформацию доброкачественной опухоли в злокачественную. Также остается нерешенным вопрос о гистологических критериях и точности диагностики фолликулярных опухолей. В связи с многочисленными проблемами дооперационной диагностики все чаще используются методы молекулярно-генетического анализа, на основе различных новых биомаркеров, как фолликулярных опухолей, так и других новообразований щитовидной железы. Таким новым биомаркером является микроРНК. МикроРНК – это малые некодирующие РНК длиной 19-22 нуклеотида, которые осуществляют негативную регуляцию генов на пост транскрипционном уровне с помощью ингибирования трансляции на матричной РНК или полной деградации матричной РНК[4]. МикроРНК могут выступать в качестве как онкосупрессоров, так и онкогенов. МикроРНК достаточно стабильно экспрессируются в тканях человеческого организма и могут использоваться для диагностики и прогнозирования различных онкологических новообразований. Одна микроРНК может регулировать сотни генов мишеней, также как один ген может регулироваться сотней микроРНК. Одним из главных свойств микроРНК является то, что каждый тип опухоли всего человеческого организма имеет свой собственный набор специфических микроРНК. Таким образом, микроРНК может использоваться в качестве дооперационного маркера различных новообразований щитовидной железы.

Цель и задачи исследования:

Цель: Определить профиль экспрессии микроРНК в фолликулярных опухолях щитовидной железы

Задачи:

Определить уровень экспрессии микроРНК в фолликулярных опухолях щитовидной железы с разными гистологическими вариантами

Провести сравнительный анализ полученных результатов с профилем экспрессии микроРНК в образцах папиллярного рака.

Провести биоинформатический анализ выбранных микроРНК с целью определения их генов-мишеней

Материалы и методы:

В ходе данной работы забирались образцы пациентов с диагнозом ТАПБ фолликулярная аденома, фолликулярный рак, а также подозрение на фолликулярную опухоль. Образцы ткани ЩЖ забирались в ходе проведенной тиреоидэктомии или гемитериоидэктомии. Забор образцов и их характеристика проводились под контролем студента НИИГУ Бадаева Е.А. (МБУЗ г. Новосибирска Городская клиническая больница №1, VI онкологическое отделение).

Определение профиля экспрессии микроРНК в препаратах щитовидной железы проходило в три этапа. На первом этапе проводилось выделение микроРНК из препаратов опухолевой ткани и нормальной ткани щитовидной железы. На втором этапе проводилась реакция обратной транскрипции. На третьем этапе проводилась полимеразная цепная реакция в режиме реального времени.

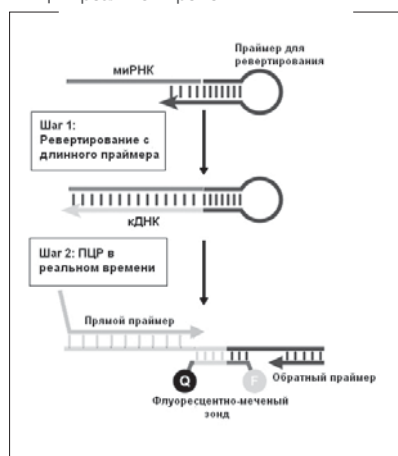
В ходе проведенного литературного анализа, а также исследований прошлых лет, выбраны следующие микроРНК для исследования профиля экспрессии: микроРНК – 21, - 221, -222, - 205, - 20а, -125b, - 126, - 146b, -181а, -200а, -451, -155. U6 – выбран для контроля.

Изменение уровня количества микроРНК в опытном образце по отношению к контрольному вычисляли по формуле: $2^{-\Delta\Delta Ct}$,

где $\Delta\Delta Ct = (Ct_{миР} - Ct_{U6})_{опытн.обр.} - (Ct_{миР} - Ct_{U6})_{контр.обр.}$.

Для выявления экспрессии микроРНК было решено использовать метод, предложенный Chen и соавт. в 2005 году. Он позволяет определять микроРНК с высокой чувствительностью и специфичностью, и селективно выявляет зрелые микроРНК(Chen и соавторы, 2005 год). Метод включает в себя ревертирование зрелой микроРНК с помощью длинного праймера со шпилькой, с последующим определением полученных продуктов ревертирования с помощью ПЦР в реальном времени [Рисунок 1].

Рис. 1 - Схема детекции микроРНК с помощью обратной транскрипции и ПЦР в реальном времени



Результаты исследования и обсуждение

Исследован постоперационный материал от 36 пациентов с диагнозом фолликулярная опухоль по тонкоигольной аспирационной пункционной биопсии щитовидной железы. Материал был предоставлен 6-м онкологическим отделением МБУЗ г. Новосибирска «Городской клинической больницы №1». Согласно гистологическим данным, все набранные образцы распределились по следующим видам новообразований: папиллярный рак – 12, фолликулярная аденома – 16, фолликулярный рак – 5, а также 2 образца фолликулярный вариант папиллярного рака.

При статистической оценке вероятностей экспрессии микроРНК 3-х видов узловых новообразований щитовидной железы по U-критерию Манна – Уитни, наблюдались достоверные отличия между сравниваемыми группами. Достоверными считались те микроРНК, при сравнении которых вероятность отличия составляли $P < 0.05$

При сравнении групп образцов папиллярного рака и фолликулярной аденомы прогностически значимыми были только две микроРНК – это микроРНК 146b и микроРНК 451. При сравнении вероятностей только лишь микроРНК 146b, показала свою прогностическую достоверную значимость.

При сравнении групп образцов фолликулярной аденомы и фолликулярного рака прогностически значимыми были 4 микроРНК – это микроРНК-21, микроРНК – 200a, микроРНК – 451, микроРНК – 155. При сравнении двух групп с вероятностью $P < 0.05$ достоверно определялись микроРНК-200a и микроРНК – 155.

При сравнении групп образцов фолликулярного рака и папиллярного рака прогностически значимыми были микроРНК – 21, микроРНК – 146b, микроРНК – 200a, микроРНК – 155 и микроРНК-451. При оценке вероятности достоверно отличались между собой микроРНК – 155 и микроРНК – 200a.

Таким образом, мы показали прогностическую достоверную значимость микроРНК – 146b, микроРНК – 155, микроРНК – 200a и что эти микроРНК можно легко определить при проведении ПЦР-РТ. К сожалению достаточно много микроРНК не удалось ассоциировать с данными узловыми новообразования. Исходя из достоверных литературных источников, нам не удалось определить экспрессии микроРНК – 125, микроРНК – 221, микроРНК – 222 и микроРНК – 205.

Выводы

1. В исследованных образцах узловых новообразований щитовидной железы определено увеличение экспрессии микроРНК – 146b, 200a, 21, 155. Также отмечено снижение экспрессии микроРНК – 451.

2. Фолликулярная аденома – снижение экспрессии Mir – 451

Фолликулярная карцинома – Увеличение экспрессии Mir – 21, 155, 200a; снижение экспрессии Mir – 451.

3. Анализ вероятностей по U-критерию Манна-Уитни:

- Фолликулярная аденома*папиллярный рак – $P < 0,005$ – Mir – 146b
- Фолликулярная аденома*фолликулярный рак – $P < 0,005$ – Mir-200a, Mir – 155
- Фолликулярный рак*папиллярный рак – $P < 0,005$ – Mir – 200a, Mir – 155

4. Гены-мишени достоверно различающихся микроРНК:

- Mir-200a - G3BP2, CTNNB1, PDCD4, ZFPM2(Fog2), p53
- Mir-155 - APC, C/EBP β , FOXO3, RHOA, MSH2
- Mir-146b - TRAF6, CDKN1A, MMP16, KIT, Card10

Список литературы:

1. Кондратьева, Т.Т. Морфологическая диагностика узловых образований щитовидной железы / Т.Т. Кондратьева, А.И. Павловская, Е.А. Врублевская // Практическая онкология. – 2007. – Т. 8, №1. – С. 9-16.
2. Румянцев, П.О. Рак щитовидной железы: современные подходы к диагностике и лечению / П. О. Румянцев, А. А. Ильин, У. В. Румянцева. – М.: ГЕОТАР - МЕДИА, 2009. – С. 448.
3. Chou C.K., Chen R.F., Chou F.F., et al. MiR-146b is highly expressed in adult papillary thyroid carcinomas with high risk features including extrathyroidal invasion and the BRAF mutation. *Thyroid*. 2010; 20(5). P. 489–494
4. Nikiforov Y.E., Nikiforova M.N., Molecular genetics and diagnosis of thyroid cancer. *Nat Rev Endocrinol*. 2011; 7. P. 569–580.

ДОКЛАДЧИК:

Баскакова Александра
Вячеславовна
(Baskakova Alexandra
Vyacheslavovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка состава и технологии нановолокон для лечения вирусных конъюнктивитов
The development of composition and technology nanofibers for the treatment of viral conjunctivitis

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет ФГАОУ НИУ «БелГУ»,
(Belgorod National State Research
University
NRU BSU)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Баскакова Александра
Вячеславовна
(Baskakova Alexandra
Vyacheslavovna)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Разработан состав и технология нановолокон с ацикловиром для лечения вирусных конъюнктивитов. Достигнуто аморфное состояние ацикловира с целью повышения растворимости при включении в состав нановолокон.

Annotation

The composition and technology of nanofibres with aciclovir for the treatment of viral conjunctivitis has been designed. The amorphous state of aciclovir in order to increase solubility has been accomplished by the inclusion in the composition of the nanofibers.

Ключевые слова: конъюнктивиты; ацикловир; нановолокна; глазные капли; растворимость

Keywords: conjunctivites; aciclovir; nanofibers; eye drops; solubility

Согласно последним оценкам Министерства здравоохранения и социального развития РФ, в Российской Федерации в течение каждого года регистрируется 250–300 тысяч случаев первичного или рецидивирующего офтальмогерпеса, а в последние годы отмечается учащение и утяжеление данного заболевания, а с учетом рецидивов, общее число страдающих герпетической инфекцией глаз в нашей стране составляет несколько миллионов [1].

Среди герпетических поражений глаз преобладают герпетические кератиты (ГК), ведущие к помутнению роговицы и роговичной слепоте. По многолетним наблюдениям МНИИ ГБ им. Гельмгольца у 50–83 % пациентов возникают рецидивы [1].

В результате проведения анализа ассортимента лекарственных препаратов для лечения вирусных заболеваний глаз установлено, что наиболее эффективной противовирусной субстанцией для лечения конъюнктивитов является ацикловир, который согласно ГФ XII очень мало растворим в воде [2], что затрудняет его применение в глазных каплях, как самой распространенной офтальмологической лекарственной форме. Повышение растворимости ацикловира является реальным решением задачи создания глазных капель.

В этой связи возникают два пути проведения исследований: изучение возможности улучшения растворимости с использованием технологических методик и приемов и введение солюбилизаторов. Технологические методики и приемы дисперсной обработки, и выбор комплекса солюбилизаторов были ранее изучены и представлены в статьях [1, 2].

Повысить растворимость активных фармацевтических субстанций позволяет использование механохимических подходов в фармацевтической промышленности, таких, как супрамикроструктурирование [1]. Механохимические процессы приводят к разупорядочению, аморфизации и полиморфным переходам кристаллических решеток веществ, конформационным превращениям в составляющих решетки молекулах, что ведет к изменению реакционной способности и биологической активности лекарственных веществ, и могут быть использованы для создания новых эффективных технологий, получения новых активных веществ, изменения свойств лекарственных веществ и лекарственных форм [2]. Вследствие механической обработки некоторых соединений происходит увеличение их растворимости, что обуславливает необходимость использования методов микродиспергирования с целью повышения растворимости активных фармацевтических субстанций.

Альтернативным способом повышения растворимости ацикловира может быть электроформирование нановолокон. Электроформирование позволяет изготавливать нановолокна посредством использования электроэнергии для получения и укрепления сухой микрофлюидной струи [3–7]. Процессы производства наноразмерных волокон протекают очень быстро, часто в примерно 10–2 с. В результате физическое состояние компонентов в жидких растворах часто распространяются на твердые нановолокна для получения твердых дисперсий на молекулярном масштабе или полимерных композитов на основе, с различимыми наночастицами

Рис. 1 - Строение нановолокон из поливинилпирролидона К 60 с ацикловиром

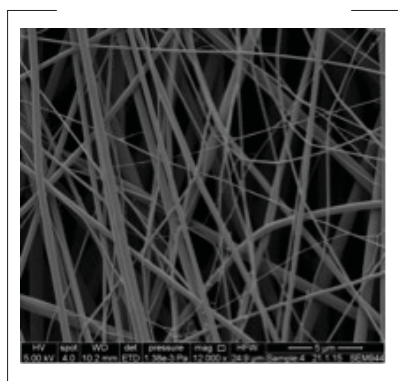


Рис. 2 - Рентгенограммы исходных материалов и сложного волокна

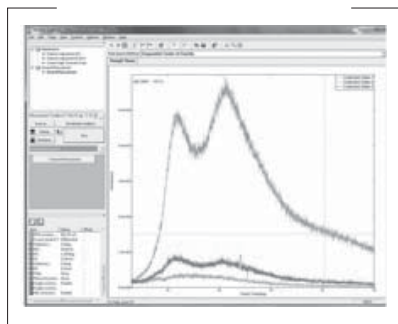
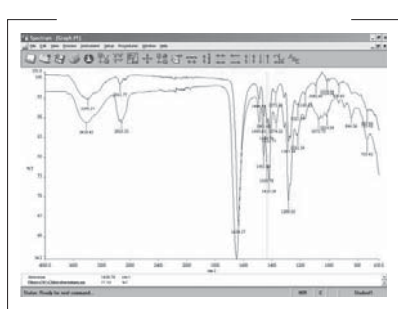


Рис. 3 - Хроматограммы исходных материалов и сложного волокна



в результате разделения фаз [8, 9]. Нановолокна обладают большой площадью поверхности, высокой пористостью и непрерывным полотно́м структуры, что позволяет улучшить функциональные характеристики фармацевтических субстанций. [10-13].

Целью исследования является разработка методики повышения растворимости ацикловира в воде для создания состава глазных капель комплексного действия для лечения вирусных конъюнктивитов.

Материалы и методы: ацикловир USP 30, поливинилпирролидон К 60 USP 30, XRD, FTIR, электроформирование

Экспериментальная часть: раствор поливинилпирролидона 19% готовили в смешанном растворителе диметилформамида и хлороформа 50:50. Около 0,95 г поливинилпирролидона растворяли в 5 мл смешанного растворителя, а затем вносили 0,05 г. Ацикловира и перемешивали. Использован шприцевой насос KDS100 Coul-Parmer, IL, USA, генератор напряжения ZGF 60 кВ / 2 мА, Шанхай, Китай), и концентрические фильеры использовались в процессе электроформирования волокон. Выбранное напряжение составило 12 кВ и волокна собирались на алюминиевую фольгу с расстоянием около 12 см. Процесс электроформирования волокон проходил в условиях окружающей среды. Все электроформования процессы проводились в условиях окружающей среды (° С, относительная влажность 30% ± 5%).

Морфологию нановолокон оценивали с помощью Quanta FEG450 сканирующего электронного микроскопа (SEM) (FEI Corporation, Нидерланды). Перед рассмотрением образцы придана электропроводность путем покрыти распылением золота в атмосфере азота. Средний диаметр волокна определяли путем измерения их диаметра в изображениях FESEM более чем в 100 различных местах с помощью программного обеспечения Image J (США).

Как видно из рисунка 1, средний разброс размера волокон составляет 0,02-0,13 нм. При выборе концентрации половинилпирролидона важную роль составил средний размер получаемых волокон. Наиболее тонкие волокна были получены при использовании концентрации 19%.

При выборе смешанного растворителя было учтено, что повышение массовой доли хлороформа приводит к получению более тонких, однако ломких волокон. Оптимальное сочетание растворителей составило 50:50.

Результаты исследования преобладания кристаллической или аморфной структуры волокон представлены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, наличие многочисленных пиков показывает, что ацикловир представлен кристаллическим веществом. Спектр аморфного поливинилпирролидона характеризуется полным отсутствием дифракционных пиков. Характерные пики ацикловира отсутствуют на представленном нановолноке. Это позволяет предположить, что ацикловир представлен в виде аморфного вещества.

ИК-спектры исходных материалов и сложного волокна представлены на рисунке 3. Можно предположить, что в композитных нановолокнах ацикловира и поливинилпирролидона, водородные связи взаимодействия могут происходить между ацикловиром (-OH) и поливинилпирролидона, где ацикловир выступал в качестве Н донора, а также могли образоваться водородные связи между ацикловиром (- OH) и PVP ($> C = O$). Эти водородные связи бы взять роль в сохранении молекул ацикловира равномерно и стабильно в распределении в нановолокнах. Конечно, гидрофобные взаимодействия может быть предположены, который могут быть сформированы между ацикловиром ПВП из-за длинных углеродных цепей.

Заключение и выводы: получены аморфные волокна ацикловира с поливинилпирролидоном. Полученные результаты позволяют сделать предположение о возможном увеличении растворимости ацикловира в аморфном состоянии в составе комплексного волокна.

Список использованной литературы и источников:

1. Жияякова Е.Т., Баскакова А.В. (Ткачева А.С.), Новикова М.Ю., Фадеева Д.А. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ РАСТВОРИМОСТИ АЦИКЛОВИРА // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5; URL: www.science-education.ru/105-7148 (дата обращения: 28.01.2015).
2. Жияякова Е.Т., Баскакова А.В. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ РАСТВОРИМОСТИ АЦИКЛОВИРА // Успехи современного естествознания . 2013. №11. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologicheskoy-metodiki-povysheniya-rastvorimosti-atsiklovira> (дата обращения: 28.01.2015). Научная библиотека КиберЛенинка: <http://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-tehnologicheskoy-metodiki-povysheniya-rastvorimosti-atsiklovira#ixzz3Q7IN8Wc2>

3. T. Lin and X. Wang, *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology*, American Scientific, Los Angeles, Calif, USA, 2nd edition, 2011.
4. L. Ji, Z. Lin, M. Alcoutlabi, and X. Zhang, "Recent developments in nanostructured anode materials for rechargeable lithium-ion batteries," *Energy and Environmental Science*, vol. 4, no. 8, pp. 2682–2689, 2011. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)
5. X. Zhang, L. Ji, O. Toprakci, Y. Liang, and M. Alcoutlabi, "Electrospun nanofiber-based anodes, cathodes, and separators for advanced lithium-ion batteries," *Polymer Reviews*, vol. 51, no. 3, pp. 239–264, 2011. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)
6. Y. Su, Q. Su, W. Liu et al., "Controlled release of bone morphogenetic protein 2 and dexamethasone loaded in core-shell PLLACL-collagen fibers for use in bone tissue engineering," *Acta Biomaterialia*, vol. 8, no. 2, pp. 763–771, 2012. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)
7. D.-G. Yu, X.-X. Shen, C. Branford-White, K. White, L.-M. Zhu, and S. W. Annie Bligh, "Oral fast-dissolving drug delivery membranes prepared from electrospun polyvinylpyrrolidone ultrafine fibers," *Nanotechnology*, vol. 20, no. 5, Article ID 055104, 4 pages, 2009. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)
8. X. Y. Li, X. Wang, D. G. Yu et al., "Electrospun Borneol-PVP nanocomposites," *Journal of Nanomaterials*, vol. 2012, Article ID 731382, 8 pages, 2012. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#)
9. L. Ji, Z. Lin, A. J. Medford, and X. Zhang, "In-situ encapsulation of nickel particles in electrospun carbon nanofibers and the resultant electrochemical performance," *Chemistry*, vol. 15, no. 41, pp. 10718–10722, 2009. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)
10. H. Niu, J. Zhang, Z. Xie, X. Wang, and T. Lin, "Preparation, structure and supercapacitance of bonded carbon nanofiber electrode materials," *Carbon*, vol. 49, no. 7, pp. 2380–2388, 2011. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)
11. L. Ji, Z. Lin, B. Guo, A. J. Medford, and X. Zhang, "Assembly of carbon-SnO₂ core-sheath composite nanofibers for superior lithium storage," *Chemistry*, vol. 16, no. 38, pp. 11543–11548, 2010. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)
12. X. Wang, H. Niu, X. Wang, and T. Lin, "Needleless electrospinning of uniform nanofibers using spiral coil spinnerets," *Journal of Nanomaterials*, vol. 2012, Article ID 785920, 9 pages, 2012. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#) · [View at Scopus](#)
13. H. Niu and T. Lin, "Fiber generators in needleless electrospinning," *Journal of Nanomaterials*, vol. 2012, Article ID 725950, 13 pages, 2012. [View at Publisher](#) · [View at Google Scholar](#)

ДОКЛАДЧИК:

Беляева Елена Викторовна
(Belyaeva Elena Victorovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Тверской государственный
университет «ТвГУ»
(Tver state University "TSU")

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Беляева Елена Викторовна
(Belyaeva Elena Victorovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Экологически безопасная защита черного металла от коррозии по безотходной технологии с утилизацией отработанного раствора на удобрения

Environmentally safe protection of ferrous metal against corrosion by non-waste technology with the disposal of the spent solution for fertilizers

ТЕЗИСЫ:

Ключевые слова: Черные металлы, ингибиторы коррозии, ортофосфорная кислота, комплексообразователи, комплексоны, утилизация растворов, фосфорные удобрения, аммиачно-фосфорные удобрения

Keywords: Ferrous metals, corrosion inhibitors, phosphoric acid, complexing agents, chelating agents, recycling solutions, phosphate fertilizer, ammonium phosphate fertilizer

Научная новизна нашего предложения состоит в замене загрязняющего природу комплексообразователя на экологически безопасный комплексообразователь и в утилизации отработанного раствора ингибитора коррозии. Уникальный характер предлагаемого решения состоит в том, что предлагаемая рецептура ингибитора коррозии является экологически безопасной и обеспечивает утилизацию отработанного раствора на удобрения. Патентный поиск по предложенной нами рецептуре показал ее мировую новизну. На основе проведенного патентного поиска подана заявка на изобретение.

В ходе антикоррозионной обработки черных металлов, например, стальных труб в технологических ваннах, содержание основного действующего вещества (ортофосфорной кислоты) снижается до 18%. Такой отработанный антикор требует уничтожения с соблюдением всех требований экологической безопасности. Это затратное мероприятие существенно повышает себестоимость антикоррозионной обработки черных металлов.

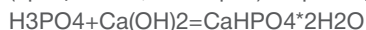
Мы предлагаем исключить дополнительные затраты на традиционную утилизацию отработанного антикора и получить дополнительную прибыль от получения фосфорных удобрений из отработанного антикора.

В нашем проекте утилизация отработанной фосфорной кислоты после антикоррозионной обработки черных металлов осуществляется либо путем обработки ее известью, $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaHPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, либо путем аммонизации $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{OH} = (\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$

Переработка отработанного реагента на удобрения, кроме экологического эффекта обеспечивает и экономический эффект.

В качестве примера представляем процесс получения аммофоса. Сначала производится нейтрализация отработанного антикора аммиачной водой до pH 4,5. От полученной смеси отделяются осадок гидроксидов металлов, а из раствора после упаривания до плотности 1,293 г/см³ кристаллизуется аммоний фосфат при охлаждении до 200С.

Предложенная технология предполагает ряд преимуществ: введение в состав антикора экологически чистых комплексообразователей (ЭДДЯК), обеспечивает высокую антикоррозионную эффективность ОФК; исключается поступление в окружающую среду отработанного раствора фосфатирования, т.к. этот раствор используется для получения удобрений (преципитат, аммофос) по реакциям:



Предлагаемый антикоррозионный состав имеет мировую новизну (подана заявка на изобретение). Утилизация отработанного раствора обеспечивает дополнительный экономический эффект (производство удобрений).

По уравнению реакции для получения 1т. преципитата требуется 324 кг CaO (при растворении в воде из CaO образуется $\text{Ca}(\text{OH})_2$). При цене CaO 8 руб/кг (<http://www.pulscen.ru/price/110506-izvest-negashenaja>) расходы на реагент составляют 2590 руб. Стоимость 1т преципитата 18500 руб. (<http://www.agroru.com/doska/monokalcijfosfat-dikalcijfosfat-690653.htm>). Таким образом, разница в цене составляет 18500-2590=15910 руб.

Что можно считать дополнительным экономическим эффектом.

По уравнению реакции для получения 1т. аммофоса требуется 302 кг аммиака (в пересчете на 25% реагент, $302 \cdot 4 = 1208$ кг). При цене 25%-ного аммиака 10 руб/кг (<http://www.pulscen.ru/price/040414-ammiak>) расходы на реагент составляют 12080 руб. Стоимость 1т аммофоса 23900 руб/кг (<http://flagma.ru/s/%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BE%D1%84%D0>

%BE%D1%81-o-1.html) разница в цене 23000-12080=10920 руб. Что можно также считать дополнительным экономическим эффектом.

На технологию получен в 2014 году патент РФ на изобретение №2527271, опубл. 27.08.2014, бюл.№24 «Способ синтеза 1,6-гексаметилендиаминдиянтарной кислоты»; получено положительное решение ФИПС по заявке на патент №2014107741 от 28.02.2014 «Способ получения минерального комплекса с помощью этилендиаминдиянтарной кислоты» и подана заявка на изобретение №2014137006 от 12.09.2014 «Способ антикоррозионной обработки поверхности черных металлов»

Ингибирование коррозии черных металлов актуально для всех отраслей машиностроения, в том числе и для производителей технологического оборудования, а также при производстве, транспортировке и применении нефтехимических продуктов. Начало формы

ДОКЛАДЧИК:

Бондар Евгения Ивановна
(Bondar Eugeniya Ivanovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Сборка и аннотирование хлоропластных геномов сибирских видов хвойных
Assembly and annotation of chloroplast genomes of Siberian species of conifers

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Сибирский федеральный
университет
(Siberian Federal University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Бондар Евгения Ивановна
(Bondar Eugeniya Ivanovna)

Путинцева Ю. А.
(Putintseva Yu. A.)

Орешкова Н. В.
(Oreshkova N. V.)

Крутовский К. В.
(Krutovsky K.V.)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

К настоящему моменту из более чем 100 депонированных в базе данных NCBI геномов хлоропластов семейства Pinaceae большинство относятся к роду Pinus. Целью данного исследования является сборка и аннотирование хлоропластных геномов трех сибирских деревьев: Larix sibirica Ledeb., Pinus sibirica Du Tour и Abies sibirica Ledeb. Для сборки хлоропластных геномов были использованы данные полногеномного секвенирования, полученные на приборе Illumina HiSeq2000 в Лаборатории лесной геномики СФУ. Были собраны хлоропластные геномы L. sibirica и A. sibirica, улучшена сборка P. sibirica. Для L. sibirica получена аннотация и произведен поиск однонуклеотидных полиморфизмов для трех деревьев, произрастающих в разных регионах.

Annotation

Complete chloroplast genome sequences are available in NCBI Genbank for multiple plant species, including conifers. However, most of them represent the Pinus genus. The main aim of the study is to assemble and annotate the chloroplast genomes of Siberian species of conifers. We used available software, such as Bowtie2, BLAST and Spades to assembling chloroplast genomes using reads generated in the whole genome sequencing of Siberian larch project. We used SSPACE for scaffolding and the RAST service for annotation. The complete chloroplast genome sequences were obtained for Siberian larch and Siberian Fir. The assembly of Pinus sibirica has been improved. The annotation for Siberian larch was obtained and SNPs were detected.

Ключевые слова: секвенирование, геномы хвойных, хлоропласты, однонуклеотидные полиморфизмы

Keywords: sequencing, conifer genomes, de novo assemble, SNP

Введение

Широкое распространение технологий секвенирования нового поколения в последние десятилетия, позволившее сравнительно быстро и с гораздо меньшими затратами проводить геномные исследования, дало толчок развитию разнообразных биоинформатических методов обработки получаемых данных. Подобные ДНК-технологии находят свое применение, в частности, в области изучения особенностей популяционных процессов, селекции, сохранения биоразнообразия, картирования хромосом.

Хвойные растения составляют огромную часть лесного массива Сибири и Дальнего востока. Для геномов представителей семейства Pinaceae характерно наличие уникальной системы наследования – передача митохондриальной ДНК по материнской линии, а хлоропластной – по отцовской [4]. Именно последовательности хлоропластной ДНК разных видов хвойных стали на сегодня самым важным источником генетических маркеров в популяционных и филогенетических исследованиях.

К настоящему моменту из более чем 100 депонированных в базе данных NCBI геномов хлоропластов семейства Pinaceae большинство относятся к роду Pinus. По состоянию на 20 апреля 2015 года в базе данных Genbank опубликовано 117 хлоропластных геномов представителей семейства Сосновые. Для представителей рода Larix опубликованы две последовательности хлоропластных геномов для видов L. decidua Mill. И

L. occidentalis Nutt. Полная последовательность хлоропластного генома *L. sibirica* в базе данных отсутствует, имеется лишь 11 последовательностей некоторых генов и их частей. Для представителей рода *Abies* также содержатся две последовательности хлоропластных геномов для видов *A. koreana* E.H.Wilson (не опубликована) и *A. firma* Siebold et Zucc. [3]. Для сосны кедровой сибирской *Pinus sibirica* Du Tour [3], опубликована сборка длиной 116593 bp, содержащая 18 гэпов, суммарной длиной 17571 bp, что составляет 15% от общей длины сборки. Также, имеются последовательности хлоропластных геномов близкородственных видов: *P. albicaulis*, *P. cembra*, *P. koraiensis*, *P. pumila*.

Целью данного исследования является сборка и аннотирование хлоропластных геномов трех сибирских деревьев: *Larix sibirica* Ledeb., *Pinus sibirica* Du Tour и *Abies sibirica* Ledeb.

Материалы и методы: Для сборки хлоропластного генома лиственницы сибирской были использованы данные полногеномного секвенирования *L. sibirica*, полученные на приборе Illumina HiSeq2000 в Лаборатории лесной геномики СФУ [1]. Образцы ДНК были выделены из семян и гаплоидного каллуса трех деревьев, произрастающих в разных регионах – Уральский, Хакаский и Красноярский. В качестве референсов из Genbank взяты последовательности хлоропластных геномов *Larix decidua* Mill. [5], *Larix occidentalis* Nutt. [3]. Для сборки хлоропластного генома сосны сибирской использовались данные секвенирования двух деревьев (Ермаковский район Красноярского края и Урал), для пихты сибирской – одного дерева с Урала. Выравнивание ридов производилось при помощи программы Bowtie2, предназначенной для картирования коротких последовательностей на геномы средних размеров. Программа использует алгоритм построения FM-индекса, основанный на преобразовании Борроуза-Уилера. Для сборки последовательностей использовался геномный ассемблер SPAdes, использующий графы Де Брёйна. Для аннотирования хлоропластного генома лиственницы сибирской был выбран сервис Rapid Annotation using Subsystem Technology (RAST) [2]. Полученная аннотация сравнивалась с имеющимися данными по близкородственным видам *L. decidua* и *L. occidentalis*. Поиск снипов в сборке *L. sibirica* производился с помощью программного обеспечения Ugene (опция Call Variants with SAMtools).

Первый шаг в процессе сборки состоял в выравнивании коротких ридов на существующие последовательности хлоропластных геномов при помощи Bowtie2. Затем картировавшиеся риды были ассемблированы с использованием SPAdes. Полученные контиги вновь выравнивались на целевые геномы при помощи BLASTN. Отобранные таким образом контиги получили статус «trusted». Далее вновь проводилось ассемблирование с помощью SPAdes: «правильные контиги» подавались на вход с указанием флага «-- trusted contigs». Заключительный этап сборки – формирование скаффолдов осуществлялось программой SSPACE. Для этого использовались полученные контиги и библиотеки сцепленно-концевых ридов.

Проверка собранных геномов при помощи RepeatModeler повторов не выявила.

Предполагается, согласно теории симбиогенеза, что хлоропласты произошли от цианобактерий около 1–1,5 млрд лет назад. Следовательно, геномы хлоропластов очень близки к бактериальным геномам. В связи с этим для аннотирования генома был выбран сервис Rapid Annotation using Subsystem Technology (RAST), предназначенный для аннотирования бактериальных и архейных геномов.

Полученная аннотация содержала как подтвержденные участки, с известными генами, так и участки, которые предиктор распознал как потенциально кодирующие (hypothetical protein). Для того чтобы уточнить функции этих гипотетических кодирующих участков проводилось сравнение с аннотациями близкородственных видов *L. decidua* и *L. occidentalis*., а также выборочное картирование фрагментов генома при помощи BLASTN. Участки hypothetical protein, подтвержденные BLASTN как кодирующие, именовались соответствующим образом.

Для поиска однонуклеотидных полиморфизмов использовались программы Bowtie2 и Ugene (Call Variants with SAMtools). Поиск производился между тремя деревьями: уральским, хакасским (Черное озеро), и красноярским (Институт леса им. Сукачева). Риды красноярского и хакасского деревьев выравнивались на окончательную сборку уральского дерева. Полученный sam-файл вместе с ассемблированными данными использовался программой Ugene для поиска снипов.

Результаты: Длина хлоропластного генома *L. sibirica* составила 122561 bp и близка к 122474 bp у близкородственной *Larix decidua* Mill., 1768.

Таблица 1 – Кодированные участки, определенные в хлоропластном геноме *L. sibirica*. N – количество кодирующих участков в геноме

Протеин-кодирующие регионы	N
tRNA	31
rRNA	3
Ribosomal proteins	25
Photosystems I,II	22
Cytochrome (b6/f, b559)	10
RNA polymerase	5
ATP synthase	4
Light-independent protochlorophyllide reductase	3
Translation initiation factor 1	1
NAD(P)H-quinone oxidoreductase	1
Cell-surface adhesin2C putative	1
Cell division protein FtsH	1
Gene trnK, product="maturase K"	1
Ribulose biphosphate carboxylase	1
Acetyl-coenzyme A carboxyl transferase	1
Membrane protein PxcA2C	1
ATP-dependent Clp protease proteolytic	1
Hypothetical protein	8

В результате аннотирования и сравнения полученных данных с уже имеющимися близкородственными видами *L. decidua* и *L. occidentalis*, был выявлен 121 кодирующий участок (Таблица 1). Из них 87 соответствуют белок-кодирующим генам и 34 – генам. Для сравнения, у близкородственных видов *L. decidua* в опубликованной последовательности было найдено 110 генов (38 RNA и 72 CDS), а у *L. occidentalis* 105 генов (31 RNA и 68 CDS).

Для трех деревьев *L. sibirica* найдено 13 позиций с SNP, 2 из них находятся в кодирующих участках генома: tRNA-Arg и Cell division protein FtsH.

Сборка сосны сибирской кедровой была улучшена, заполнены пропуски, составлявшие 15% от длины опубликованной ранее последовательности. Длина собранного хлоропластного генома *P. sibirica* составила 116704 bp. По предварительным результатам было найдено 173 кодирующих участка, из них 30 РНК, 63 белок-кодирующих гена и 80 гипотетических протеинов. Суммарная длина сборки хлоропластного генома пихты сибирской составила 120923 bp.

Благодарности: Мы благодарим М. Г. Садовского за обсуждение результатов и ценные комментарии, И. Н. Третьякову и М. Е. Пак за обеспечение материалом, В. Л. Семерикова и К. Дейч за помощь со сборами образцов и Д. Кузьмина и С. Маколова за помощь в вычислениях.

Работа выполнена в рамках проекта «Геномные исследования основных бореальных лесообразующих хвойных видов и их наиболее опасных патогенов в Российской Федерации», финансируемого Правительством РФ (договор № 14.Y26.31.0004).

Ссылки:

1. Krutovsky, K.V., Oreshkova, N.V., Putintseva, Yu.A., Ibe, A.A., Deich, K.O., Shilkina, E.A. (2014) Preliminary results of de novo whole genome sequencing of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) and Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour.). *Siberian J of For Science* 1(4): 79-83.
2. Overbeek, R, Olson, R, Pusch, G. D, Olsen, G. J, Davis, J. J, Disz, T, Edwards, R. A, Gerdes, S, Parrello, B, Shukla, M, Vonstein, V, Wattam, A. R, Xia, F, Stevens, R. (2014) The SEED and the Rapid Annotation of microbial genomes using Subsystems Technology (RAST). *Nucleic Acids Res*, 42:D206-14.
3. Parks, M, Cronn, R, Liston, A. (2009) Increasing phylogenetic resolution at low taxonomic levels using massively parallel sequencing of chloroplast genomes, *BMC Biol.*, 7: 84.
4. Szmidt, A. E., Aldén, T., Hällgren, J-E. (1987) Paternal inheritance of chloroplast DNA in *Larix*. *Plant Mol Biol* 9(1): 59-64.
5. Wu, C. S., Lin, C. P., Hsu, C. Y., Wang, R. J. Chaw, S. M. (2011) Comparative chloroplast genomes of pinaceae: insights into the mechanism of diversified genomic organizations, *Genome Biol Evol*, 3: 309-319.

ДОКЛАДЧИК:

Боярский Глеб Геннадьевич
(Gleb G. Boyarsky)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Создание системы автоматизированной пробоподготовки, для проведения микроядерного теста.

Creating a system of automated sample preparation for carrying out micronucleus test

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московский Авиационный
Институт (НИУ «МАИ»)
(Moscow Aviation Institute (National
Research University "MAI"))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Боярский Глеб Геннадьевич
(Gleb G. Boyarsky)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В современном мире существует серьезная проблема - постепенное увеличение токсичности окружающей среды. Для анализа данного параметра существует метод – анализ микроядер. Но проведения данного анализа требует больших затрат времени на каждую пробу, что делает невозможным проведения массового исследования. Так же, используемые реагенты являются крайне токсичными, и их контакт с человеком не желателен.

Ключевые слова: микроядра, генетическая токсичность, окраска биопробы, автоматизация, техническое зрение, принцип одной кнопки

Keywords: micronuclei, genetic toxicity, bioassays painting, automation, machine vision, the principle of a single button

Работа представляет собой комплекс конструкторских, проектировочных и научных изысканий, направленных на практическое создание роботизированной системы подготовки крови.

В связи с тем, что НИРС, больше из себя представляет НИОКР, на данном этапе сборки опытного образца, не проводились серьезные гидродинамические, механические и иные расчеты. Вся ставка была сделана на создание опытного прототипа, на котором можно будет отработать нюансы функционирования роботизированной системы.

Систему можно условно разделить на 6 блоков:

- Система подвижных элементов ориентации податчика красителя и воздушного сопла.
- Гидравлическая система подачи красителя
- Пневматическая система
- Система технического зрения
- Вибрационный акустический стенд
- Система управления
- Система подвижных элементов.

Конструкция системы состоит из двух шаговых двигателей и представляет собой двухкоординатный подвижный стол, за тем исключением, что перемещается не вся поверхность стола, а лишь небольшая площадка. На этой площадке расположены два сопла. Одно из них пневматическое, второе – гидравлическое. Управление и питание системы происходит через комплекс драйверов и платы управления «NI MyRIO». Расположены направляющие под 90 градусов и осуществляют позиционирование подвижной кареткой над предметным стеклом. Перемещение происходит при помощи двух пар сопряженных элементов скользящей головки, по червячному валу. Скорость перемещения каретки, да и вообще полного комплекса подвижных элементов, зависит от максимальной скорости вращения используемого шагового двигателя, и передаточного числа сопряжения.

Существует второй подход к распределению биологического материала – использование

Система подачи красителя.

Система подачи представляет собой шприц, с механизированным поршнем, приводящимся в движение шаговым двигателем. Усилие на поршень передаются через взаимодействие элементов винт-гайка. Для закрепления гайки внутри поршня, на 3д принтере был выполнен самостоятельно спроектированный шток, с закрепленным на конце оригинальным поршнем шприца. Управление шаговым двигателем происходит в несколько этапов.

Главным инновационным решением в создании этой системы, стало использование системы технического зрения. Первым этапом, производится получение изображения капли крови, расположенной на предметном стекле. Из изображения программно выделяют элементы красного цвета. После чего, определяется площадь капли, а затем, высчитывается и объем. Условия окрашивания требуют разведения крови с красителем в соотношении 1:1. Таким образом, зная объем, высчитывается угол поворота шпильки сопряжения винт-гайка, в автоматизированном

штоке, для достижения вывода нужного объема. Ориентация податчика красителя осуществляется подвижной кареткой, и программой ориентации относительно объекта, построенной на техническом зрении.

Пневматическая система.

Она является вторым очень серьезным новшеством. Главной задачей использования пневматической системы – уход от дополнительных расходных материалов, которые активно используют в классическом методе.

Теоретическое обоснование перемещение жидкости малой толщины, под действием набегающего потока воздуха, является очень сложной и объемной задачей. Для снижения числа неизвестных параметров, в процессе расчета, было принято решение пойти в обратном направлении – получить на практике результат, близкий к требуемому, а затем, используя область близких значений, теоретически найти оптимальные параметры.

На данный момент, были проведены первые испытания пневматической системы, и результаты оказались обнадеживающими.

Пневматическая система, на этапе создания прототипа представляет из себя воздушный помповый компрессор, переходный болон, сопло, и проводящие патрубки. Процесс регуляции расходом производится при помощи платы *arduino uno*, которая в свою очередь получает данные от *MyRIO*, о начале этапа «раздувания».

Система технического зрения.

В данном проекте система технического зрения решает две задачи: получение информации об объеме помещенного биологического материала, и «прицеливание» сопла подачи окрашивающего реагента. Для этого, в систему внесены данные о положении «центра» каретки. Программа выделяет контур фигуры, и выставляет положение каретки максимально близко к центру. После чего дается команда на подачу реагента, через ардуино, либо выделенный цифровой канал *My Rio*, на автоматизированный штот.

Вибрационный стенд.

В процессе выполнения НИОКР, был выполнен технический поиск решения распределения крови совместно с красителем, на поверхности предметного стекла. Критериев эффективной работы вибростенда было несколько: равномерное перемешивание двух объемов, с полным перемешиванием фракций, отсутствие повреждений форменных элементов крови, время оказания вибрационного воздействия.

В качестве технического решения был выбран акустический вибростенд, с гибкой эластичной мембраной, и системой закрепления предметного стекла на ней. Данный прототип полностью удовлетворил требованиям. Но в дальнейшем предполагается более тонкий подбор усилия и частот воздействия, а так же уход от необходимости помещать все предметное стекло на мембрану, что существенно уменьшит габариты прибора.

Система управления построена на двух платах – *NiMyRIO*, и *Arduino UNO*, что упрощает создание картины управления отдельными элементами.

Процесс представляет собой линейный алгоритм, созданный в программной среде *LabVIEW*, с несколькими «реперными» точками, которые предполагают остановку процесса из-за недопустимых параметров. Для получения этой информации используются концевики, датчики расстояния, ик-датчики.

Управляется система на данном этапе при помощи интерфейса *wi-fi*, через планшетный компьютер, либо через компьютер с предустановленной средой программирования *LabVIEW*.

В целом, система очень перспективна, и может быть использована человеком, не имеющим специальной подготовки, так как в приборе реализован принцип «одной кнопки». Так же, потенциал оценки генетической токсичности, позволит реально оценить опасность космического пространства и внеземных колоний для длительных миссий.

ДОКЛАДЧИК:

Волоцкая Н.И.
(Volotskaya N.I.)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Медицинская академия
имени С.И. Георгиевского
ФГАОУ ВО «Крымский
федеральный университет
имени В.И. Вернадского»

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Волоцкая Н.И.
(Volotskaya N.I.)

Ганиева А.Б.
(Ganieva A.B.)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Методика препарирования гипоталамо-гипофизарного комплекса и шишковидного тела белых крыс для морфологических исследований
Methods of preparation of the hypothalamic-pituitary complex and pineal gland of white rats for morphological studies

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Мы описали метод вскрытия черепа крыс и выделения мезодидэнцефальной области, гипофиза и шишковидного тела. Срезы позволяют исследовать структуры гипоталамуса, топографию его ядер. Срезы гипофиза позволяют изучить доли, клеточный состав, провести морфометрию.

Annotation

We have described the method of dissection of the rat skull and separation of the mesodiencephalic area, pituitary and the pineal gland. Slices also allow to investigate the structure of the hypothalamus, topography of its nuclei. The pituitary slices allow to study the lobes, the cellularity, to make morphometry.

Ключевые слова: анатомия; препарирование; гипоталамус; гипофиз; шишковидное тело; белые крысы; лабораторные животные

Keywords: anatomy; dissection; the hypothalamus; the pituitary; the pineal gland; white rats

Введение. Исследования строения органов являются базовыми для медико-биологических наук. В частности, нейроморфология центральной нервной системы, на протяжении многих лет, остается перспективным направлением, что обусловлено прогрессом гистологических методик. Успешность их применения неизбежно связана с освоением метода препарирования – выделения отделов головного и спинного мозга. К сожалению, в доступной литературе метод выделения данного комплекса не описан. Гипоталамус, гипофиз и шишковидное тело образуют нейроэндокринный комплекс, являющийся составной частью промежуточного мозга, и представляют большой интерес для проведения различных научных исследований. Гипоталамус тесно связан с гипофизом посредством: 1) нейрального компонента, обеспечивающего аксональный транспорт гормонов крупноклеточных гипоталамических ядер в заднюю долю гипофиза и 2) стромально-сосудистых образований, передающих гемическим путем гипоталамические релизинг-факторы по «rete mirabile» портальной системы в переднюю долю аденогипофиза. При изучении литературы [1, 2] было выяснено, что строение эпифиза белой крысы отличается от строения его у человека. Шишковидное тело крысы относится к типу С, при этом, помимо основного органа (изучение которого и проводится в большинстве научных исследований), присутствует глубокий компонент, входящий в состав мезодидэнцефальной области и располагающийся в комплексе задней группы ядер гипоталамуса. Эта часть составляет около 10%, но может представлять научный интерес.

Шишковидное тело анатомически и функционально тесно связано с супрахиазматическим ядром гипоталамуса, которое получает по ретиногипоталамическому пути информацию о попадании светового раздражителя на сетчатку и является главным организатором циркадианных ритмов организма млекопитающих, контролирует выделение мелатонина в шишковидном теле и синхронизирует биологические ритмы организма с основными ритмами биосферы. Активность нейронов супрахиазматического ядра изменяется в течение суток, подстраиваясь под экзогенные световые сигналы.

Связь шишковидного тела с субкомиссуральным и субфорникальным органами, составляющими циркумвентрикулярную систему головного мозга, позволяет комплексу регулировать гемодинамические параметры гомеостаза в зависимости от изменения биоритмов организма. Таким образом, комплекс согласовывает регуляторные вегетативные реакции с биоритмами – процессами, зависимыми от экзогенного воздействия окружающей среды, являющейся основным регулятором биологических процессов в масштабе биосферы, так и внутренней, онтогенетической программой развития.

Весь органокомплекс тесно контактирует с цереброспинальной жидкостью, играющей роль гуморального пути, между составными частями комплекса, резервуара гормонов, выделяемых гипоталамусом, гипофизом и шишковидным телом и поступающих в ликворную систему организма. Поэтому целесообразно проводить комплексное исследование

Рис. 1

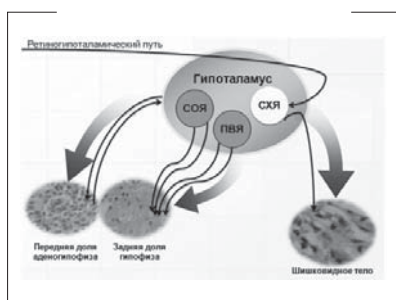
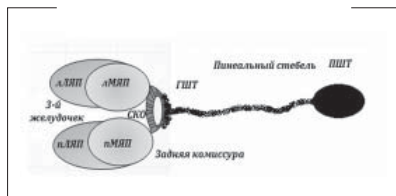


Рис. 2 - лЛЯП, лМЯП – латеральные ядра поводка, левое и правое, лМЯП, пМЯП – медиальные ядра поводка, левое и правое, СКО – субкомиссуральный орган, ГШТ – глубокий компонент шишковидного тела, ПШТ – поверхностное шишковидное тело.



данных структур. Необходимо отметить, что в отличие от конечного мозга, промежуточный мозг, как вегетативный центр, не имеет столь значительных отличий у млекопитающих животных и человека, что позволяет проводить определенную экстраполяцию экспериментальных данных.

Цель и задачи исследования. Цель - описать методику выделения гипоталамуса, гипофиза и шишковидного тела белых крыс для морфологических исследований. В связи с поставленной целью были определены задачи исследования – установить границы выделения органокомплекса, разработать способы его препарирования у белых крыс.

Методика исследования. Забор гипоталамуса, гипофиза и шишковидного тела проводился у 40 беспородных белых крыс, различного пола в зрелом и старческом возрасте. Лабораторных животных забивали методом декапитации под эфирным наркозом. Затем, при помощи остроконечных ножниц по средней линии головы в ростральном направлении, было произведено рассечение кожи и апоневроза длиной около 2 - 2,5 см. Методом тупого препарирования убраны кожные лоскуты и надкостница и получен доступ непосредственно к костям черепа. Заведя нижнюю браншу тупоконечных ножниц в большое затылочное отверстие, было произведено отделение крыши черепа по направлению от затылочной кости - к лобной (к глазнице). У переднего края крышу черепа надламывали и убрали. При выше описанном способе вскрытия полости черепа поверхностное шишковидное тело часто остается на внутренней поверхности крыши в точке соединения синусов твердой мозговой оболочки или же сохраняет свое анатомическое положение на границе между полушариями мозга и мозжечком. Глубокий компонент шишковидного тела расположен дорсальнее субкомиссурального органа и задней (эпиталамической) комиссуры в комплексе ядер гипоталамуса. Поэтому его идентификация и выделение производится при изучении и морфометрии мезодиэнцефальной области. После забора эпифиза, головной мозг извлекали, приподняв лобные доли и оттянув их в дорсальном направлении элеватором, перерезав черепные нервы, гипофизарную ножку, намет мозжечка, спинной мозг.

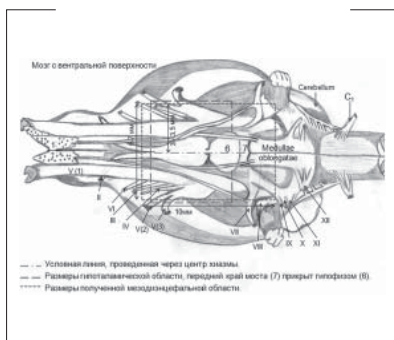
Перевернув мозг на конвексальную поверхность полушарий, установили ориентиры для выделения гипоталамической области: спереди – зрительный перекрест, сзади – передний край моста. Боковые границы – 3-3,5 мм латерально, в обе стороны от условной линии, проведенной сагиттально через центр хиазмы. Затем расширили заднюю границу до 1/3 продолговатого мозга для идентификации глубокого компонента шишковидного тела, переднюю на 1,5 мм для выявления возможных вариаций в топографии ядер передней группы гипоталамуса. Выделили мезодиэнцефальную область размером 7x10x8 мм (сохраняя участок сенсомоторной коры).

Гипофиз, после извлечения головного мозга из полости черепа находился в турецком седле, прикрытый твердой мозговой оболочкой, диафрагмой седла. При помощи остроконечных ножниц, рассекая диафрагму по окружности, извлекали гипофиз лопаткой из турецкого седла. При необходимости извлечения гипофиза вместе с гипоталамусом для сохранения целостности гипофизарной ножки, необходимо рассечение крыши черепа производить несколько ниже, затем подрезать диафрагму турецкого седла латерально, извлечь гипоталамо-гипофизарный комплекс целиком, начиная извлечение мозга с гипофиза.

Результаты исследований. Были получены фрагменты головного мозга: мезодиэнцефальная область, включающая также глубокий компонент шишковидного тела, расположенный дорсальнее субкомиссурального органа и задней (эпиталамической) комиссуры, его идентификация производится при изучении серийных гистологических срезов мезодиэнцефальной области, гипофиз, шишковидное тело, без видимых повреждений для дальнейших морфологических исследований. При заключении в парафин данный способ выделения позволяет производить срезы мезодиэнцефальной области в трех плоскостях – горизонтальной, сагиттальной и фронтальной, монтируя фрагмент на блоке в зависимости от плоскости планируемого среза, при этом сохраняется также участок сенсомоторной коры. Срезы, полученные в горизонтальной плоскости позволили выявить и провести морфометрию ядер гипоталамуса в вентродорсальном направлении. А также, возможна идентификация глубокого компонента шишковидного тела, который располагается в комплексе ядер гипоталамуса, выделение пинеалоцитов среди нейронов гипоталамуса.

На срезах, полученных в сагиттальной плоскости сохраняется участок сенсомоторной коры, которая может представлять интерес при расширении объема исследований. На сагиттальных срезах возможно

Рис. 3



более детально микроскопировать и изучить паравентрикулярную группу ядер гипоталамуса.

На фронтальных срезах - изучить топографическое отношение групп ядер гипоталамуса к третьему желудочку. Срезы позволяют выявлять ядра гипоталамуса на разных уровнях, используя стереотаксический атлас мозга крысы (Paxinos G, Watson C. The rat brain in stereotaxic coordinates, 1998).

Срезы гипофиза в сагиттальной плоскости позволяют идентифицировать доли гипофиза, изучить их клеточный состав, провести морфометрию.

По результатам морфометрии представляется возможным судить об изменении гистологической структуры органов в зависимости от экзогенных и эндогенных влияний на организм крысы на протяжении эксперимента.

Выводы. Используемая методика позволила безопасно извлечь головной мозг крысы, не повредив его, выделить мезодизэнцефальную область, включающую гипоталамус, извлечь гипофиз и шишковидное тело. Соответственно, этот метод целесообразно применять при проведении исследований, которые требуют выделения данного органокомплекса, для его дальнейшего изучения в норме и при влиянии факторов различного генеза.

1. Vollrath L. The pineal organ. Berlin: Springer, 1981.

2. J. Arendt - Melatonin and the Mammalian Pineal Gland

ДОКЛАДЧИК:

Гудков С. В.

Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Физико-химические механизмы образования активных форм кислорода при сочетании воздействия факторов окружающей среды и ионов уранила

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Гудков С. В.

ТЕЗИСЫ:

Соли тяжелых металлов, в том числе урана, оказывают негативное действие на здоровье человека при попадании в организм с питьевой водой, пищей или в процессе дыхания и могут стать причиной заболеваний неясной этиологии. В последнее время опубликовано немало работ, в которых показано, что обедненный уран может являться причиной повреждения ДНК, мутагенеза и канцерогенеза, однако механизмы его пагубного действия изучены не достаточно. В данной лекции будут изложены современные взгляды на механизмы действия ионов уранила и приведены разнообразные факты влияния обедненного урана на биологические системы *in vitro*, *in situ*, *in vivo* [1,2]. План лекции включает следующие темы: 1. Обедненный уран и токсичность при его использовании; 2. Токсичность урановых соединений (Химическая и радиационная компонента); 3. Образование активных форм кислорода под действием ионов уранила; 4. Эффекты ионов уранила на клеточном и организменном уровнях; 5. Защита организма от токсического воздействия урановых соединений.

Литература:

1. Гудков С.В., Черников А.В., Брусков В.И. Химическая и радиационная токсичность соединений урана. // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2014. Т. LVIII, № 3,4, с. 73-82.

2. Garmash S.A., Smirnova V.S., Karp O.E., Usacheva A.M., Berezhnov A.V., Ivanov V.E., Chernikov A.V., Bruskov V.I., Gudkov S.V. Pro-oxidative, genotoxic and cytotoxic properties of uranyl ions. // J. Environ. Radioact. 2014. Vol. 127(1). P. 163-170.

ДОКЛАДЧИК:

Давидович П. Б.
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Подходы к разработке низкомолекулярных ингибиторов белок-белковых взаимодействий

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Лаборатория клеточной биотехнологии Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Давидович П. Б.

ТЕЗИСЫ:

За последние двадцать лет область исследований, посвящённая разработке ингибиторов белок-белковых взаимодействий, претерпела экспоненциальный рост. Именно подход, основанный на блокировке взаимодействия между белками, признан на сегодняшний день наиболее актуальной областью фармакологии низкомолекулярных препаратов.

В докладе обсуждаются различные подходы разработки малых молекул-ингибиторов белок-белковых взаимодействий (ББЗ). Обсуждаются физико-химические методы анализа структуры белков и интерфейсов взаимодействия, в том числе сетей белковых взаимодействий. Подробно рассматриваются компьютерные методы молекулярного моделирования ББЗ как теоретическая база для поиска низкомолекулярных ингибиторов. На примере активаторов основного белка онкосупрессора p53 и протеаз, ответственных за активацию про-воспалительных цитокинов IL-36, рассматриваются *in vitro* и *in vivo* тест-системы для изучения ББЗ.

ДОКЛАДЧИК:

Деев Денис Андреевич
(Deev Denis A.)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Изучение особенностей поражения гепатобилиарной системы у детей с сахарным диа-бетом 1 типа

Investigation of features of lesions of the hepatobiliart system in children with type 1 diabetes

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (National Research Novosibirsk State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Деев Денис Андреевич
(Deev Denis A.)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Изучены частота, клинические и лабораторно-инструментальные параметры поражения гепатобилиарной системы у детей с сахарным диабетом 1 типа. Обследовано 48 детей; средний возраст пациентов составил $9,9 \pm 0,5$, стаж сахарного диабета – $3,5 \pm 0,4$ лет, у 20,8 % лиц ($n = 10$) стаж заболевания – более 5 лет. Исследованы суб- и объективные клинические параметры, для выявления основных синдромов поражения гепатобилиарной системы проведён клинико-биохимический скрининг. Установлено, что у 91,7 % детей с сахарным диабетом 1 типа превалировал функциональный характер изменений гепатобилиарной системы по варианту внутрпеченочного холестаза. Лечебные мероприятия должны быть направлены на предупреждение нарушений углеводного обмена и достижение стойкой компенсации сахарного диабета, а также своевременное назначение лечебного питания с минимальным количеством животных жиров и гидрохолеретической терапии.

Annotation

Study of the incidence, clinical, and laboratory and instrumental parameters of diseases of the hepatobiliary system in children with type 1 diabetes. The study involved 48 children; the average age of the patients was 9.9 ± 0.5 , length of diabetes – 3.5 ± 0.4 years. The 20.8 % of patients ($n = 10$) proved to be the experience of the disease over 5 years. Objective clinical parameters studied, to identify the main syndromes of diseases of the hepatobiliary system held clinical-biochemical screening. It was found that 91.7 % of children with type 1 diabetes prevailed functional diseases of the hepatobiliary system of the embodiment of intrahepatic cholestasis. Therapeutic measures should be aimed at the prevention of disorders of carbohydrate metabolism and achieve stable compensation of diabetes, as well as the timely appointment of a nutrition with a minimum of animal fats and hydrocholeretic therapy.

Ключевые слова: дети; сахарный диабет; гепатобилиарная система

Keyword: children; diabetes; diseases of hepatobiliary system

Эпидемиологические исследования свидетельствуют об увеличении заболеваемости сахарным диабетом 1 типа (СД 1) среди детей за последние десятилетия. По данным литературы, на начало 2010 г. в мире зарегистрировано 479,6 тыс. детей, страдающих СД 1 типа; число впервые выявленных случаев – 75 800 [1]. Сахарный диабет занимает третье место среди хронических заболеваний у детей [2; 3].

Достижение компенсации углеводного обмена является одним из ключевых

событий в лечении пациентов с СД 1 и профилактике осложнений. По некоторым данным, доля лиц детского возраста с СД, у которых основное заболевание находилось в стадии компенсации, составляет менее 12 % случаев [4]. Известно, что длительная суб- и декомпенсация болезни приводит к формированию множественных осложнений, в том числе со стороны органов пищеварения (жировая дистрофия печени, функциональные расстройства желудочно-кишечного тракта, диабетическая холецистопатия и т. д.). В ряде случаев, поражение органов пищеварения связано с гастроинтестинальной формой диабетической автономной нейропатии [5]. Ранее показано, что при хронической гипергликемии и уровне гликированного гемоглобина (HbA1c) более 12 % у 60 % детей с СД 1 типа выявлялись признаки поражения гепатобилиарной системы [6].

Следует отметить, что существуют противоречия в оценке клинической картины патологии гепатобилиарной системы у детей с СД 1 типа, остаются дискуссионными вопросы определения степени прогрессирования изменений гепатоцитов и расстройств функционирования билиарного тракта, что диктует необходимость поиска новых подходов к диагностике и коррекции как основного заболевания, так и его осложнений.

Цель исследования – изучить частоту, клинические и лабораторно-инструментальные параметры поражения гепатобилиарной системы у детей с сахарным диабетом 1 типа.

Материал и методы. Обследовано 48 детей, страдающих СД 1 типа и находившихся на стационарном лечении в эндокринологическом стационаре, из них 22 мальчика (45,8 %) и 26 девочек (54,2 %). Средний возраст пациентов составил $9,9 \pm 0,5$, стаж сахарного диабета – $3,5 \pm 0,4$ лет; у 20,8 % пациентов ($n = 10$) стаж заболевания превышал 5 лет. Наибольшее количество пациентов (66,7 %) находилось в раннем и среднем школьном возрасте.

Больные отобраны методом случайной последовательной выборки в период с 2013 по 2014 гг. Диагноз СД установлен на основании диагностических критериев заболевания и других нарушений гликемии [7; 8]. Все пациенты получали в качестве лечения синтетические аналоги инсулина.

Протокол исследования включал в себя сбор анамнеза, тщательный анализ данных из амбулаторных карт и предыдущих историй болезни. В соответствии с принятыми критериями [8], для определения состояния углеводного обмена оценивали значения гликированного гемоглобина (HbA1c), глюкозы натощак и вариабельность суточной гликемии. Нами не проводилась целенаправленная оценка всех осложнений болезни, выявлялись только клиничко-лабораторные признаки поражения гепатобилиарной системы.

Наряду с общим осмотром пациентов, детально осуществлялось обследование состояния гепатобилиарной системы: определяли размеры печени по методу М. Г. Курлова в педиатрической модификации, проводили поверхностную и глубокую пальпацию живота, для выявления признаков патологии желчного пузыря и поджелудочной железы определяли болезненность соответствующих точек проекции органов [9].

Для выявления основных синдромов поражения гепатобилиарной системы проведён первичный клиничко-биохимический скрининг [9; 10]. Определяли следующие показатели в сыворотке крови: уровень общего и конъюгированного билирубина, активность трансаминаз и щелочной фосфатазы, концентрация общего белка и его фракций, холестерина и др. Данные фракционного анализа холестерина не представлены. У 10 пациентов, у которых заподозрено органическое поражение печени в связи с длительным стажем заболевания (более 5 лет) и значительной декомпенсацией углеводного обмена (HbA1c более 12 %), проведено специализированное ультразвуковое исследование органов брюшной полости. Оценивалось состояние печеночной паренхимы (наличие компактно расположенных эхосигналов, зернистость и структура паренхимы, характер сосудистого рисунка) и состояние желчных протоков (наличие признаков блокады желчных путей, холестаза, утолщения стенок протоков и пузыря, внутренней структуры желчного пузыря). Использована также описанная в литературе [11; 12] оценка жировой инфильтрации печени, состоящая в измерении «столба затухания», по динамике которого в разные промежутки времени можно судить о степени жировой дистрофии.

Все родители согласились на участие в исследовании, в истории болезни хранится письменное информированное согласие родителей на проведение диагностических процедур и лечение. Статистическая обработка материала проводилась методами параметрического вариационного анализа с

использование встроенных математических функций программы Microsoft Excel.

Результаты исследования и обсуждение. У 35 пациентов (73,0 %) СД 1 типа манифестировал остро, симптомы болезни сформировались в течение одного месяца. У остальных 13 детей (27,0 %) развитие СД происходило в срок от 2 мес. до года. Среди обследованных нами пациентов впервые выявленный СД констатирован в 6 случаях (12,0 %). Стало известно, что у половины больных (47,9 %) заболевание манифестировало в дошкольном и младшем школьном возрасте (4–7 лет). Пациенты и / или их родители предъявляли в основном жалобы на полидипсию (77,1 %), снижение массы тела (75,0 %), полиурию (72,9 %); наши сведения полностью согласуются с данными литературы [13].

Установлено, что средний уровень HbA1c у больных составил $9,4 \pm 0,4$ %, что превышает средние целевые значения. Структура метаболических изменений представлена на рис 1. отметим, что более чем половины пациентов сахарный диабет диагностировался в стадии декомпенсации. Известны данные о том, что дети с тяжёлой и длительной декомпенсацией чаще имели хронические осложнения сахарного диабета, в том числе и заболевания печени.

По данным литературы [14], клинические проявления патологии желудочно-кишечного тракта у больных с сахарным диабетом обычно носят малосимптомный характер. Вынуждены с этим не согласиться. Так, нами выявлено, что характерные признаки, по данным предъявляемых жалоб, установлены более чем у половины больных (56,3 %). Периодические абдоминальные боли или дискомфорт в мезогастральной области отмечались у 10 пациентов (20,8 %), диспепсический синдром, проявляющийся в виде тошноты и периодической рвоты, обнаружен у 17 детей (35,4 %).

Нами установлены объективные клинические признаки поражения гепатобилиарной системы (табл. 1). Самым частым признаком (68,8 % случаев) поражения исследованной полиорганной структуры у обследованных пациентов являлась гепатомегалия. Специалисты, занимающие взрослыми пациентами, считают, что гепатомегалия прежде всего связана с ее жировой инфильтрацией [12], обусловленной инсулиновой недостаточностью, обеднением печени гликогеном, усилением липолиза, мобилизацией жирных кислот из жировой ткани и повышенным транспортом их в печень. Клинически это проявляется увеличением, уплотнением, болезненностью печени. Однако, стаж болезни у большинства наших пациентов был относительно незначительный, периоды декомпенсации короткие, поэтому возможность жировой дистрофии печени нами подвергнута сомнению, что потребовало биохимического тестирования.

Рис. 1 - Структура метаболической компенсации сахарного диабета у обследованных пациентов с сахарным диабетом 1 типа, по данным HbA1c, %

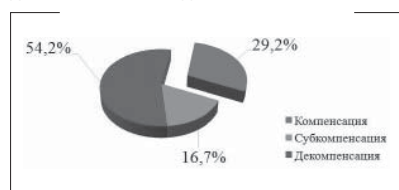


Таблица 1 – Клинические признаки поражения гепатобилиарной системы у обследованных лиц (n = 48)

Признак	Кол-во пациентов	
	абс.	%
Гепатомегалия, по методу М. Г. Курлова в педиатрической модификации	33	68,8
Пальпаторная болезненность в проекции желчного пузыря	20	41,7
Пальпаторная болезненность в проекции поджелудочной железы	16	33,3
Болезненность при пальпации края печени	2	4,2
Субиктеричность кожи, слизистых оболочек, склер	11	23,0

Так, у обследованных лиц наиболее часто диагностировалось незначительное повышение уровня конъюгированного билирубина (52,1 %) и изменения липидного обмена (31,3 %). По данным литературы, при синдроме холестаза повышается уровень билирубина и концентрации липидов в сыворотке крови. При хроническом холестазе значительно повышается уровень общих липидов в сыворотке крови, особенно общего холестерина, что связано с усилением его синтеза и регургитацией холестерина желчи в кровоток. Уровень активности ЩФ, являющийся основным доказательством холестаза, превышал нормативный в половине случаев (52,1 %) у обследованных детей.

Ультразвуковое исследование брюшной полости проведено у 10 детей, у которых заподозрено органическое поражение печени в связи с длительным стажем заболевания и значительной декомпенсацией углеводного обмена. По данным УЗИ, увеличение печени выявлено у 4 из 10 пациентов (40,0 %), расширение желчных протоков – у троих (30,0 %), повышение эхогенности печеночной паренхимы обнаружено также у 3 из 10 обследованных. Отдельно отметим, что признаков жировой инфильтрации печени (наличие «столба затухания», компактное расположение эхосигналов, обеднение сосудистого рисунка и т. д.) не выявлено ни в одном случае. Данные УЗИ

свидетельствуют о том, что выявленная патология гепатобилиарной системы у 10 пациентов с декомпенсацией СД носила функциональный характер, характеризуя внутриспеченочный холестаз. Можно предположить, что данная ситуация является очень ранним этапом жировой инфильтрации печени, однако подобных указаний в литературе нами не обнаружено.

Таким образом, в результате анализа данных (клинические симптомы, данные объективного осмотра и критерии, соответствующие биохимическим синдромам поражению печени, результаты УЗИ), полученных при обследовании 48 детей с СД 1 типа установлено, что клинко-биохимические признаки поражения гепатобилиарной системы по варианту холестаза наблюдались у большинства лиц, т. е. у 44 пациентов (91,7 %).

Важно отметить, что органической патологии (жировая дистрофия печени, хронический холангит, холецистит и др.) не выявлено ни у одного больного. Основываясь на данных литературы [13; 14], мы связываем это с тем, что стаж сахарного диабета и степень декомпенсации углеводного обмена у обследованных пациентов оказались явно недостаточными для формирования органических заболеваний печени и желчевыводящих путей. Хотя, по нашему мнению, выраженные холестатические явления у пациентов со значительной декомпенсацией являются предтечей жировой инфильтрации в будущем. Наша гипотеза подтверждается данными ультразвукового исследования и отсутствием биохимических синдромов цитолиза и паренхиматозного воспаления.

Выводы

1. Холестатическое поражение гепатобилиарной системы разной степени выраженности диагностировано у 91,7 % детей с сахарным диабетом 1 типа. Особенностью патологии явился функциональный характер изменений исследованной системы у больных.
2. Выявлено, что у детей с СД патология гепатобилиарной системы характеризовалась жалобами диспепсического характера (35,4 % случаев), преимущественно нелокализованными болями в животе (20,8 %), при объективном осмотре – гепатомегалией холестатического характера (68,8 %), положительными пузырными симптомами (41,7 %), субиктеричностью кожных покровов и слизистых оболочек полости рта и склер (23,0 %). При оценке биохимической гепатограммы доминировал синдром холестаза, характеризующийся минимальной степенью гипербилирубинемии (52,1 %), гиперхолестеринемией (31,3 %) и гипертриглицеридемией (20,8 %), повышением активности щелочной фосфатазы (52,1 %). Результаты ультразвукового исследования лиц с длительным стажем заболевания свидетельствовали о функциональном характере поражения желчевыводящих путей.
3. На основании проведенных исследований сформулированы практические рекомендации по профилактике и лечению патологии гепатобилиарной системы у детей с сахарным диабетом 1 типа. По нашему мнению, мероприятия, в первую очередь, должны быть направлены на предупреждение нарушений углеводного обмена и достижение стойкой компенсации сахарного диабета, а также своевременное назначение лечебного питания с минимальным количеством животных жиров и гидрохолеретической терапии. Терапевтические меры позволяют снизить частоту и выраженность расстройств желчевыводящей системы и профилировать формирование тяжелых видов осложнений.

Список литературы

1. Ширяева Т. Ю., Андрианова Е. А., Сунцов Ю. И. Динамика основных эпидемиологических показателей сахарного диабета 1 типа у детей в Российской Федерации // Сахарный диабет. 2010. № 4. С. 6–11.
2. Кураева Т. Л., Зильберман Л. И. Неиммунные формы сахарного диабета у детей // Международный эндокринолог. журн. 2010. № 7. С. 14–18.
3. Рымар О. Д., Овсянникова А. К., Мустафина С. В., Максимов В. Н., Куликов И. В., Воевода М. И. Роль MODY-диабета в структуре заболеваемости сахарным диабетом среди пациентов молодого возраста // Сибирский мед. журн. 2011. Т. 26, № 4-2. С. 45–49.
4. Сунцов Ю. И., Болотская Л. Л., Маслова О. В., Казаков И. В. Эпидемиология сахарного диабета и прогноз его распространенности в Российской Федерации // Сахарный диабет. 2011. № 1. С. 15–18.
5. Лейтес Ю. Г., Галстян Г. Р., Марченко Е. В. Гастроэнтерологические осложнения сахарного диабета // Consilium Medicum. Гастроэнтерология. 2007. № 2. С. 18–21.
6. Al-Hussaini A. A., Sulaiman N. M., AlZahrani M. D., Alenizi A. S., Khan M. Prevalence of hepatopathy in type 1 diabetic children // BMC Pediatr. 2012.

Vol. 12. P. 160–165.

7. Дедов И. И., Краснопольский В. И., Сухих Г. Т. Российский национальный консенсус «Гестационный сахарный диабет: диагностика, лечение, послеродовое наблюдение» // Сахарный диабет. 2012. № 4. С. 4–10.

8. ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2014 [Электронный документ]. Режим доступа: <https://www.ispad.org/?page=ISPADClinicalPract>. Дата доступа: 01.08.2015.

9. Денисов М. Ю. Практическая гастроэнтерология для педиатра. Изд. 5-е, исправл. М., 2004.

10. Логинов А. С., Блок Ю. Е. Хронические гепатиты и циррозы печени. М., 1987.

11. Соколов Л. К., Минушкин О. Н., Саврасов В. М., Терновой С. К. Клинико-инструментальная диагностика болезней органов гепатопанкреатодуоденальной зоны. М., 1987. С. 30–39.

12. Минушкин О. Н. Неалкогольный стеатоз печени, диагностика, лечебные подходы // Леч. врач. 2012. № 2. С. 45–49.

13. Ширяева Л. И., Евтухова О. В. Влияние компенсации, длительности заболевания, возраста ребенка на развитие осложнений сахарного диабета у детей и подростков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2008. Т. 7, № 2. С. 357–360.

14. Субботина В. Г., Максимова О. В., Чобитько В. Г., Калашников А. И., Аникеева Е. А. Сахарный диабет – фактор риска развития заболеваний желудочно-кишечного тракта // Международный журн. прикладных и фундаментальных исследований. 2011. № 3. С. 124–126.

ДОКЛАДЧИК:

Джимак С. С.
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Роль нерадиоактивных изотопов водорода, кислорода, азота и углерода для живых систем

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГБОУ ВПО «Кубанский
государственный университет»

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Джимак С. С.

ТЕЗИСЫ:

Концентрация изотопов кислорода и водорода в тканях органов животных четко коррелирует с концентрацией указанных изотопов в месте их обитания. При этом, необходимо учитывать, что фракционирование изотопов в природе сильнее выражено у тех элементов, которые принимают более активное участие в круговороте веществ неорганического и органического мира [1]. Это утверждение верно также и для человека, однако, на точность определения его географической локации будет сильно влиять концентрация указанных выше изотопов в продуктах питания, причем, необходимо учитывать, что некоторые продукты питания могут быть привезены из других регионов и иметь отличный изотопный состав [2].

Анализ стабильных изотопов тканей птиц оказался чрезвычайно полезным инструментом для исследования их рациона. Более того, авторы этой же работы показали возможность исследования различных экологических показателей с помощью исследования изотопного состава тканей морских птиц. Например, по концентрациям стабильных изотопов углерода ($\delta^{13}\text{C}$) и азота ($\delta^{15}\text{N}$) можно определить источники питания птиц. Концентрация стабильных изотопов, зависящая от скорости оборота указанных изотопов в тканях, предоставляет информацию о пространственной и трофической экологии морских птиц [3]. Bontempo L. с соавторами также отмечают, что природные различия в концентрациях стабильных изотопов биоэлементов в птичьих перьях все чаще используются экологами животных для изучения различных аспектов их жизни. Также ими показано, что изменчивость в концентрации стабильных изотопов может быть значительной даже в скелете одного животного; по концентрации изотопов в лопатке и позвоночном столбе можно зарегистрировать изменения в диете и климате [4].

Bowen G. J. с соавторами провели исследования, концентраций изотопов водорода и кислорода в 234 образцах бутилированной воды. Они показали, что концентрации дейтерия и кислорода ^{18}O в этих образцах находились в диапазоне от -147 ‰ до +15 ‰ и от -19,1 ‰ до +3,0 ‰, соответственно. Эти значения охватывают большую часть нормального диапазона для метеорных вод. При проведении исследования авторы исходили из того, что концентрация изотопов в закрытых бутылках не изменяется, а также, что изотопные соотношения в них могут дать информацию о первоисточниках воды. Однако, оказалось, что концентрации стабильных изотопов в бутилированной воде не соответствуют их концентрациям в природных водах, полученных из горных и равнинных источников под тем же названием. Это говорит о том, что до розлива в бутылки происходит существенное испарение воды и соответственно изменение изотопного соотношения. Однако, эти отличия не очень

велики и в среднем изотопный состав воды в бутылках, как правило, близок к составу естественно доступных местных источников воды [5].

Масс спектроскопия стабильных изотопов находит все большее применение в судебно-медицинской экспертизе дикой природы как средство определения происхождения и миграции животных. Содержание тяжелых изотопов в осадках колеблется в широких пределах и систематически по всему миру, обеспечивая тем самым четкие стабильные различия в их концентрации в тканях живых существ. Как результат, эти изотопы являются потенциально идеальными трассерами географического происхождения. В своей работе авторы представили метод для интерполяции изотопных соотношений в осадках с целью использования его для создания глобальных базовых карт изотопных концентраций в различных регионах. Однако, наибольший потенциал для применения изотопных соотношений водорода и кислорода в судебно-медицинской экспертизе существует в средних и высоких широтах континентальных регионов, где существуют сильные пространственные градиенты изотопов [6].

Podlesak, D.W. с соавторами в своей работе [7] указывают на то, что понимание факторов, влияющих на изотопный состав воды в организме человека является важным для определения изотопного состава тканей, потому что эти данные можно использовать для восстановления пути передвижения людей. Концентрации 2H и 18O в жидкостях организма связаны с их концентрацией в питьевой воде, но явно отличаются друг от друга из-за влияния других факторов, включая состав пищевых продуктов. В своей работе, авторы, используя данные изотопной масс спектроскопии показали влияние пола, продуктов питания и питьевой воды на прогнозные значения концентрации изотопов кислорода и водорода путем сравнения их с опубликованными значениями. Их модель хорошо согласовывалась с уравнениями, которые описывают скорость оборота воды в теле для определения времени, необходимого для нерезидента данной местности, чтобы концентрации изотопов кислорода и водорода достигли изотопного равновесия с населением данного региона.

Как показали исследования последних лет, концентрация дейтерия в питьевой воде играет огромную роль в метаболических процессах у живых систем [8]. Также, было показано, что количество депрессий у населения напрямую коррелирует с концентрацией дейтерия в питьевой воде, а низкие концентрации дейтерия в питьевой воде обуславливают стрессоустойчивость у млекопитающих [9].

Изучение структуры иммунных органов (тимуса и селезенки) показало, что механизмы адаптивного эффекта воды со сниженным содержанием дейтерия обусловлены повышением общей резистентности организма экспериментальных животных [10]. Количество дейтерия в плазме крови превышает в несколько раз показатели калия, кальция, магния и намного больше содержания многих микроэлементов (фтора, йода, меди, марганца и кобальта). Концентрация молекул воды, содержащих тяжелые изотопы водорода, в природной воде колеблется в пределах, зафиксированных в основном международном стандарте SMOW (Standard Mean Ocean Water), который определен по изотопному составу глубинной воды Мирового океана и содержание дейтерия у него составляет 155,76 ppm или 0,0 ‰ [11].

Известно, что вода с модифицированным изотопным D/H-составом со сниженным содержанием дейтерия (ВМИС ССД) – изотополог воды $1\text{H}216\text{O}$, образованный легкими стабильными изотопами входящих в его состав элементов. В естественных условиях такой «чистой» $1\text{H}216\text{O}$ воды не существует, и для получения изотополога проводят тонкую многостадийную очистку природных вод или синтезируют воду из исходных элементов 1H_2 и 16O . Введение в питьевой рацион ВМИС ССД приводит к уменьшению соотношения D/H в тканях организма за счет реакций обмена изотопов, которые активируются преимущественно вследствие изменения энтропии в живой системе. При этом влияние реакций изотопного обмена на биохимические процессы и состояние организма остается малоизученным в связи с невысокой скоростью протекания этих реакций в физиологических условиях, что обусловлено феноменом постоянства изотопного состава материи в естественной среде обитания. Поэтому целенаправленное формирование изотопного D/H-градиента в организме может быть использовано для повышения его адаптационных возможностей при состояниях, вызванных длительным неспецифическим стрессовым воздействием на гуморальные и клеточные защитные системы [11].

Для определения концентрации дейтерия в жидкостях и тканях организма используют ЯМР и масс спектроскопию [6]. Причем для определения изотопного состава жидкостей организма удобнее использовать ЯМР спектроскопию, а для исследования тканей масс спектроскопию [12].

Нами проведен ряд исследований влияния воды с пониженным (40-100 ppm) относительно природного (150 ppm) содержанием дейтерия на живые системы различного уровня организации, так, изучено влияние обедненной по дейтерию

воды на организм различных поколений лабораторных крыс в физиологических условиях, в ходе которых установлено, что наиболее существенное и быстрое снижение равновесия D/H наблюдалось в плазме крови, на 36,2%, а также в лиофилизированных тканях почки (на 15,8%). Менее выраженное уменьшение дейтерия характерно для тканей печени (на 9,3%) и сердца (на 8,5%). Была зафиксирована стабилизация скорости реакций изотопного обмена в крови и тканях изученных органов крыс, начиная со второго поколения. При этом на фоне введения в пищевой рацион воды с содержанием дейтерия 40 ppm также отмечено изменение морфофункциональных показателей у лабораторных животных, связанных с процессами адаптации к субстрессовому воздействию изотопного D/H градиента. В исследовании показано, что модификация только питьевого режима не позволяет существенно изменить содержание дейтерия в тканях метаболически активных органов, в связи с параллельным поступлением дейтерия в составе пищевых веществ растительного и животного происхождения [12].

Исследовано влияние реакций изотопного обмена дейтерий-протий (D/H) на морфофункциональные показатели и состояние антиоксидантной системы крови у крыс в физиологических условиях и при экспериментальном хроническом эндотоксикозе гепаторенального генеза. Показано, что введение в питьевой рацион крыс воды со сниженным содержанием дейтерия сопровождается коррекцией метаболических процессов, повышением функциональной активности системы неспецифической защиты и увеличением прироста массы тела на 42-е сут в группе животных, прошедших в течение 14 сут этап предварительной адаптации с изменением соотношения D/H в организме [13].

Обнаружена зависимость влияния изотопного состава воды на концентрацию клеточной биомассы нефтеокисляющей актинобактерии *Rhodococcus erythropolis* BKM Ac-2017Д при культивировании на жидких питательных средах, в зависимости от условий постановки эксперимента, включающих последовательное использование разных питательных субстратов – сахарозы и гексадекана. Показано, что при инокуляции клетками *Rhodococcus erythropolis* BKM Ac-2017Д, выращенными на средах с сахарозой и содержаниями дейтерия в воде, на которой была приготовлена питательная среда 81 и 104 ppm, аналогичных по минеральному и изотопному составу сред с гексадеканом, наблюдается существенное увеличение выхода клеточной биомассы по сравнению с контрольным образцом, в котором использовали воду с концентрацией дейтерия, равной 151 ppm [14].

Изучено влияние воды с пониженным относительно природного содержанием дейтерия (40 ppm) на репаративные системы ДНК лимфоцитов. Эксперимент проводили на лимфоцитах, выделенных из цельной крови здоровых людей и пациентов с врожденными пороками развития челюстно-лицевой области. В лизатах выделенных лимфоцитов определяли количество одонитевых разрывов ДНК. Инкубирование чистой взвеси лимфоцитов проводили в 0,9 % растворах NaCl, приготовленных на воде с различными концентрациями дейтерия (40 и 150 ppm). Количество одонитевых разрывов ДНК оценивали по отношению величин флуоресценции контрольных и экспериментальных образцов. По данным эксперимента установлено, что инкубация в растворах с пониженным содержанием дейтерия лимфоцитов, полученных из крови больных с врожденными пороками развития челюстно-лицевой области, снижает количество одонитевых разрывов ДНК на 21-24%. Показано, что вода с пониженным содержанием дейтерия активизирует ДНК-репарирующие системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания Минобрнауки Российской Федерации (проект № 1269), Президента Российской Федерации (гранта для государственной поддержки молодых российских ученых МК-1568.2014.4).

Список литературы

1. Podlesak D. W., Torregrossa A., Ehleringer J. R., Dearing M. D., Passey B. H., Cerling T. E. Turnover of oxygen and hydrogen isotopes in the body water, CO₂, hair, and enamel of a small mammal // *Geochimica et Cosmochimica Acta* 2008. Vol.72. P.19-35.
2. Chesson L. A., Valenzuela L.O., O'Grady S. P., Cerling T. E., Ehleringer J. R. Hydrogen and Oxygen Stable Isotope Ratios of Milk in the United States // *J. Agric. Food Chem.* 2010. V. 58. P. 2358-2363.
3. Hobson K.A., Bond A.L. Extending an indicator: Year-round information on seabird trophic ecology from multiple-tissue stable-isotope analyses // *Marine Ecology Progress Series*. V. 461. 2012. P. 233-243.
4. Bontempo L., Ceppa F., Ziller L., Pedrini P., Hobson K.A., Wassenaar L.I., Camin F. Comparison of methods for stable isotope ratio ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$) measurements of feathers // *Methods in Ecology and Evolution*. V. 5. I. 4. 2014. P. 363-371.
5. Bowen G.J., Winter D.A., Spero H.J., Zierenberg R.A., Reeder M.D., Cerling T.E., Ehleringer, J.R. Stable hydrogen and oxygen isotope ratios of bottled waters of the world // *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. V. 19. I. 23. 2005. P. 3442-3450.
6. Bowen G.J., Wassenaar L.I., Hobson K.A. Global application of stable hydrogen and

- oxygen isotopes to wildlife forensics // *Oecologia*. 2005. V. 143. P. 337-348.
7. Podlesak D.W., Bowen G.J., O'Grady S., Cerling T.E., Ehleringer J.R. $\delta^2\text{H}$ and $\delta^{18}\text{O}$ of human body water: A GIS model to distinguish residents from non-residents in the contiguous USA // *Isotopes in Environmental and Health Studies*. V. 48. I. 2. 2012. P. 259-279.
8. Nikitin D.I., Oranskaya M.N., Lobyshev V.I. Specificity of bacterial response to variations of the isotopic composition of water // *Biophysics*. 2003. V. 48. № 4. P. 636-640.
9. Strekalova T., Evans M., Chernopiatko A., Couch Y., Costa-Nunes J., Cespuoglio R., Chesson L., Vignisse J., Steinbusch H. W., Anthony D. C., Pomytkin I., Lesch K. P. Deuterium content of water increases depression susceptibility: The potential role of a serotonin-related mechanism // *Behavioral Brain Research*. 2015. V. 277. P.237-244.
10. Синяк Ю.Е., Григорьев А.И., Скуратов В.М., Иванова С.М., Покровский Б.Г. Фракционирование стабильных изотопов водорода в организме человека в условиях гермокамеры // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2006. Т. 40. № 5. С. 38-41.
11. Лисицын А.Б., Барышев М.Г., Басов А.А., Барышева Е.В., Быков И.М., Дыдыкин А.С., Текущая Е.Е., Тимаков А.А., Федулова Л.В., Чернуха И.М., Джимак С.С. Воздействие воды со сниженным содержанием дейтерия на организм лабораторных животных при различном функциональном состоянии неспецифических защитных систем // *Биофизика*. 2014. № 4. Т. 59. С. 757-765.
12. Джимак С.С., Барышев М.Г., Басов А.А., Тимаков А.А. Влияние воды со сниженным содержанием дейтерия на изотопный состав лиофилизированных тканей и морфофункциональные показатели организма у крыс из разных поколений // *Биофизика*. 2014. Т. 59. № 4. С. 749-756.
13. Джимак С.С., Басов А.А., Федулова Л.В. и др. Коррекция метаболических процессов у крыс при хроническом эндотоксикозе с помощью реакций изотопного (D/H) обмена // *Известия РАН. Серия Биологическая*. 2015. №5. С. 1-10.
14. Самков А.А., Джимак С.С., Барышев М.Г. и др. Влияние изотопного состава воды на выход биомассы *Rhodococcus erythropolis* // *Биофизика*. 2015. Т. 60. № 1. С. 136-142.

ДОКЛАДЧИК:

Донина Анастасия Васильевна
(Donina Anastasia Vasil'evna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Новая технология сигнального мониторинга торфяных пожаров и исследование способов их тушения

New technology of signal monitoring the peat fires and research of ways of their extinguishing

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГБОУ ВО «Брянский
государственный инженерно-
технологический университет»
(Bryansk State Engineering
Technological University «BSETU»)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Донина Анастасия Васильевна
(Donina Anastasia Vasil'evna)

Пичугина Юлия Сергеевна
(Pichugina Yulia Sergeevna)

Пичугина Юлия Сергеевна
(Drapeza Yulia Andreevna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В Брянской области в зоне чернобыльского следа, в основном на участках с сильным радиоактивным загрязнением, возникают очаги торфяных пожаров. В научной работе апробирована и предложена новая технология обнаружения и тушения торфяных пожаров.

Annotation

In the Bryansk region in the zone of the Chernobyl trail, mainly in areas with strong contamination, there are centers of peat fires. In the research paper a new technology of detection and extinguishing of fires is tested and proposed.

Ключевые слова: Торфяной пожар, радиационное загрязнение, сигнализатор, способ тушения, макет установки.

Keywords: a peat fire, radiation pollution, warning device, a method of firefighting, layout of installation

Брянская область расположена на западе европейской части Российской Федерации, принадлежит к Центральному экономическому району и занимает площадь 34,9 тыс. квадратных километров. В области лесами занято 1,2 млн. гектаров, что составляет 1/3 всей территории. Более 46% всего лесного фонда составляют хвойные леса.

Степень опасности возникновения и распространения пожаров в лесу (пожарная опасность) определяется:

- по лесорастительным условиям лесных участков (природная пожарная опасность);
- по условиям погоды в конкретном регионе (пожарная опасность по условиям погоды).

В своей работе мы провели анализ пожароопасных сезонов за 2010–2014 года. Наиболее пожароопасными районами области являются: Брянский, Жуковский, Карачевский, Навлинский, Клетнянский, Клиновский, Климовский, Новозыбковский, Суземский, Унечский, Злынковский.

На особом контроле находятся районы, в которых ранее возникали торфяные пожары – Гордеевский, Красногорский, Новозыбковский и Погарский. Сохраняется вероятность возникновения торфяных пожаров на торфосодержащих землях на территории всей Брянской области, а также возгорания сухой растительности на землях сельскохозяйственного назначения и землях сельских поселений.

В 2014 году в Брянской области было зарегистрировано 114 пожаров, площадью 250 га. Площадь земель лесного фонда задействованных в пожарах – 125 тыс. га. Осенью 2014 года торфяные пожары в западных районах Брянской области привели к заметному задымлению многих районов Москвы и Подмосковья. Самый опасный торфяной пожар действовал на стыке Новозыбковского и Гордеевского районов Брянской области. Его площадь по данным системы ВЕГА составляла по состоянию на 12 октября 2014 года 1085 га. Уровень радиации у земли на окраине торфяника составляла 40-60 мкР/ час, в очаге пожара - до 100-120 мкР/ час. Таким образом, опасность пожаров возрастает в радиоактивно загрязненных районах.

Вторым этапом исследования была оценка изобретений для обнаружения и устранения лесных пожаров. Данные изобретения относятся к области экологической и пожарной безопасности торфяников, а также к сбережению энергоресурсов. Достигается значительное замедление саморазогрева торфа, увеличение времени между последовательными профилактиками, повышение травмобезопасности.

Таковыми изобретениями являются:

- способ предотвращения или обнаружения и тушения торфяных пожаров (RU 2530397);
- способ обнаружения лесного пожара (RU 2259854);
- способ обнаружения и локализации очагов подземных пожаров №:2011845;
- способ тушения торфяного пожара на глубине (RU 2438739);
- способ локализации лесного низового пожара (RU 2273503).

Все изобретения, кроме третьего, относятся к категории А62С3/02. Они принадлежат к способам пожаротушения и, в частности, к тушению пожаров на больших площадях, например лесных. Технической задачей, на решение которой направлено изобретение, является повышение эффективности тушения пожаров лесов.

Мы предлагаем новую технологию раннего обнаружения и локализации очагов возгорания подземного торфяного пожара, работающую по принципу дымовой шашки.

Суть технологии заключается в следующем. Равномерно по площади наиболее пожароопасных участков торфяников при помощи тракторной бурильной установки необходимо пробурить вертикальные скважины на всю глубину торфа, приблизительно до 2,5-3 м. и установить в них перфорированные металлические трубы, предварительно заполненные дымообразующим составом (селитрой, битумом). Устье скважин необходимо закрыть негорючим материалом (керамзитом). Это сооружение будет представлять собой сигнализатор раннего обнаружения торфяного пожара, т.к. дым из устья скважины возникает при горении торфа на глубине.

Размещение этих дымовых сигнализаторов можно производить по выбранной схеме установки, с указаниями номера скважины на карте местности с расстоянием друг от друга 100-200 м. На рисунке 1 представлена карта местности Гордеевского и Новозыбковского районов со схемой расположения дымовых сигнализаторов. Красной линией показаны лесные дорожки, по которым можно добраться к сигнализаторам. Расстояние между сигнализаторами 150-170 м.

На рисунке 2 показана схема расположения сигнализатора по профилю почвенного разреза.

Использование данной технологии будет облегчать сохранение лесных богатств России, обеспечивать экологическую безопасность и пожаробезопасность лесного хозяйства, расположенного вблизи торфяных болот.

Подобной разработки, выпускаемой промышленностью, нет. Достоинство нашей технологии заключается в кардинальном изменении способа тушения подземного торфяного пожара. Когда огонь подземного фронта пожара подойдет к скважине, через отверстия в трубе загорится пиростав и над скважиной появится столб дыма, который фиксируется наблюдателем.

После обнаружения очага возгорания к скважине направляется расчет

Рис. 1 - Карта местности с обозначением дымовых сигнализаторов

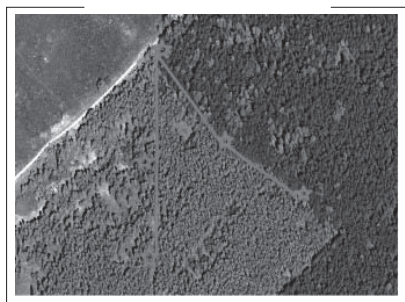
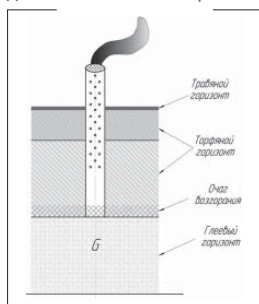


Рис. 2 - Схема установки дымового сигнализатора



пожарной машины, который по прибытии на место устанавливает пожарный рукав в устье скважины и производит прокачку воды непосредственно в нижние слои торфа, что обеспечивает полную эффективность локализации подземного пожара. Когда пожар будет потушен – трубы заново заполняются пиросоставом. Поэтому нами был выбран предлагаемый вариант методики пожаротушения.

Список использованных источников:

1. Статистические данные БОГУ «Брянский пожарно-спасательный центр» о лесных пожарах и пожарах зданий и сооружений
2. [http://www.32.mchs.gov.ru/Главное управление МЧС России по Брянской области](http://www.32.mchs.gov.ru/Главное_управление_МЧС_России_по_Брянской_области)
3. [http://www.findpatent.ru/Поиск патентов и изобретений, зарегистрированных в РФ и СССР](http://www.findpatent.ru/Поиск_патентов_и_изобретений,зарегистрированных_в_РФ_и_СССР)

ДОКЛАДЧИК:

Дубынина Анна Владимировна
(Dubynina Anna Vladimirovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Экспресс-диагностика сальмонеллеза: иммунохроматографический тест на основе биофункциональных наночастиц золота, модифицированных аптамерами

Express diagnostics of salmonellosis: immunoassay based on biofunctional gold nanoparticles modified aptamers

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Сибирский федеральный университет (СФУ), Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф.Войно-Ясенецкого (КрасГМУ) (Siberian federal university (SFU), Krasnoyarsk state medical university named after Prof. V.F.Voyno-Yasenetsky (KrasGMU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Дубынина Анна Владимировна
(Dubynina Anna Vladimirovna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В связи с высокой опасностью сальмонеллезов и широким распространением во многих странах, в том числе и в Российской Федерации, возникла острая необходимость разработки и внедрения современных и эффективных методов диагностики. Новые экспресс-тесты являются потенциальным решением данной проблемы.

Annotation

Due to the high risk of salmonella and widespread in many countries, including Russian Federation, there was an urgent need for the development and introduction of modern and effective methods of diagnosis. New rapid tests are potential solution to this problem.

Ключевые слова: сальмонеллез, аптамеры, золотые наночастицы, иммунохроматографический тест, биомаркеры

Keywords: salmonellosis, aptamers, gold nanoparticles, immunoassay, biomarkers

К настоящему времени в Российской Федерации сложилась неблагоприятная ситуация по количеству случаев заболеваний острыми кишечными инфекциями. Среди них немалый процент занимает группа инфекций, вызываемых бактериями рода *Salmonella*. Данные заболевания представляют большую опасность ввиду высокой резистентности микроорганизмов, а также их широкого распространения в популяциях. Сальмонеллёзы нередко приводят к летальному исходу, особенно если отсутствует своевременное лечение, помимо этого данные заболевания способны вызывать тяжелые формы осложнений, таких как эндартериит, менингит, остеомиелит, цирроз печени, пневмония.

Современные методы диагностики заболеваний, вызываемых патогенными микроорганизмами, включают культивирование бактерий и использование иммунодиагностических тестов или приготовление гистологических образцов и использование специализированного окрашивания. Данные способы являются достаточно затратными по времени: при необходимости культивировать клетки затрачивается до нескольких суток. Основанная на ДНК идентификация, например, ПЦР, хотя и более чувствительна, но ее постановка также требует немало времени и специального оборудования.

Таким образом, становится очевидной необходимость разработки и применения новых методов, позволяющих с высокой скоростью и точностью определять наличие патогена в вызывающем подозрения образце.

В докладе представлена технология, основанная на аптамерах. Аптамеры представляют собой олигонуклеотиды, способные связывать строго определенный белок. На рисунке 1 представлен принцип работы диагностической тест-полоски.

В качестве конъюгата используются золотые наночастицы, иммобилизованные аптамерами. Тестовая полоска представляет собой

Рис. 1 - Нитроцеллюлозная тест-полоска с аптамерами



аптамеры, нанесенные на слой стрептавидина, а контрольная полоса содержит праймеры, которые связывают остаточные наночастицы с аптамерами. Образец наносится на специальную подушку, после чего начинает двигаться за счет капиллярных сил и достигает конъюгата. Здесь происходит взаимодействие наночастиц и белка-мишени. Если образец содержит интересующие биомаркеры, то происходит связывание молекул белка аптамерами и образование комплекса. В случае если биомаркер отсутствует, связывания и образования комплекса не происходит. Конъюгат далее мигрирует вдоль нитроцеллюлозной мембраны и попадает на тестовую зону, где в случае наличия биомаркера образуется окрашенная полоса, благодаря взаимодействию комплекса «конъюгат-белок» с аптамерами. Далее следует контрольная полоса, где окраска проявляется в любом случае, даже если белок-мишень отсутствует.

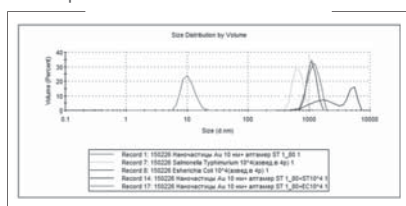
Для данной технологии в настоящее время нет полных аналогов, как в России, так и за рубежом. Благодаря низкой стоимости, продукт может найти применение в клинических лабораториях РФ и зарубежных клиниках. К настоящему времени в Китае была создана технология, позволяющая проводить диагностику с помощью тест-полоски путем детекции ДНК. Данный метод оказался сложнее в применении, поскольку требует наличия специального оборудования и привлечения специалистов в области генетики.

К настоящему времени нами были получены результаты агрегации наночастиц, иммобилизованных аптамерами с белками-мишенями. На рисунке 2 можно увидеть общую картину.

В случае наличия белка-биомаркера происходит взаимодействие белков с наночастицами посредством аптамеров и образуются агрегаты. В контрольных образцах агрегации не наблюдается, что свидетельствует об отсутствии связывания белков-не-мишеней аптамерами. Нами была проведена селекция аптамеров к бактериальным клеткам, а также исследование аффинности и специфичности полученных олигонуклеотидов и был разработан способ модификации коллоидного золота аптамерами и методика иммобилизации нитроцеллюлозной мембраны коллоидными частицами и биотинилированными праймерами. Полученные результаты показывают перспективы аптамеров как агентов диагностики, а также свидетельствуют о возможности их применения для создания высокочувствительного экспресс-теста.

Программа реализуется в рамках Государственного задания Министерства здравоохранения РФ.

Рис. 2 - Агрегация бионаночастиц с бактериальными клетками



ДОКЛАДЧИК:

Егиев Иван Хачатурович
(Egiev Ivan Khachaturovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Кубанский Государственный
Медицинский Университет
«КубГМУ» (ГБОУ ВПО «КубГМУ»)
(Kuban State Medical University
"KSMU" (SEI HPE "KSMU"))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Егиев Иван Хачатурович
(Egiev Ivan Khachaturovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Влияние «Йодопирона» и «Мезогеля» на формирование рубца при
использовании сетчатого экспланта в эксперименте
The influence of "Iodopiron" and "Mesogel" on elaboration of scar by using
mesh explant

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В современной медицине неуклонно растет количество операций, выполняемых с использованием эксплантов. В частности, нельзя представить современную герниологию без сетчатых протезов. Однако, использование инородных материалов, с одной стороны, уменьшает количество рецидивов, а с другой – увеличивает риск развития инфекции в послеоперационной ране. Послеоперационные вентральные грыжи (ПОВГ) представляют собой важную социальную проблему, так как в большей степени встречаются у трудоспособного населения, снижая его трудовую активность.

Annotation

Nowadays, the number of operations carried out with explants has been steadily increasing. In particular, it is impossible to imagine modern herniology without mesh prosthesis. However, use of foreign matters on the one hand, reduces the number of relapses, on another hand increases the risk of postoperative wound infection. The most important social problem among working population represents postoperative ventral hernia (POVH) as it reduces their labor activity.

Ключевые слова: йодопирон; мезогель; сетчатый эксплант; герниопластика; соединительнотканная капсула

Keywords: iodopiron, mesogel, mesh explant, hernioplasty, connective tissue capsule

Образованию вентральных и рецидивных грыж способствуют разные факторы: инфицирование зоны операции, дистрофические и атрофические изменения тканей брюшной стенки, недифференцированная дисплазия соединительной ткани, технические ошибки при оперативном вмешательстве, ожирение.

Важную роль в появлении и прогрессировании грыжи играет ожирение, так как является неблагоприятным условием заживления послеоперационной раны. Среди всех пациентов с большими ПОВГ избыточная масса тела встречается в 70-90% наблюдений. В большинстве наблюдений послеоперационные вентральные грыжи появляются в течение первых 3 лет после операции. На их долю приходится до 26% от общего числа грыж брюшной стенки.

Целью исследования является изучение влияния препаратов «Мезогель» и «Йодопирон» на раневой процесс при операциях с использованием сетчатого экспланта; сохранение анатомо-физиологических связей, расположенных в зоне операции структур.

Материалы и методы. Эксперимент проводился на 30 белых беспородных крысах-самцах с массой 180-200 г. с соблюдением требований Европейской конвенции по содержанию и кормлению и уходу за животными, а также выводу животных из экспериментов.

Животные разделены на контрольную группу (10 экземпляров) и опытную (20 экземпляров), которая разделена на две подгруппы по 10 крыс в каждой. В контрольной группе все животные были прооперированы с использованием необработанного сетчатого экспланта.

В первой подгруппе сетчатый эксплант перед установкой обрабатывался йодопироном. Во второй подгруппе сетчатый эксплантат обрабатывался препаратом «Йодопирон» в сочетании с препаратом «Мезогель» в пропорции 1:5.

Использовалась полипропиленовая сетка фирмы Optomesh Macropore в качестве стандартного макропористого полипропиленового материала; 1% раствор йодопирона и «Мезогель» - препарат карбоксиметилцеллюлозы, использующийся в абдоминальной хирургии для уменьшения спаечного процесса.

Под двухкомпонентным наркозом (Метадин, Ксила) всем группам опытных животных была выполнена имплантация сетчатого экспланта размерами 1х2 см на рассеченную фасцию мышц спины.

Животных выводили из эксперимента на 14 сутки и через 1 месяц. Проводили забор материала из раневой поверхности на дальнейшую биопсию.

При гистологическом исследовании оценивали особенности строения рубцовой ткани, толщину коллагеновых волокон, учитывали количество клеток, участвующих в синтезе коллагеновых волокон при различных вариантах использования сетчатого эксплантата, частоту развития инфекционно-воспалительного процесса.

В течение всего наблюдения у крыс опытной группы не было выявлено признаков инфицирования послеоперационной раны. В контрольной группе отмечалось 2 случая нагноения раны.

Гистологические срезы, сделанные на 14 сутки с момента операции, показали следующие результаты.

В препаратах, окрашенных по Ван Гизону, первой подгруппы отчетливо видна соединительнотканная капсула вокруг полипропиленовой нити, окруженная молодой, активно формирующейся грануляционной тканью с большим содержанием коллагеновых волокон. При этом в ране сетчатый протез грубо подпаян к подлежащей фасции.

Во второй подгруппе наблюдается формирование малоклеточной соединительной ткани, между филаментами сетки имеется слабо выраженная сеть тонких коллагеновых волокон, которые формируют более истонченную капсулу. При этом в ране сетчатый протез спаян с окружающими тканями редкими единичными спайками и более подвижен, четко дифференцируется в тканях.

Гистологические срезы, сделанные через месяц с момента операции. Сетчатый протез, обработанный йодопирином, окружен плотной капсулой, но она представлена уже зрелой соединительной тканью. Коллагеновые пучки толстые и многочисленные, а фибробласты между ними узкие и малочисленные, расположены в основном вокруг нитей эндопротеза, формируя капсулу и изолируя инородное тело. Ткани вокруг эндопротеза грубо подпаяны к нему.

Сетчатый протез, обработанный йодопирином и мезогелем, также окружен плотной капсулой, но она значительно тоньше, содержит единичные клеточные элементы. Ткани вокруг эндопротеза практически не изменены.

Исходя из результатов исследования можно сформулировать следующие выводы:

1. Применение сетчатых эксплантатов без фармакологической коррекции обеспечивает формирование полноценного, обширного рубца с выраженной деформацией окружающих тканей и не исключает возможность послеоперационных гнойных осложнений
2. Пред- и интраоперационная обработка сетчатого эксплантата йодопирином обеспечивает эффективную профилактику послеоперационных осложнений
3. Применение препарата «Мезогель» обеспечивает, с одной стороны формирование полноценного рубца с надежной фиксацией эксплантата в тканях, с другой стороны зона рубцовой деформации окружающих тканей существенно уменьшается, что позволяет сохранить анатомо-физиологические связи расположенных в зоне операции структур.

Список использованных источников:

1. Алишев, О.Т. Современное состояние и проблемы лечения больших послеоперационных вентральных грыж / О.Т. Алишев, Р.Ш. Шаймарданов // Практическая медицина. - 2013. - № 2. - С. 16-21.
2. Белобородов В.А., Цмайл В.М., Колмаков С.А., Кузьменко К.П. Результаты дифференцированного лечения послеоперационных вентральных грыж. В кн.: Материалы VII Всерос. конф. общих хирургов с международным участием. Красноярск; 2012; с. 269–272.
3. Белослудцев, Д.Н. Выбор метода аллопластики при лечении послеоперационных вентральных грыж: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.27 / Белослудцев Д.Н. – Нижний Новгород, 2007. – 111 с.
4. Винник Ю. С. и др. Современное состояние вопроса о методах хирургического лечения грыж передней брюшной стенки //Современные проблемы науки и образования. – 2013. – Т. 22. – С. 13.
5. Власов А. В. Проблема раневых осложнений при эндопротезировании брюшной стенки по поводу вентральных грыж //Современные технологии в медицине. – 2013. – Т. 5. – №. 2.
6. Майстренко, Н.А. Возможности прогнозирования гнойно-воспалительных осложнений при хирургическом лечении больных с нерезицидивной послеоперационной вентральной грыжей / Н.А. Майстренко, М.Ю. Бахтин, А.Н. Ткаченко, Д.Ю. Федоров // Вестник хирургии им. И. И. Грекова. - 2000.-Т. 159. - № 1. - С. 68-72.
7. Мирзабекян Ю. Р., Добровольский С. Р. Прогноз и профилактика раневых осложнений после пластики передней брюшной стенки по поводу послеоперационной вентральной грыжи //Хирургия. – 2008. – №. 1. – С. 66-71.
8. Никитин, Н.А. Выбор способа комбинированной аллогерниопластики при

послеоперационных вентральных грыжах срединной локализации / Н.А. Никитин, А.А. Головизнин, Р.В. Головин // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 4. – С. 572-577.

9. Синенченко, Г.И. Выбор способа пластики передней брюшной стенки у больных с послеоперационными вентральными грыжами / Г.И. Синенченко, И.В. Гайворонский А.А. Курыгин, М.В. Ромашкин - Тиманов, В.А. Жуковский // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2005. – № 6. – С. 29-32.

10. Суковатых, Б.С. Превентивная пластика брюшной стенки эндопротезом «Эсфил» при операциях на органах брюшной полости / Б.С. Суковатых, А.А. Нетяга, Н.М. Валуйская, В.А. Жуковский // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2006. – № 3. – С. 61-66.

11. Чукардин, А.В. Сравнительный анализ результатов операций и качества жизни после различных вариантов хирургического лечения послеоперационных вентральных грыж: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.27 / Чукардин А.В. – Воронеж, 2009. – 130 с.

12. Falagas M. E., Kasiakou S. K. Mesh-related infections after hernia repair surgery //Clinical microbiology and infection. – 2005. – Т. 11. – №. 1. – С. 3-8.

13. Forster, H. Mesh shrinkage - fact or myth? Data from a prospective randomized clinical trial / H. Forster // Hernia. – 2009. – №1 (13). – P. 53.

14. U Klinge; Z Y Si; H Zheng; V Schumpelick; R S Bhardwaj; B Klosterhalfen. Abnormal collagen I to III distribution in the skin of patients with incisional hernia // European surgical research. – 2000. № 32.

ДОКЛАДЧИК:

Жуков Михаил Валерьевич
(Mikhail V. Zhukov)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Специализированные нанозонды для высокоточного исследования нативных биологических объектов на клеточном и субклеточном уровне
Specialized nanoprobe for high precision investigation of native biological objects at the cellular and subcellular levels

ОРГАНИЗАЦИЯ:

1 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики"

2 Федеральное государственное бюджетное учреждение

высшего образования и науки Санкт-Петербургский Академический университет – научно-образовательный центр нанотехнологий РАН

3 Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт аналитического приборостроения РАН

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Жуков Михаил Валерьевич
(Mikhail V. Zhukov)

Мухин Иван Сергеевич
(Ivan S. Mukhin)

Кухтевич Игорь Владимирович
(Igor V. Kukhtevich)

Левичев Вадим Вячеславович
(Vadim V. Levichev)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Предложен метод создания специализированных нанозондов для сканирующей зондовой микроскопии, основанный на осаждении газа-прекурсора под сфокусированным пучком электронов в вакууме. Проведено исследование биологических объектов в высушенном (эритроциты, лейкоциты) и нативном состоянии (бактерии E.Coli) на клеточном и субклеточном уровне. Обнаружено существенное улучшение разрешения и контраста получаемых изображений по сравнению со стандартными зондами. Проведены работы по надрезанию мембран эритроцитов и прецизионному манипулированию наночастицами.

Annotation

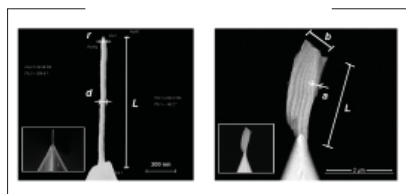
A method of creating specialized nanoprobe for scanning probe microscopy based on the deposition of precursor gas under a focused electron beam in a vacuum was proposed. The study of biological objects in the dried (erythrocytes, leukocytes) and native state (bacteria E.Coli) was carried out at the cellular and subcellular level. A significant improvement in resolution and contrast of the images obtained compared to standard probes was initiate. Investigation of erythrocyte membranes incision and precision manipulation of nanoparticles was carried out.

Ключевые слова: зонд, кантилевер, нановискер, наноскальпель, сканирующая зондовая микроскопия, эритроциты, лейкоциты, бактерии E.Coli, сфокусированный пучок электронов, желатин, агар-агар

Keywords: probe, cantilever, nanowhisker, nanoskalpel, scanning probe microscopy, erythrocytes, leukocytes, bacteria E.Coli, a focused beam of electrons, gelatin, agar-agar

Основным элементом, определяющим работу и получаемое качество изображений в сканирующих зондовых микроскопах (СЗМ) является зонд, или острей, взаимодействующее с исследуемой поверхностью, поэтому к качеству и параметрам зондов всегда предъявляются особые требования. Стандартные зонды для сканирующей зондовой микроскопии не всегда позволяют достаточно глубоко проникать в узкие каналы и углубления из-за низкого аспектного разрешения, с их помощью невозможно разрешить достаточно мелкие наноразмерные участки топологии поверхности, а также достаточно четко отображать области резких перепадов высот. Вместе с тем, методы СЗМ позволяют проводить неинвазивные in situ исследования биологических

Рис. 1 - СЭМ изображения НВ (а) и НС (б), выращенных в вакуумной камере электронного микроскопа на вершинах пирамид стандартных зондовых датчиков



объектов (клеток, бактерий, вирусов, белков, ДНК и т.д.) в жидкостных средах на субклеточном уровне, что выгодно выделяет их от иных методов микроскопии. Для увеличения аспектного разрешения и остроты зондов в последнее время идут различные работы по модификации и улучшению технологии создания зондов [1,2,3], одной из которых является выращивание на вершинах СЗМ зондов кристаллов нитевидной формы, или нановискеров [4].

Учитывая актуальность вышеизложенного, целью работы являлось создание, исследование и применение специализированных нанозондов на основе нановискерных структур для высокоточного исследования и модификации нативных биологических объектов на клеточном и субклеточном уровне методами сканирующей зондовой микроскопии.

В настоящее время одним из широко применяемых методов выращивания нановискеров на вершинах зондов для СЗМ остаётся метод молекулярно-пучковой эпитаксии (МПЭ) [5], позволяющий создавать массивы нановискеров. Тем не менее, при применении данного метода возникают проблемы роста одиночных нановискеров с жёстким контролем параметров, что необходимо для достижения стабильного сканирования и модификации объектов сложной топологии структуры. Для решения данной проблемы был предложен новый метод выращивания нановискеров под пучком электронов в вакууме [6], который позволяет создавать единичные нановискеры с контролируемыми параметрами, такими как состав, длина, утолщение, угол и время роста нановискерных структур.

В данной работе были разработаны две модификации специализированных зондов на основе нановискерных структур: зонды с одиночными Pt/C нановискерами (НВ) (рис. 1, а) для визуализации и ассиметричными С наноскальпелями (НС) для модификации биологических объектов (рис. 1, б). НВ представляет собой вытянутый нитевидный стержень длиной L , диаметром d и радиусом скругления кончика r . Использовались зонды длиной около 400-800 нм, диаметром 40-60 нм и радиусом скругления кончика 7-12 нм. НС характеризуются несимметричной формой; толщина НС (a) значительно меньше его ширины (b) и длины (L). Использовались зонды с НС шириной 60-80 нм, глубиной 300-400 нм и длиной, не превосходящей 400 нм.

Образцами биологического происхождения, исследуемыми в воздушной среде, являлись клетки эритроциты и лейкоциты. В ходе исследований было обнаружено, что при использовании зондов с НВ существенно повышается качество изображения и разрешающая способность СЗМ. Так, при сканировании мембран эритроцитов зондами с НС были обнаружены субклеточные наноразмерные объекты, которые стандартным зондом не визуализируются.

Проведено препарирование клеток крови, заключающееся в надрезании мембран зондом с НС для исследования и дальнейшей модификации внутренней структуры клеток. Проведено исследование зависимости силы прижима от глубины и ширины надреза. Обнаружено, что модификация поверхности начинается с 1 мкН, а при силах в 6,5 мкН начинается отслаивание мембраны. При силах 7,5 мкН происходит раскрытие мембраны и выявление внутренней структуры клеток. Кроме того, показана возможность манипуляции с помощью зонда с НС наночастиц (коллоидные сферы размерами около 250-300 нм). При манипуляциях использовалась широкая часть зонда с НС за счёт большой площади воздействия на частицу и повышения вероятности её захвата.

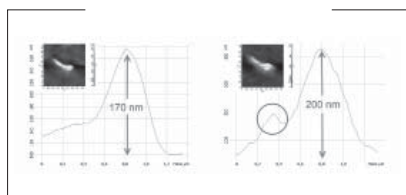
Лучшими буферными средами для проведения опытов в жидких средах были выявлены PBS растворы, а также буферы NaOH 0,1 М и NaOH 0,5 М. Исследование биологических объектов в нативном состоянии в жидких средах проводилось в полуконтактной силовой моде для уменьшения инвазивного воздействия зонда на изучаемые объекты, а также для увеличения устойчивости работы зондов с НВ при силовых нагрузках. Для иммобилизации нативных бактерий E.Coli использовались гелеобразующие вещества желатин и агар-агар. Исследование результатов фиксации проводилось методом КЛСМ, причём бактерии E.Coli окрашивались флуоресцентным красителем.

При исследовании единичных бактерий E.Coli обнаружено существенное улучшение контраста и разрешения при использовании зондов с НВ (рис. 2). Так, на сечениях, взятых у конкретной единичной бактерии E.Coli в одном и том же месте, выявлено общее увеличение разрешения и отображения перепадов высот зондами с НВ (до 200 нм). Кроме того, была обнаружена тонкая наноразмерная структура по периметру бактерии E.Coli (левый пик на рис. 2, б) на субклеточном уровне.

Данные исследования крайне актуальны, так как позволяют проводить прецизионные манипуляции и высокоточные *in situ* исследования нативных биологических объектов на клеточном и субклеточном уровнях. Проведённые работы показывают преимущества зондов на основе нановискерных структур по сравнению со стандартными зондами и создают задел для дальнейшего изучения и применения данного типа зондов для решения прикладных задач в области нанотехнологий и медицины.

Работа выполнена при поддержке: грант РФФИ (14-02-31703 мол_а); грант

Рис. 2 - СЭМ изображение нативной бактерии E.Coli и сечения, полученные стандартным зондом (а) и зондом с НВ (б) в PBS буфере



программы У.М.Н.И.К. (№ 3132ГУ2/2014); премия грантов Правительства СПб (2013 и 2015 гг.); НИОКР, финансируемые в рамках подготовки магистрантов и аспирантов (номер НИЧ 610488); НИР, финансируемые из централизованных средств Университета ИТМО в (Шифр НИР: 411501; 414643); государственная финансовая поддержка ведущих университетов Российской Федерации (субсидия 074-У01).

Литература

1. Bedri Onur Kucukyildirim, Aysegul Akdogan Eker, Bulent Eker. Usage of Carbon Nanotubes in Scanning Probe Microscopes as Probe. // International Journal of Arts and Sciences, Vol. 3 (1). – 2009. – P. 18-26.
2. I. A. Nyapshaev, A. V. Ankudinov, A. V. Stovpyaga, E. Yu. Trofimova, M. Yu. Eropkin. Diagnostics of living cells under an atomic force microscope using a submicron spherical probe with a calibrated radius of curvature. // Technical Physics, Vol. 57 (10). – 2012. – P. 1430-1437.
3. J. D. Beard, S. N. Gordeev. Fabrication and buckling dynamics of nanoneedle AFM probes. // Nanotechnology, 22 (17). – 2011. – P. 175303 (8 pp).
4. И.С. Мухин, М.С. Мухин, А.В. Феклистов, А.О. Голубок. Специализированные СЗМ-зонды на основе каркасных висцерных структур. // Научное приборостроение, Т. 21, № 3. – 2011. – С. 23-29.
5. Dmitry Klinov, Sergei Magonov. True molecular resolution in tapping-mode atomic force microscopy with high-resolution probes. // Applied physics letters, 84 (14). – 2004. – P. 2697-2699.
6. V. V. Levichev, M. V. Zhukov, I. S. Mukhin, A. I. Denisyuk, A. O. Golubok. On the operating stability of a scanning force microscope with a nanowhisker at the top of the probe. // Technical Physics., Vol. 58 (7). – 2013. – P. 1043-1047.

ДОКЛАДЧИК:

Зайцева Анна Сергеевна
(Zaitseva Anna Sergeevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

БПК-биосенсор на основе активного ила и медиатора феррицианида калия
BOD biosensor based on active sludge and potassium ferricyanide as a mediator

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Тульский государственный
университет (ТулГУ)
(Tula State University (TSU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Зайцева Анна Сергеевна
(Zaitseva Anna Sergeevna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

На основе активного ила и медиатора феррицианида калия разработан БПК-анализатор, сокращающий время анализа с 5 суток до 20 минут без потери точности измерений. Биосенсор по своим характеристикам не уступает мировым аналогам, а по значению нижней границы определяемых концентраций БПК (0,004 мг/дм³) превосходит их, что позволяет анализировать очищенные пробы воды, для которых практически не существует экспресс датчиков.

Annotation

A BOD analyzer based on active sludge and ferricyanide potassium mediator was developed, analysis time was reduced from 5 days to 20 minutes without compromising accuracy. Biosensor is highly competitive with its world analogues in its characteristics and outperforms them in BOD minimum reporting levels (0,004 mg/dm³). This allows analysis of treatment water samples for which a rapid-response analyzer doesn't exist

Ключевые слова: биохимическое потребление кислорода (БПК), биосенсор, активный ил, медиатор, феррицианид калия

Keywords: biochemical oxygen demand (BOD), biosensor, active sludge, mediator, potassium ferricyanide

Определение биохимического потребления кислорода (БПК) в воде является важным параметром контроля ее загрязненности. В настоящее время существует несколько стандартных методик определения БПК [1-3], которые имеют ряд существенных недостатков, таких как: значительная сложность и продолжительность анализа (от 5 до 20 суток); трудоемкая пробоподготовка; высокая погрешность измерения (от 13 до 25 %). Таким образом, длительность анализа и высокая погрешность не позволяют в достаточной степени оценить качество анализируемой воды. В связи с этим возникает необходимость в создании простого, высокоточного и экспрессного метода определения БПК с возможностью дальнейшей автоматизации. Таким методом является определение БПК с помощью биосенсоров [4], однако использование данных устройств сильно ограничено высоким значением нижней границы определяемых концентраций, которое находится в пределах 5-6 мг/дм³, что недостаточно для анализа очищенных сточных вод, где значение БПК составляет 0,5-1 мг/дм³. В связи с этим возникает необходимость в создании более чувствительных биоаналитических устройств.

В данной работе, для создания БПК-биосенсора предлагается использовать

одноклеточные микроорганизмы активного ила, так как они способны потреблять широкий спектр органических загрязнителей, что позволяет снизить селективность анализа, но как следствие повысить правильность определения БПК. Кроме того для регистрации окислительной активности биологического материала используется высокочувствительный амперометрический метод, который позволяет производить высокоточные измерения в микроамперном диапазоне токов. Аналитическим сигналом является амплитуда силы тока, возникающего за счет передачи электронов из активного центра фермента на электрод с использованием искусственного акцептора электронов феррицианида калия. Использование медиатора приводит к снижению рабочего потенциала измерений с 700 мВ (кислородный электрод) до 288 мВ (электрод на основе феррицианида калия), что позволяет снизить риск протекания побочных реакций с участием электроактивных примесей. В результате протекания электродной реакции без участия ионов водорода и снижения рабочего потенциала уменьшается влияние pH и кислорода на отклик биосенсора.

Электрохимические измерения проводили при помощи гальванопотенциостата «IPCMicro» («Вольта», Санкт-Петербург, Россия), интегрированного с ПК. Регистрацию и обработку данных, полученных в результате электрохимических измерений, проводили при помощи ПК. Компьютерная программа регистрации и обработки данных разработана для операционной системы «Windows-XP».

Регистрацию ответов сенсора как амплитуды изменения силы тока до и после введения субстрата в измерительную кювету проводили по двух электродной схеме. Рабочим электродом служил угольно-пастовой электрод (площадь поверхности 6,3 мм²) с иммобилизованными клетками микроорганизмов активного ила, а электродом сравнения – насыщенный хлоридсеребряный электрод. Измерения проводили в калий-натрий фосфатном буферном растворе (pH 6,8) с медиатором феррицианидом калия при постоянном потенциале 288 мВ, при температуре 22°C; объем ячейки – 4 мл. Измерения велись при непрерывном перемешивании при помощи магнитной мешалки (300 об/мин). После установления постоянного уровня тока в ячейку микропипеткой вводили необходимое для получения заданной концентрации количество раствора субстрата. После каждого измерения производили промывку ячейки (2×4 мл фосфатного буфера).

Впервые определены характеристики рецепторного элемента, сформированного на основе активного ила, полученного с очистных сооружений ТулаГорВодоканал, иммобилизованного на углеродопастовом электроде. Относительное стандартное отклонение амплитуды изменения силы тока, генерируемого в системе, в результате добавления субстрата составила 3,8%. Срок эксплуатации рецепторного элемента 36 суток. Сенсор калибровали по раствору глюкозо-глутаматной смеси (ГГС), содержащей суммарно 300 мг/дм³ глюкозы и глутаминовой кислоты (1:1), что соответствует значению БПК 205 мг/дм³, согласно ПНДФ [2]. Диапазон определяемых значений БПК, регистрируемый разработанным сенсором составил 0,004-60 мг/дм³. Проведена апробация разработанного сенсора на образцах сточных вод очистных сооружений. Полученные результаты имеют высокую корреляцию с результатами стандартного метода ($R=0,9997$) [1]. Таким образом, разработанный биосенсор превосходит мировые аналоги Central Kagaku Corp., (Япония, Токио), Dr. Lange GmbH (Германия, Берлин), Aucoteam GmbH (Германия, Берлин), Prufgeratetechnik Medingen GmbH (Германия, Дрезден) особенно по значению нижней границы определяемых концентраций (0,004 мг/дм³). Данная особенность позволит анализировать очищенные пробы воды, для которых практически не создано экспресс-анализаторов, т.е. определение БПК в таких пробах сегодня ведется рутинным стандартным методом [1-3].

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы», соглашение № 14.574.21.0062 и гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук, договор № 14.Z56.14.330-MK.

Список использованных источников:

1. ПНДФ 14 1:2:3:4. 123-97. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде в пресных, подземных, питьевых, сточных и очищенных сточных водах. М., 1997. 25с.
2. МВИ 224.01.17.133.2009 Методика выполнения измерений биохимического потребления кислорода в природных и сточных водах по изменению давления газовой фазы (манометрический метод). – М.: 2009. – 16 с.
3. РД 52.24.420-2006. Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений скляночным методом. – Ростов-на-Дону: Росгидромет, 2006. – 14 с.
4. Jouanneau S. et al. Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review // Water research. – 2014. – V. 49. – PP. 62-82.

ДОКЛАДЧИК:

Замышляев Павел Сергеевич
(Zamyshliaev Pavel Sergeevich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГБОУ ВПО «Мордовский
государственный университет им.
Н. П. Огарева» (ФГБОУ ВПО «МГУ
им. Н. П. Огарева»)
(Ogarev Mordovia State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Замышляев Павел Сергеевич
(Zamyshliaev Pavel Sergeevich)
Пятаев Николай Анатольевич
(Pyataev Nikolay Anatolievich)
Жарков Михаил Николаевич
(Zharkov Mikhail Nikolaevich)
Юрлов Иван Александрович
(Yurlov Ivan Aleksandrovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка магнитоуправляемых полиэлектролитных микрокапсул для
направленной доставки лекарственных веществ
Development of magnet-controlled polyelectrolyte microcapsules for targeted
drug delivery

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Представлены разработанные методики синтеза коллоида магнетита, стабилизированного цитратом натрия, и магнитоуправляемых полиэлектролитных микрокапсул на основе такого коллоида. Данная работа открывает возможность дальнейших исследований полученных магнитоуправляемых носителей в живых системах.

Annotation

Methods of synthesis of sodium citrate-stabilized magnetite colloid and of magnet-controlled polyelectrolyte microcapsules based on such colloid are presented. This work makes possible further investigations of the obtained magnet-controlled carriers in living systems.

Ключевые слова: направленная доставка; магнитоуправляемые носители; полиэлектролитные микрокапсулы

Keywords: targeted delivery; magnet-controlled carriers; polyelectrolyte microcapsules

В связи с ростом онкологической заболеваемости, в последнее время всё большее значение приобретают противоопухолевые агенты. Такие вещества в чистом виде обладают огромным спектром серьезных побочных эффектов при их системном введении, поскольку они действуют неизбирательно, и на больные, и на здоровые клетки. Поэтому сегодня весьма актуальны исследования, посвященные разработке систем для направленного транспорта лекарственных веществ. Особенно интересным представляется изучение магнитоуправляемых носителей, распределением которых можно управлять при помощи внешнего магнитного поля. Такие векторы для направленной доставки лекарств, как полиэлектролитные микрокапсулы, не имеют изученной магнитоуправляемой формы. В связи с этим, задачами нашей работы стала разработка методов синтеза магнетита, синтеза самих магнитоуправляемых капсул и методов их физико-химической характеристики.

Коллоидный магнетит для синтеза капсул получали путем осаждения из раствора хлоридов железа (II) и железа (III) в мольном соотношении 1:2 раствором аммиака (реакция Элмора [1]) в атмосфере азота с последующей стабилизацией лимонной кислотой. В предложенной нами методике мы берём избыток лимонной кислоты массой до 1 г. Нагрев суспензии после добавления стабилизатора проводили в течение 90 минут при температуре 95°C.

Следующим этапом является диализ коллоида магнетита, который проводился в течение 72 часов в деионизированной воде со сменой воды каждые 12 часов до отрицательной качественной реакции на хлорид-ионы раствором нитрата серебра.

Методом динамического светорассеяния определили средний размер частиц, который составил 20 ± 5 нм.

Для определения массовой концентрации железа в коллоиде магнетита использовали колориметрию (в соответствии с ГОСТ 4011-72 [2]). Выяснили массовую концентрацию железа (III) в коллоиде магнетита: 5,6 мг/мл.

Изготовление полиэлектролитных микрокапсул основано на послойном нанесении полимеров и частиц магнетита на ядра за счёт электростатического взаимодействия [3].

Синтез ядер. В качестве ядер использовали частицы карбоната кальция [4], которые получали реакцией хлорида кальция с карбонатом натрия при постоянном перемешивании на магнитной мешалке. Проводили контроль формы и размеров ядер на световом микроскопе.

Полученные ядра промывали. Первым слоем на ядра наносили поликатион PAH (полиаллиламин гидрохлорид), так как частицы карбоната кальция заряжены отрицательно. Слой наносился путем добавления к ядрам раствора PAH, инкубации на вортексе и отмывки. Вторым слоем наносили полианион PSS (полистирол сульфонат) так же. Третьим слоем наносили поликатион PAH. Четвёртым слоем наносили частицы магнетита. К суспензии приливали 1,5 мл магнитной жидкости и встряхивали на вортексе 15 минут. Проводили отмывку (двукратное промывание деионизированной

водой, центрифугирование и слив надосадка). Нанесение частиц магнетита и отмывку повторяли 2 раза. Пятым слоем наносили поликатион РАН. Шестым слоем наносили полианион PSS.

Растворение ядер готовых капсул производили с помощью 0,2М раствора ЭДТА.

Работа выполнена при поддержке гранта программы «УМНИК» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (договор № 4165ГУ1/2014 от 08.12.2014).

Список использованных источников:

1. Байбуртский Ф. С. Магнитные жидкости: Способы получения и области применения // Химия и химик. – 2002. – № 3. – С. 24.
2. ГОСТ 4011-72 Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа. М.: Изд-во стандартов, 2010.
3. Sukhorukov G.B., Donath E., Lichtenfeld H. et al. Layer-by-layer self assembly of polyelectrolytes on colloidal particles // Colloids and surfaces. -1998. – V. 137. P. 253- 266.
4. Parakhonskiy B.V., Haase A., and Antolini R. Sub-Micron Vaterite Containers: Synthesis, Substance Loading, and Release // Angew. Chem. Int. Ed. - 2011. – V. 50. – P. 1 – 4.

ДОКЛАДЧИК:

Касимова Регина Рафаиловна
(Kasimova Regina Rafailovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование физико-химических свойств криофилактиков на тромбоцитарных концентратах крови

The study of physical and chemical properties of the cryoprotectant based on the bloodplatelet concentrates

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Вятский государственный гуманитарный университет
(Vyatka State University of Humanities)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Касимова Регина Рафаиловна
(Kasimova Regina Rafailovna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Проблема сохранения живых клеток вне организма человека является весьма актуальной для практической медицины. Так, например, в связи с расширением показаний к применению хирургических методов возросла потребность в постоянном наличии запасов полноценной крови и ее компонентов. Однако необходимые для лечения индивидуума клетки не всегда можно быстро получить в «свежем» виде у подходящего донора. С другой стороны, клетки, выделенные заранее, быстро погибают вне организма при обычной температуре. Вот почему возникла проблема длительного хранения отдельных типов клеток человека, или их консервации.

Annotation

The problem of the living cells preservation outside the human body is highly relevant for practical medicine. Due to the expansion of indications for use of surgical techniques the need for constant availability of the full stock of blood and blood components has increased the need for constant availability of the full inventory of blood and blood components. However, it is not always possible to get the «fresh» individual cells required for treatment from a suitable donor. Otherwise, the blood cells, isolated in advance, die at the normal temperature very quickly. That's why there is a problem of the long-term storage of individual human cell types, or their conservation.

Ключевые слова: кровь; криофилактики; тромбоциты; эффективный метод; криопротекторы; ДМСО; ДМАЦ.

Keywords: blood; platelets; Effective methods; cryoprotectants; DMSO; DMAC.

Тезисы: Трансфузии концентратов тромбоцитов приобрели в последние годы большое значение как эффективное средство терапии геморрагического синдрома, обусловленного недостатком количества или функциональной неполноценностью. Однако необходимые для лечения индивидуума клетки не всегда можно быстро получить в «свежем» виде у подходящего донора. С другой стороны, клетки, выделенные заранее, быстро погибают вне организма при обычной температуре. Вот почему возникла проблема длительного хранения отдельных типов клеток человека, или их консервации. На основе этого можно сформулировать две основные цели: 1. Определить влияние физических и химических факторов на тромбоконцентраты, участвующих в процессе их получения и криоконсервирования. 2. Определить наиболее эффективный метод получения и криоконсервирования тромбоконцентратов крови.

Проведя необходимые эксперименты можно сделать вывод, что

использование 5% раствора ДМСО в качестве криофиликта для замораживания тромбоцитов при температуре -80°C показало его незначительные преимущества перед 2,5% раствором ДМАЦ. Это позволяет нам сделать вывод, что для низкотемпературного консервирования тромбоцитов в качестве криопротектора целесообразнее использовать диметилацетамид, который менее токсичен, чем диметилсульфоксид и не требует отмывания перед трансфузией декриоконсервированных тромбоцитов. Таким образом, получение тромбоконцентрата сепараторным способом и консервирование его при -80°C , используя 2,5% раствора диметилацетамида или 5% раствора диметилсульфооксида, является наиболее эффективным способом низкотемпературного консервирования.

Результаты выполненных исследований свидетельствуют о возможности преимущественного развития консервирования тромбоцитов при умеренно низких температурах в отечественной пластиковой таре. Это позволяет повысить эффективность низкотемпературного консервирования тромбоцитов (увеличить сохранность морфофункциональных свойств кровяных пластинок в процессе замораживания – хранения – оттаивания), значительно упростить его для учреждений службы крови, отказавшись от применения жидкого азота, алюминиевых контейнеров и аппарата программного замораживания.

Список использованных источников:

1. Аграненко В.А., Файштейн Ф.Э., Голубева В.Л. и др. Криоконсервированные тромбоциты и их клиническая эффективность // Гематология и трансфузиология. - 1987. - 5. - С. 22-24.
2. Шраго М.И., Новиков А.Н. и др. Криопротекторы и криоконсерванты (основные направления исследований) // Криобиология. - 1985. - №3. - С. 8-13.
3. Гордиенко Е.А., Пушкарь Н.С. Физические основы низкотемпературного консервирования клеточных суспензий. - Киев: Наукова думка, 1994. - 144 с.
4. Азовская С.А. Криоконсервирование тромбоцитов // Гематология и трансфузиология. - 1995. - Т. 40, 1. - С. 22-24.
5. Аграненко В.А., Ковешникова Б.Ф. Трансфузионная медицина - современные проблемы и перспективы // Гематология и трансфузиология. - 1994. - Т. 39, 1. - С. 41-44.

ДОКЛАДЧИК:

Козин Игорь Игоревич
(Kozin Igor Igorevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Инновационное направление в морфологии – полимерное
бальзамирование биоматериалов
Innovative direction in morphology – polymeric embalming of biomaterials

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Самарский государственный
медицинский университет
(Samara State Medical University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Козин Игорь Игоревич
(Kozin Igor Igorevich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В настоящее время в медицинских учебных заведениях сложился ряд проблем, связанных с недостатками или отсутствием анатомических препаратов. Искусственные аналоги же необоснованно дороги и не полностью повторяют строение человеческого организма. В ходе нашего проекта мы разработали технологию изготовления высококачественных анатомических препаратов из биологического материала. Что очень важно, во всех медицинских учреждениях страны имеется высокая потребность в данных препаратах, при этом они в разы дешевле и проще в производстве, чем зарубежные аналоги.

Annotation

Nowadays medical educational institutions are facing a number of problems connected with deficiency or absence of anatomical preparations. Speaking about artificial analogues, they are too expensive and do not fully match the human body structure. In course of our project we have developed a special technology of high-quality anatomical preparations production of biological material. What is more, all medical schools in Russia have a special need of these preparations; they are cheaper and easier to product than foreign analogues.

Ключевые слова: полимерное бальзамирование; силоксановые полимеры; анатомические макропрепараты; инновации в морфологии

Keywords: polymeric embalming; siloxane polymers; anatomical macropreparations; innovations in morphology

Давайте на минуту представим, что каждый из Вас – студент медицинского ВУЗа. За годы обучения Вам необходимо изучить несколько сотен

заболеваний, симптомов, методов лечения. Но как «театр начинается с вешалки», так и медицина начинается с предмета анатомии. Без нее никуда – любой врач должен иметь в арсенале совершенные знания о строении человеческого тела. Это условие сохраняется со времен Гиппократов и до наших дней. Изучаем анатомию мы как на трупах, так и на отдельных органах. Как вы понимаете, все это хранится в больших ваннах и банках с едким раствором формалина, имеет труднопереносимый запах, очень токсично из-за выделяющихся паров формальдегида, постепенно разлагается и приходит в негодность. Помимо существенного вреда здоровью наблюдается устаревание и сокращение количества препаратов, отсутствие новых. Альтернативой могли стать модели человеческого тела из пластика и силикона, предлагаемые современными разработчиками, однако они не точно повторяют строение и форму органов и тканей. Необходимо было найти решение.

Целью данной работы является разработка технологии изготовления анатомических препаратов из биологического материала, обладающих высокой наглядностью и демонстративностью, отсутствием токсичности и неприятного запаха, способных храниться неограниченное количество времени и недорогих в производстве, которые студенту можно потрогать, повертеть и наглядно изучить всю анатомию человека.

Данная технология получила название «полимерное бальзамирование биоматериалов с использованием силиконовых полимеров» и включает в себя несколько этапов: препаровка биологического материала, обезвоживание, обезжиривание, полимерное бальзамирование, катализаторные реакции, полимеризация под гипертермией.

Полученные на основе данной технологии препараты позволяют решить все вышеозвученные проблемы:

- Препараты не токсичны и лишены запаха;
- Обладает высокой наглядностью и демонстративностью без нарушения цвета, формы и структуры органа;
- У препаратов неограниченный срок хранения на воздухе без соблюдения специальных условий, должного ухода и необходимости лабораторных;
- Неограниченный срок эксплуатации препарата;
- Дешевле зарубежных анатомических препаратов.

По самым скромным подсчетам, потребность в данных препаратах для медицинских учебных заведений составляет около 29000 препаратов. Данный рынок можно расширять за счет кабинетов биологии среднеобразовательных учреждений и учебных заведений стран СНГ.

Таким образом, в ходе нашей работы мы разработали технологию изготовления анатомических препаратов с высокими наглядными качествами без нарушения цвета, формы и структуры органа, с неограниченным сроком эксплуатации и хранения на воздухе. Препараты лишены недостатков формализированных и полностью искусственных препаратов. Использование доступных технических силиконовых полимеров в данной технологии позволяет снизить сроки изготовления препаратов, а также гораздо уменьшить цену за готовый продукт.

Список использованных источников:

1. Козин И.И., Мусаев А.Б., Зеброва Т.А. Полимерное бальзамирование анатомических препаратов. Первые результаты, возможные перспективы/ VIII Всероссийская итоговая студенческая научная конференция, сборник материалов, Самара, 2014. – 275 с.: ил.
2. Petrov E.S., Kozin I.I., Musaev A.B., Zebrova T.A. Anatomical macropreparations polymeric embalming with technical polymers/ XIII International Congress of Medical Sciences, Abstract Book, Sofia, Bulgaria, 2014. – 327 p.

ДОКЛАДЧИК:

Кондранова Анастасия
Михайловна
(Kondranova Anastasia Mikhaylovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Изучение противогрибковой и антимикробной активности
фенолгликозидов
Research of antifungal and antimicrobial activity of fenolglycosides

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный
Исследовательский Томский
политехнический университет (НИ
ТПУ)
(National Research Tomsk
Polytechnic University (NR TPU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Кондранова Анастасия
Михайловна
(Kondranova Anastasia Mikhaylovna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Некоторые препараты, изготовленные на основе коры осины (*Populus tremula*) являются популярными лекарственными средствами для лечения различных заболеваний. На сегодняшний день, изучение противогрибковой и антибактериальной активности фенолгликозидов из коры осины мало изучена. Все больше и больше происходит значительное увеличение числа микроорганизмов, устойчивых к антибиотикам, что создает необходимость поиска в новых, более эффективных и сильных антибиотиков.

Annotation

Some of the preparations based on the bark of aspen (*Populus tremula*) are popular drugs for the treatment of various diseases. Today, the study of antifungal and antibacterial activity from the bark of aspen fenolglycosides, is less well understood. Increasingly, there is a significant increase in the number of microorganisms resistant to antibiotics, which creates the need to find a new, more efficient and powerful antibiotics.

Ключевые слова: фенолгликозиды, противомикробная активность, противогрибковая активность, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Bacillus subtilis*

Keywords: fenolglycosides, antifungal and antimicrobial activity, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Bacillus subtilis*

Изучение противомикробной и противогрибковой активности *in vitro* основана на динамики роста культуры микроорганизмов *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Bacillus subtilis*. Определение антимикробной активности антибиотиков основано на их способности угнетать, рост микроорганизмов. Определение проводили методом дисков на плотной питательной среде путем сравнения размеров зон угнетения роста тест-микроорганизмов [1]. Изучение противомикробной и противогрибковой активности *in vitro* основана на угнетении роста культуры тестируемых микроорганизмов *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Bacillus subtilis* [1]. Эти микроорганизмы являются условно патогенными. Кандидозы труднее поддаются антибиотикотерапии [3].

Исследование проводили методом дисков на плотной питательной среде, по методике, приведенной в ГФ Х [2]. Были исследованы следующие соединения: салицин, салирепозид, тремулацин, гелицин, крезилглюкозид, 4-гидроксibenzoил-салирепин, салициловый эфир ванилиновой кислоты. Данные феногликозиды были синтезированы или выделены (тремулацин) из коры осины на кафедре БИОХ, НИ ТПУ [4].

Таблица 1 – Описание исследуемых образцов гемостатических губок

соединения	Микроорганизмы		
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Candida utilis</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
салицин (1)	- (50);*	+ (0,5)	+ (0,5)
салирепозид (2)	+ (0,5)	- (0,5)	- (0,5)
дезоксисалирепозид (3)	- (0,5)	- (0,5)	+ (0,5)
ваниллоил- салирепин (4)	- (10)	+ (10)	+ (10)
4-гидроксibenzoил-салирепин (5)	- (10)	+ (10)	+ (10)
Гелицин (6)	- (0,5)	+ (0,5)	+ (0,5)
крезилглюкозид (7)	+ (0,5)	+ (0,5)	- (0,5)
тремулацин (8)	- (0,5)	+ (0,5)	- (0,5)

На основании полученных данных сделаны следующие выводы:

Pseudomonas aeruginosa устойчива к действию семи протестированных фенолгликозидов, за исключением крезилглюкозида;

Candida albicans оказалась наиболее чувствительным микроорганизмом к действию данных фенолгликозидов, за исключением дезоксисалирепозид;

1. Ни один из исследованных фенолгликозидов не показал себя активным во всех случаях;

2. *Bacillus subtilis* во всех тестируемых концентрациях угнетался половиной тестируемых фенолгликозидов;

3. Более активными ингибиторами роста оказались эфиры гидроксибензойных кислот и фенолгликозидов (ваниллоил- салирепин, 4-гидроксibenzoил-салирепин);

4. Наиболее активны фенолгликозиды, содержащие дополнительное количество ОН групп в агликоне или в ацильном фрагменте;
5. В целом ингибирующий эффект зависит от количества ОН групп в структуре. Угнетение роста микроорганизмов проявляется посредством ингибирующего влияния тестируемых соединений на ферментные системы. Возможно, механизм ингибирования связан с образованием водородных связей между тестируемыми соединениями и белками.

Список использованных источников:

1. <http://www.antibiotic.ru/ab/001-07.shtml>
2. Государственная фармакопея СССР. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. - X изд. Вып. 2. М.: «Медицина» 1990. - С. 210-224.
3. Капустина О.А., Карташова О.Л. Сравнительная антимикробная активность антибиотиков группы цефалоспоринов, модифицированных механическим измельчением с сорбцией на наноструктурированных частицах диоксида кремния // Фундаментальные исследования Научный журнал ISSN 1812-7339. 2011. Т. 2. №9. -С.234-237.
4. Stepanova E.V. First total chemical synthesis of natural acyl derivatives of some phenolglycosides of the family Salicaceae / Belyanin, M.L., Stepanova, E.V., Ogorodnikov, V.D. // Carbohydr. Res., 2012. - V. 363. - P. 66-72.
5. Степанова Е.В. Ацилированные фенолгликозиды Populus tremula / Степанова Е.В., Белянин М.Л. // Кластер конференций по органической химии «ОргХим - 2013»: тезисы докладов, Санкт-Петербург, 17-21 Июня 2013. - СПб: СПбГУ, 2013 - С. 423-424.

ДОКЛАДЧИК:

Краснова Диана Равилевна
(Krasnova Diana Ravilevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование потребительских свойств биоразлагаемых материалов
The research of consumer properties of biodegradable materials

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Российский экономический
университета имени Г.В.
Плеханова (РЭУ им. Г.В.
Плеханова)
(Plekhanov Russian University
of Economics (PRUE))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Краснова Диана Равилевна
(Krasnova Diana Ravilevna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Данная работа посвящена изучению основных характеристик биоразлагаемых упаковочных материалов. На примере четырёх экспериментальных образцов полиэтилена с природными наполнителями, полученных в ИБХФ РАН, были рассмотрены некоторые органолептические и физико-химические свойства биоразлагаемых материалов. Проведено сравнение свойств экспериментальных образцов с традиционным упаковочным материалом – полиэтиленом высокого давления и биоразлагаемым полилактидом. Осуществлено анкетирование экспертной группы с целью определения области применения образцов, установлена пригодность к использованию в качестве упаковки и выделены преимущества.

Annotation

Certain work is dedicated to exploration of packaging materials' main properties, characteristics and functions. We considered the methods of obtaining materials with improved environmental properties, advantages and disadvantages of materials with environmental filler. 4 samples were obtained by experimental methods at the N.M. Emanuel Institute of Biochemical Physics (Russian Academy of Sciences (IBCP)). There was composed a questionnaire for experts to determine the using of the samples. According to the research, we have established the suitability of biomaterials for packaging, we determined importance of biodegradable materials and their difference from other materials.

Ключевые слова: экологическая безопасность; биоразложение; свойства; композиционные материалы

Keywords: environmental safety; biodegradation; properties; composite materials
С развитием тароупаковочной отрасли в России появляются новые упаковочные материалы. Проблема в том, что растёт количество твердых бытовых отходов. Поэтому ученых заинтересовал вопрос о способности материалов разлагаться по истечении определенного количества времени. Целью работы является изучение потребительских свойств новых биоразлагаемых композиционных материалов, полученных частично из возобновляемого сырья для создания экологически безопасных упаковочных материалов, разработанных в Институте биохимической физики им. Н.М. Эммануэля РАН (ИБХФ РАН).

Для достижения вышеуказанной цели были поставлены следующие задачи: изучение строения, потребительских свойств биоразлагаемых

Рис. 1 - Полиэтилен, наполненный кострой

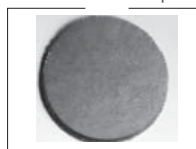


Рис. 2 - Полиэтилен, наполненный лузгой



Рис. 3 - Полиэтилен, наполненный листьями



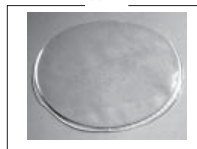
Рис. 4 - Полиэтилен, наполненный соломой



Рис. 5 - Полилактид



Рис. 6 - Полиэтилен высокого давления



материалов, определение их функциональных возможностей и проведение экспериментальных исследований.

В качестве объектов исследования были использованы образцы биоразлагаемых материалов, разработанных в Институте биохимической физики им. Н.М. Эммануэля РАН (ИБХФ РАН), предоставленные для исследования доцентом Пантюховым П.В.

Для сравнения полученных результатов, использовали чистый упаковочный материал – полиэтилен высокого давления (ПЭВД) марки 15803-020 и новый биоразлагаемый полимер – полилактид (ПЛА).

Характеристика образцов, внешний вид и описание представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика объектов исследования

N	Наименование объекта	Описание внешнего вида	Состав
1	Полиэтилен, наполненный кострой	Полупрозрачный с наполнителем желтого и коричневого цвета, просвечивает в тонких слоях	70% ПЭВД, 30% отход текстильных производств
2	Полиэтилен, наполненный лузгой подсолнечника	Полупрозрачный с наполнителем желтого и коричневого цвета, просвечивает в тонких слоях	70% ПЭВД, 30% отход при производстве растительного масла
3	Полиэтилен, наполненный листьями	Полупрозрачный с наполнителем желтого и коричневого цвета, просвечивает в тонких слоях	70% ПЭВД, 30% листья березы
4	Полиэтилен, наполненный пшеничной соломой	Полупрозрачный с наполнителем желтого и коричневого цвета, просвечивает в тонких слоях	70% ПЭВД, 30% солома злаковая
5	Полилактид	Прозрачный образец, глянцевый блеск	Алифатический полиэфир, мономером которого является молочная кислота. Сырье для производства: кукуруза и сахарный тростник.
6	Полиэтилен низкой плотности (ПЭВД)	Прозрачный образец, матовый блеск	Композиция полиэтилена высокого давления низкой плотности

Внешний вид исследуемых образцов представлен на рис. 1 – 6.

При исследовании предложенных образцов использовали методы: визуальный (осмотр, описание объектов), лабораторные методики (микроскопии, методики определения паропроницаемости, водопоглощения, влагопоглощения из паров воды, методики определения устойчивости к миграции в жидких средах), а также методику анкетирования экспертной группы.

На первом этапе работы проводили исследование образцов визуально по внешнему виду (на отражение и просвет).

На следующем этапе работы, были изучены некоторые свойства экспериментальных образцов.

После проведения исследований микроскопии был сделан ряд выводов по каждому образцу, как показано в таблице 2.

Наполнители имеют однородную структуру, заметны частицы наполнителя, распределенные в полиэтилене. По тактильным ощущениям – наполненные

Таблица 2 – Изображение образцов при увеличении

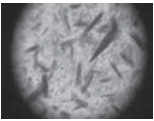
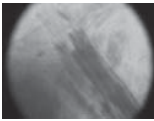
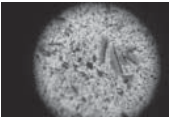
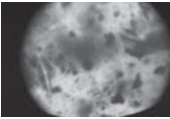
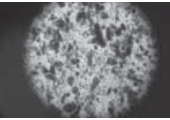
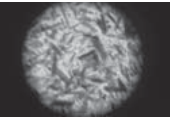
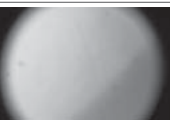
N	Наименование объекта	Увеличение в 100 раз	Увеличение в 400 раз
1	ПЭ, наполненный кострой		
2	ПЭ, наполненный лузгой		
3	ПЭ, наполненный листьями		
4	ПЭ, наполненный соломой		
5	Полилактид	-	-
6	ПЭВД		-

Рис. 7 - Кинетическая кривая паропроницаемости для полиэтилена, наполненного кострой

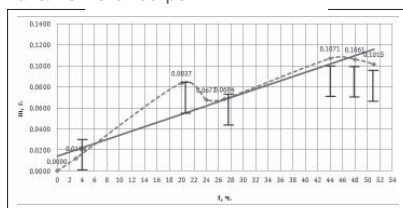


Рис. 8 - Кинетическая кривая паропроницаемости для полиэтилена, наполненного лузгой

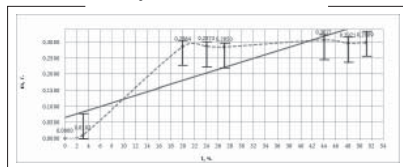


Рис. 9 - Кинетическая кривая паропроницаемости для полиэтилена, наполненного листьями

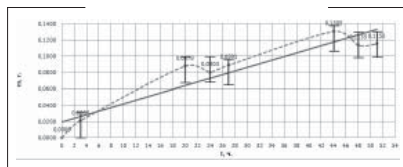


Рис. 10 - Кинетическая кривая паропроницаемости для полиэтилена, наполненного соломой

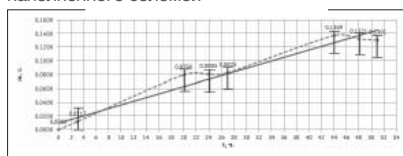


Рис. 11 - Кинетическая кривая паропроницаемости для полилактида

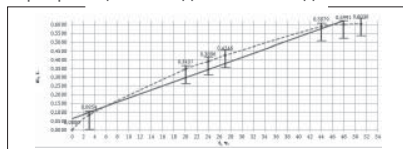
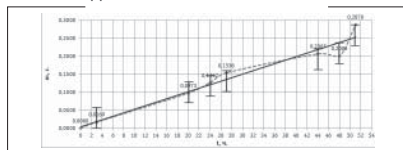


Рис. 12 - Кинетическая кривая паропроницаемости для полиэтилена высокого давления



пленки приятны на ощупь.

Влагообменные свойства, намокаемость, влагопроницаемость и т.п. очень важны для определения функционального назначения.

Паропроницаемость [11] определяли «методом стаканчика» [2] для всех 6 предложенных образцов.

На рисунках 7-12 приведены кинетические кривые паропроницаемости для всех образцов.

Паропроницаемость рассчитали в величинах – мг /см²•час, а затем провели пересчет с учетом толщины – в коэффициент паропроницаемости: мг /см² час / см = мг/см•час. Эта величина приведена в столбце 5 таблицы 3.

Таблица 3 – Показатели паропроницаемости образцов и толщина образцов

N	Наименование образца	Толщина, см	П, мг/ч	П, мг/см•час	П, г/м²•сутки
1	ПЭ, наполненный кострой	0,015	4	$2,53 \cdot 10^{-3}$	14,2
2	ПЭ, наполненный лузгой	0,015	12	$7,58 \cdot 10^{-3}$	41,9
3	ПЭ, наполненный листьями	0,014	5	$2,94 \cdot 10^{-3}$	16,1
4	ПЭ, наполненный соломой	0,030	4	$5,10 \cdot 10^{-3}$	18,3
5	Полилактид	0,0016	20	$1,35 \cdot 10^{-3}$	84,7
6	ПЭВД	0,009	5	$1,89 \cdot 10^{-3}$	40,3

По результатам таблицы видно, что наименьшую величину паропроницаемости имеют полилактид и исходный полиэтилен. Наиболее высокая паропроницаемость у образцов, наполненных лузгой подсолнечника и соломой, т.к. введенный наполнитель дополнительно формирует микрополости, поры и т.п.

Если ориентироваться на принятую величину проницаемости в г/см²•сут., то эти величины показывают, что 1-4 образцы обладают высокими влагообменными свойствами.

Полученные величины паропроницаемости хорошо согласуются с величинами влагопоглощения образцов и набухания в воде (водопоглощение [2]). Как показано в таблице 4. ПЭ, самый неполярный полимер, обладает самой малой величиной влагопоглощения, а наполненные образцы имеют высокую гигроскопичность и водопоглощение за счет природных полярных полимеров – полисахаридов – от 18,5% до 25,3%, за исключением соломой, в которой вероятнее всего большее количество лигнина, чем в других материалах.

Таблица 4 – Показатели водопоглощения образцов

N	Наименование образца	Водопоглощение, %
1	ПЭ, наполненный кострой	18,5
2	ПЭ, наполненный лузгой	25,3
3	ПЭ, наполненный листьями	24,8
4	ПЭ, наполненный соломой	2,1
5	Полилактид	4,6
6	ПЭВД	0,3

Сорбционное влагопоглощение не приводит к столь сильному увлажнению материала, как водопоглощение (табл. 5).

Таблица 5 – Показатели влагопоглощения образцов

N	Наименование образца	Влагопоглощение в процессе влагопереноса, %
1	ПЭ, наполненный кострой	12,5
2	ПЭ, наполненный лузгой	12,1
3	ПЭ, наполненный листьями	11,3
4	ПЭ, наполненный соломой	9,1
5	Полилактид	2,5
6	ПЭВД	0,2

По прочности композиционные материалы не значительно уступают полиэтилену и могут быть использованы в качестве упаковочных, заменяя традиционные полиолефины (табл. 6).

Таблица 5 – Показатели влагопоглощения образцов

N	Наименование образца	Прочность при растяжении [4], Мпа	Относительное удлинение при разрыве, %
1	ПЭ, наполненный кострой	9,3	12
2	ПЭ, наполненный лузгой	6,9	9,4
3	ПЭ, наполненный листьями	7,1	12
4	ПЭ, наполненный соломой	9,5	9,1
5	Полилактид	10	300
6	ПЭВД	10,4	420,4

Рис. 13 – Сравнение результатов после выдержки образцов в дистиллированной воде



Рис. 14 – Сравнение результатов после выдержки образцов в растворе этилового спирта



При определении устойчивости наполненных образцов к действию жидких сред (дистиллированной воды [3] и раствора этилового спирта) показывает, что происходит изменение цвета жидкости (рис. 13-14). Это свидетельствует о том, что происходит миграция низкомолекулярных веществ, природных красителей из образцов, поэтому такие материалы непригодны для производства упаковки, контактирующей с влажными или жидкими средами.

На последнем этапе работы был проведен экспертный анализ пригодности к практическому использованию исследованных образцов и их целевому назначению.

Резюмируя опрос экспертов, можно сделать заключение, что большинство специалистов склоняются к тому, что основной сферой применения наполненных ПЭ пленок является упаковка непродовольственных товаров (мешки, лотки). Отмечено, что в данном виде образцы 1-4 вряд ли могут использоваться, однако они могут служить лотками-поддонами для рассады, упаковочными средствами для строительных материалов и других промтоваров и не пригодны для контакта с жидкими средами.

Экспертами были отмечены достоинства данных материалов: низкая стоимость, лёгкость изготовления (стандартными способами) и способность к разложению.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 17527-2003 «Упаковка. Термины и определения»
2. ГОСТ 22900-78 «Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения паропроницаемости и влагопоглощения»
3. ГОСТ 6709-72 «Вода дистиллированная. Технические условия»
4. ГОСТ 14236-81 «Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение»
5. Власов С. В., Ольхов В. В. Биоразлагаемые полимерные материалы // Полимерные материалы. 2006, № 7. – 23-26 с.
6. Мирошниченко И.И., Экологические проблемы биodeградации полиуретана в различных почвенных условиях: Диссертация (к.б.н.) Петрозаводск, 2011. – 137 с.
7. Неверов А.Н., Чалых Т.И., Шипилова С.С., Товароведение и организация торговли непродовольственными товарами: Учебник – М.: Академия, 2014. – 560 с.
8. Пантюхов П.В., Деструкция материалов на основе ПЭВД и природных наполнителей // Пластические массы. – 2012, №2
9. Пехташева Е.Л., Биоповреждения непродовольственных товаров: Учебник – М.: Дашков и К., 2013. – 332 с.
10. Чалых Т.И., Коснырева Л.М., Пашкевич Л.А., Товароведение упаковочных материалов и тары для потребительских товаров: Учебн. пособ. М.: ИЦ Академия. – 2005. – 368 с.
11. Чалых А.Е., Диффузия в полимерных системах: Учебник – М.: Химия, 1987. – 312 с.
12. E. Rudnik and D. Briassoulis, J. Polym. Environ., 19, 18 (2011)
13. Preparation, Structure, and Properties of Biocomposites Based on Low Density Polyethylene and Lignocellulosic Fillers P. Pantyukhov, N. Kolesnikova, A. Popov
14. Y.Y. Then, N.A. Ibrahim and W.Z.W. Yunus, J. Polym. Environ., 19, 535 (2011)
15. www.znaytovar.ru

ДОКЛАДЧИК:

Крошка Дмитрий
Владимирович
(Kroshka Dmitry Vladimirovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Ставропольский государственный
медицинский университет
(Stavropol state medical university)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Крошка Дмитрий Владимирович
(Kroshka Dmitry Vladimirovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Создание принципиально нового устройства для воспроизведения стереотипов движения нижней челюсти пациента относительно верхней вне полости рта

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

«Высокоточный артикулятор индивидуальный челюстной» построено на принципе стереографического дублирования индивидуальных траекторий движений нижней челюсти. Использование данного принципа может позволить повысить точность воспроизведения стереотипов движений нижней челюсти пациента вне полости рта. Применение устройства в комплексе ортопедического лечения может способствовать созданию протезов, отличающихся высокой индивидуализацией за счет учета при их конструировании индивидуальных особенностей работы зубочелюстно-лицевой системы пациента.

Annotation

The "High-precision individual jaw articulator" was built on the principle of stereographic duplication of individual trajectories of movement of the mandible relative to the maxilla. Using this principle can afford to achieve the highest fidelity stereotypes jaw movements of the patient outside the mouth. Using the device in complex of the orthopedic treatment can help to create dentures, which have the highest degree of individualization by taking into account when we designing the individual characteristics of the functioning of stomatognathic system of the patient.

Ключевые слова: артикулятор; зубное протезирование; окклюзия зубных рядов; стереотипы движений нижней челюсти.

Keywords: Articulator; denture; occlusion of dentition; patterns of the jaw movements.

Актуальность НИОКР. Лечение пациентов с патологией зубочелюстно-лицевой системы предполагает выбор индивидуальной тактики лечения. В связи с этим, рациональное протетическое лечение пациентов с дефектами твердых тканей, дефектами зубных рядов, полной потерей зубов и иной патологией невозможно без учета индивидуальных особенностей функционирования их зубочелюстно-лицевой системы. В частности, необходимо детальное воспроизведение индивидуальных параметров движений нижней челюсти пациентов вне полости рта как на этапах обследования, так и на этапах изготовления протетических конструкций.

Однако, существующие устройства, воспроизводящие движения нижней челюсти пациентов, не позволяют добиться точного воспроизведения стереотипов движений нижней челюсти пациента вне полости рта. Так возникает несоответствие положений боковых и передней окклюзии, воспроизводимых в артикуляторе таковым в полости рта. Это, в свою очередь, связано:

1. с ошибками, возникающими в связи с применением лицевой дуги;
2. с упрощением сложного S-образного пути суставной головки до линейного;
3. с использованием средних стандартных параметров суставных путей;
4. с исключением трехмерной настройки резцовых элементов;
5. с использованием стандартных симметричных калотт для воспроизведения окклюзионных кривых Шпее и Уилсона;
6. с применением среднеанатомических уровней и ориентиров расположения окклюзионной плоскости.

На основании вышеизложенного, создание и внедрение в клиническую практику устройства, осуществляющего точное воспроизведение индивидуальных параметров движений нижней челюсти пациентов вне полости рта, является перспективным и позволит добиться повышения эффективности лечения пациентов с патологией зубочелюстно-лицевой системы.

Научная новизна. Разработано и спроектировано устройство «Высокоточный артикулятор индивидуальный челюстной» (патент РФ 140377), позволяющее точно воспроизводить стереотипы движений нижней челюсти относительно верхней за счет использования принципа стереографической записи траекторий перемещения нижней челюсти в пространстве и их переноса в суставные и резцовые капсулы устройства.

Цель НИОКР: повышение эффективности лечения пациентов с патологией

зубочелюстно-лицевой системы.

Задачи НИОКР:

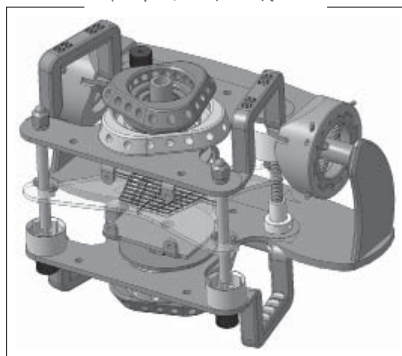
1. Осуществить прототипирование устройства «Высокоточный артикулятор индивидуальный челюстной».
2. Провести лабораторные испытания прототипов устройства «Высокоточный артикулятор индивидуальный челюстной».
3. Провести корректировку прототипов устройства «Высокоточный артикулятор индивидуальный челюстной» на основе данных, полученных от лабораторных испытаний.
4. Провести клинические испытания прототипов устройства «Высокоточный артикулятор индивидуальный челюстной».
5. Провести корректировку прототипов устройства «Высокоточный артикулятор индивидуальный челюстной» на основе данных, полученных от клинических испытаний.
6. Подготовить устройство «Высокоточный артикулятор индивидуальный челюстной» к серийному производству.

Материалы и методы. Проведен обзор отечественной и иностранной литературы по проблеме. Осуществлен патентный поиск в базах патентов РФ, США, Канады, Евросоюза, Австралии. Для создания проекта устройства, использован метод компьютерного 3d-проектирования с применением программного продукта Компас-3d. Для проверки компьютерной модели устройства (рис. 1) на наличие ошибок проектирования использован программный продукт Materialise Magics. Для изготовления прототипов устройства выбран метод быстрого прототипирования с использованием 3d-печати из ABS-пластика и фрезерования из алюминия с использованием станка с ЧПУ.

Лабораторные испытания прототипов устройств будут направлены на определение работоспособности прототипов, их совместимости с современными дополнительными и основными стоматологическими материалами, используемыми в ортопедической стоматологии. Клинические испытания будут направлены на применение прототипов устройств на этапах обследования и лечения пациентов с патологией зубочелюстно-лицевой системы (группа 30 испытуемых), и сравнение с результатов лечения с данными, полученными в группе сравнения (30 испытуемых, с патологией зубочелюстно-лицевой системы, прошедших обследование и лечение с применением другого артикулятора). Для оценки результатов лечения запланировано проведение комплексного обследования состояния зубочелюстно-лицевой системы пациентов с применением комплекса биофункциональной диагностики «Биопак» (Bioresearch, США). Обследование будет включать в себя: электромиографию жевательных мышц (BioEMG, Bioresearch, США), электронную регистрацию окклюзии зубных рядов (T-Scan, Tekscan, США), электронную гнатографию (JT3D, Bioresearch, США), электронную сонографию (BioJVA, Bioresearch, США), анализ стереотипов жевания (Mastication Analysis, Bioresearch, США).

Результаты. Получена финансовая поддержка от Ставропольского государственного медицинского университета в виде гранта на реализацию проекта (договор №1). Создано техническое задание по созданию устройства. Проведено проектирование устройства, создана компьютерная 3d-модель устройства (сборка). Проведена проверка компьютерной модели устройства на наличие ошибок проектирования. Модель устройства подготовлена к прототипированию. Осуществлено прототипирование части деталей прототипа устройства методом 3d-печати из ABS-пластика. Осуществлено прототипирование части деталей прототипа устройства методом фрезерования из алюминия. Получено авторское свидетельство на полезную модель «Высокоточный артикулятор индивидуальный челюстной» (патент RU 140377 от 27 ноября 2013). Разрабатываемый проект прошел в федеральный преакселератор технологических стартапов GenerationS 2015. Для дальнейшей реализации НИОКР необходимо дополнительное финансирование для завершения прототипирования устройства, проведения лабораторных испытаний, регистрации устройства медицинского назначения и приобретения расходных материалов для клинических испытаний (биофункциональной диагностики зубочелюстно-лицевой системы пациентов).

Рис. 1 - Компьютерная 3d модель устройства «Высокоточный артикулятор индивидуальный челюстной» (сборка, общий вид)



ДОКЛАДЧИК:

Куликов Д. А.
(Kulikov D.A.)
Член экспертной группы

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Ученый секретарь ГБУЗ
МО МОНИКИ им. М.Ф.
Владимирского, руководитель
группы регенеративной
медицины, старший научный
сотрудник ФГБУН ИТЭБ РАН
(associate Professor, Scientific
Secretary of Moscow Regional
Research and Clinical Institute
("MONIKI"), head of laboratory
of regenerative medicine, Senior
Researcher of ITEB of RAS)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Куликов Д. А.
(Kulikov D.A.)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Клеточные и тканеинженерные технологии для лечения заболеваний
органов желудочно-кишечного тракта

ТЕЗИСЫ:

Освещены современные подходы к лечению патологий желудочно-кишечного тракта с применением методов регенеративной медицины, представлены перспективные направления исследований в эксперименте и клинике, дана информация о правовом регулировании. Описан собственный опыт коллаборации коллективов, занимающихся фундаментальными исследованиями в области биологии, и специалистов практической медицины в разработке новых технологий от этапа эксперимента на лабораторных животных до исследований в клинике.

ДОКЛАДЧИК:

Курилова Анастасия
Александровна
(Kurilova Anastasia
Aleksandrovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный
исследовательский Томский
политехнический университет (НИ
ТПУ)
(National Research Tomsk
Polytechnic University (NR TPU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Курилова Анастасия
Александровна
(Kurilova Anastasia Aleksandrovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Определение механизма бактерицидного действия наносекундного
электронного пучка в водных средах
Investigation of the mechanism of bactericidal action of nanosecond electron
beam in aqueous medium

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В работе рассматривается возможность использования наносекундного электронного пучка для обеззараживания сточных вод. На примере культур *E. coli* и *B. subtilis* было установлено, что наносекундный электронный пучок является эффективным дезинфицирующим агентом.

Annotation

The objective of the study is to consider the possibility of applying the nanosecond electron beam for disinfecting wastewater. On the example of *E. coli* and *B. subtilis* cultures, it has been shown that the nanosecond electron beam is an effective disinfecting agent.

Ключевые слова: бактерицидный эффект; обеззараживание; сточные воды; электронный пучок; биотехнология

Keywords: bactericidal effect; decontamination; wastewater; electron beam; biotechnology

В наши дни все более остро встает проблема дефицита чистой воды. Это связано с перенаселением планеты и, как следствие, с ростом потребления пресной воды. Сброс неочищенных сточных вод в водные источники приводит к микробиологическим загрязнениям. Для решения этой проблемы широко применяются химические методы обеззараживания (хлорирование, озонирование), однако в этом случае в воде образуются токсичные соединения. Таким образом, достойную альтернативу применяемым методам может составить обеззараживание воды наносекундным электронным пучком.

В настоящее время исследователями выявлен широкий спектр применения наносекундного электронного пучка для радиохимической стерилизации. Данный метод может быть использован для стерилизации медицинских инструментов, перевязочных материалов, а также в пищевой промышленности для обеззараживания тар [1]. Кроме того, в ряде работ указывается на возможность применения электронного пучка для очистки бытовых сточных вод от органических примесей, нефтепродуктов и отходов текстильной промышленности [2, 3]. На основании этого мы можем сделать вывод о перспективности использования электронного пучка в качестве стерилизующего агента для дезинфекции сточных вод.

На сегодняшний день известен эффективный способ обеззараживания

вод воздействием непрерывного ионизирующего излучения. Однако в этом случае облучение всего объема очищаемой воды приводит к увеличению мощности источника ионизирующего излучения и усложняет защиту от него обслуживающего персонала [4]. Разными группами ученых было установлено, что при использовании наносекундного электронного пучка эффективная стерилизующая доза снижается [5], что позволяет значительно уменьшить расход энергии, и является более безопасным для персонала.

Целью работы являлось определение бактерицидного действия электронного пучка на различные группы микроорганизмов, обитающие в сточных водах. Эксперименты проводились на примере *Escherichia coli* и *Bacillus subtilis*.

Рабочие суспензии готовили из культур *Escherichia coli* и *Bacillus subtilis* в стационарной фазе роста (по литературным данным, в этой фазе микроорганизмы наиболее устойчивы к воздействию ионизирующего излучения) [6]. Для этого культуры выращивали на соответствующих питательных средах при температуре 37°C в течение 18 часов, после чего готовили бактериальные взвеси. Далее производили разведения в соответствии с СО мутности бактериальных взвесей (СОП № 1-98, 5 ед.). После разведения концентрация клеток составила примерно $0,6 \times 10^9$ клеток/мл для *E. coli* и $0,02 \times 10^9$ кл/мл для *B. subtilis*. Полученные микробные взвеси в стерильных условиях помещали в кюветы и подвергали облучению на электронном ускорителе (использовались ускорители ТЭУ-500 и Астра-М), поглощенные дозы составили 0,17, 0,34, 1 и 2 Мрад для каждой из культур.

После облучения стерильным шприцом производили забор микробной суспензии из кюветы и делали посев на плотную питательную среду. Параллельно проводили контрольный посев микробной культуры и контроль стерильности питательной среды. Материалы помещали в термостат при 37°C. Наблюдали через 24 и 48 часов.

Культура *E. coli* показала способность к росту после облучения с поглощенными дозами 0,17 и 0,34 Мрад. В этих случаях микробные колонии можно было наблюдать уже через 24 часа после посева. Однако после облучения с поглощенными дозами 1 и 2 Мрад микробный рост не проявился ни через 24, ни через 48 часов.

Культура *B. subtilis* проявила способность к активному росту после облучения с поглощенными дозами 0,17, 0,34 и 1 Мрад. Колонии, так же, как и в случае с *E. coli*, наблюдались уже через 24 часа. Однако облучение с поглощенной дозой 2 Мрад оказывало бактерицидный эффект – микробный рост не был обнаружен ни через 24, ни через 48 часов (таблица 1).

Таблица 1 – контроль роста культур *E. coli* и *B. subtilis* после облучения

Микроорганизм	Поглощенные дозы, Мрад					Контроль среды
	0	0,17	0,34	1	2	
<i>B. Subtilis</i> $0,02 \times 10^9$ кл/мл	+	+	+	+	-	-
<i>E. coli</i> $0,6 \times 10^9$ кл/мл	+	+	+	-	-	-

Такая разница в величине эффективной стерилизующей дозы обусловлена свойствами самих микроорганизмов. *B. subtilis* относится к спорообразующим бактериям, соответственно существует вероятность образования спор, чем и объясняется его более высокая устойчивость к облучению. Кроме того, *E. coli* является грамотрицательным микроорганизмом, а *B. subtilis* – грамположительным. Грамположительные бактерии отличаются меньшей радиочувствительностью [6], что связано с более прочным строением клеточной стенки по сравнению с грамотрицательными бактериями. Таким образом, для разных групп микроорганизмов эффективные стерилизующие дозы различны.

В ходе работы было выявлено, что при поглощенной дозе 1 Мрад проходит полное обезвреживание культуры *E. coli*, а при поглощенной дозе 2 Мрад – культур *E. coli* и *B. subtilis*. Таким образом, на примере культур *E. coli* и *B. subtilis* было показано, что наносекундный электронный пучок обладает бактерицидным эффектом и является эффективным обеззараживающим агентом для очистки сточных вод.

Список использованных источников

1. Kotov Y.A., Sokovnin S.Y. Overview of the application of nanosecond electron beams for radiochemical sterilization. IEEE Transactions on Plasma Science, 28 (1), 2000, pp. 133-136.
2. Hashim S.A., Bakar K.A., Othman M.N. Electron beam accelerator: A new tool for environmental preservation in Malaysia. AIP Conference Proceedings 1482; 2012, pp. 210-213.
3. Wilson A. Parejo Calvo, Celina L. Duarte, Luci Diva B. Machado et al. Electron beam accelerators – trends in radiation processing technology for industrial and environmental applications in Latin America and the Caribbean. Radiation Physics and Chemistry 81; 2012, pp. 1276–1281.
4. Патент РФ № 2002104170/15, 18.02.2002. Юнда Н. Т. Способ и устройство очистки жидких и газообразных сред // Патент России № 2219136. 2002.
5. Соковнин С. Ю. Дисс. ... докт. техн. наук. Екатеринбург: Уральский государственный технический университет, 2005. 247 с.
6. Туманян М. А., Каушанский Д. А. Радиационная стерилизация. М.: Медицина, 1974. 304 с.

ДОКЛАДЧИК:

Курилова Анастасия
Андреевна
(Kurilova Anastasia Andreevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Конструирование препаратов на основе флавоноидов расторопши
пятнистой, конъюгированных с коллоидными частицами селена и золота,
и изучение их биодинамических параметров

Designing a new drug based on the selenium gold nanoparticles and
flavonoids of milk thistle and researches their biodynamic characteristics

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Саратовский государственный
аграрный институт им. Н.И.
Вавилова
(Saratov State Agrarian University
named after N.I. Vavilov)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Курилова Анастасия Андреевна
(Kurilova Anastasia Andreevna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В данной работе обобщены результаты исследований фармакодинамических параметров прототипов препарата флавоноидов расторопши пятнистой(салимарина), конъюгированных с наночастицами селена и золота. Результаты исследований позволяют говорить о том, что полученные прототипы препаратов является весьма эффективным переносчиком лекарственных веществ, обладает гепатопротекторным свойством, низкой токсичностью.

Anotation

This research is a complex of results of research of pharmacodynamic characteristics of new drugs, which is based on selenium and gold nanoparticles and flavonoids of milk thistle. The results of our research allow saying about effective characteristics as a transmitter of drugs. New drugs are also have hepatoprotective effect. The new drugs are nontoxic.

Ключевые слова: Наночастицы, селен, силимарин, гепатопротектор, коллоидное золото

Keywords: Nanoparticles, selenium, silimarin, hepatoprotector, gold nanoparticles

В настоящее время исследовательскими группами уделяется большое внимание синтезу и изучению свойств различных наноматериалов, в частности – наночастиц.

Большое количество положительных свойств (таких как легкая транспортировка, возможности присоединять к поверхности биологически активные вещества, «защищать» данные вещества при доставке к органам – мишеням от деструкции, получать гидрофобные соединения в растворимой форме и так далее) делают наночастицы материалом для создания платформ транспортировки лекарственных средств.

В качестве наноносителей в нашей исследовательской работе были выбраны коллоидные частицы селена и золота. Являясь частью метаболической цепочки организма, коллоидный селен, вероятно, может усваиваться во внутриклеточном пространстве. Тем самым устраняется нежелательные последствия, связанные с «утилизацией» организмом самого наноносителя.

Отмечено, что конъюгация с золотыми наночастицами увеличивает эффективность комплекса флавоноидов расторопши пятнистой (салимарина), который используется для лечения некоторых патологий печени. Конъюгаты золото – силимарин вызывают полное восстановление печени от окислительного повреждения и препятствуют развитию цирроза. Длительное введение выше названных соединений не вызывало изменения в структуре тканей сердца, печени, почек.

На первом этапе нашей работы нами был синтезирован препарат, содержащий наночастицы селена. Его получали по следующей методике: к раствору 0,01M L - цистеина добавляли по каплям раствор 0,001M селенистой кислоты (H₂SeO₃) в соотношении объемов 1:1.В качестве синергиста к полученной коллоидной системе был добавлен флавоноидрасторопши пятнистой - силимарин.

Размер частиц коллоидного селена и золота определяли при помощи электронной микроскопии, которую осуществляли на электронном микроскопе LIBRA 120 (CarlZeiss, Германия).

Для определения концентрации силимарина в конечном препарате проводили HPLS хроматографию (использовали жидкостный хроматограф «Стайер»).

Для изучения гепатопротекторных свойств полученного препарата проводили исследование на культуре изолированных гепатоцитов. Культуры клеток были получены по методике описанной в «CurrentProtocol sinCellBiology»[1]. В качестве гепатотоксина использовали 2 ммоль раствор тетрахлорметана (CCl₄) [2]. Измерение дыхательной активности изучали по способности клеток восстанавливать нитротетразолевого синий до формазанав МТТ-тестепо методикеописаннойТ. Bernas, 2000 год. [3].

Для изучения влияния препарата на клетки ретикулоэндотелиальной системы было проведено исследование дыхательной активности перитонеальных макрофагов и лимфоидных клеток селезенки мыши.[4] Перитонеальные макрофаги и лимфоциты были получены по стандартной методике[5].Оценку общетоксического действия на лабораторных животных проводили в соответствии со стандартной методикой[6].Для эксперимента использовали белых нелинейных мышей, массой 20 – 25 г, которых содержали в виварии согласно санитарным правилам и на стандартном рационе [6]. Препарат животным вводили парентерально.Препарат вводили белым мышам внутрибрюшинно в следующих дозах: 3826,14; 7652,28; 15304,56мг/кг по лекарственной форме.

Был синтезирован препарат «Коллоидное золото и силимарин» по следующей методике: к 25 мл 1мМ раствора HAuCl_4 при комнатной температуре и постоянном перемешивании добавляли по каплям 5 мл раствора 1 мМ на 0,1М K_2CO_3 силимарина. Оставляли перемешиваться при указанных выше условиях в течение четырех часов.Размер частиц коллоидного селена определяли при помощи электронной микроскопии, которую осуществляли на электронном микроскопе LIBRA 120 (CarlZeiss, Германия).Дзета – потенциал препарата, характеризующий устойчивость системы, были измерены на ZetasizerNanoZS.

Результаты собственных исследований

В результате проведения электронной микроскопии препарата установлено, что наночастицыселенаимеютразмер в пределах 60-100 нм.Наночастицы золота – 6 – 20 нм.

Хроматографический анализ препарата показал, что концентрация силимарина составляет 240 мкг/мл.

Анализ преципитата на ZetasizerNanoZS показал, что дзета-потенциал системы равен – 40,8 мВ, что свидетельствует о достаточной устойчивости препарата.

В ходе исследования гепатопротекторных свойств препарата, жизнеспособность гепатоцитов оценивали в МТТ тесте [5].При анализе полученных данных установлено, что внесение препарата в дозах 1мг/мл, 0,1 мг/мл и 0,01 мг/мл препятствует гепатотоксическому действию CCl_4 . В образцах с отрицательным контролем отмечается снижение дыхательной активности клеток на 25% по сравнению с контролем. Кроме того, в образцах, содержащих только препарат без токсина, отмечается достоверное увеличение дыхательной активности гепатоцитов на 29% по сравнению с контролем.

В ходе исследования, проводимого на клетках перитонеальных макрофагов и лимфоидных клеток селезенки мыши, было установлено, что препарат не оказывает отрицательного действия на клеточные культуры. Дыхательная активность клеток, как контрольных, так и опытных образцов находится на одном уровне.

Результаты исследования токсического действия препарата на организм животного свидетельствуют о низкой опасности острого смертельного отравления данным средством (4 класс). Все мыши после введения препарата в максимально возможной дозе остались живы.

Литература

1. WileyJohn.CurrentProtocolsinCellBiology/John Wiley. –USA:Inc, 2003
2. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Частьпервая./подред. А.Н. Миронова.М.: ГрифиК, 2012 -944с.
3. The role of plasma membrane in bioreduction of two tetrazolium salts, МТТ, and CTC / T. Bernas[et al.]. - Arch. Biochem. Biophys. 2000. - V. 380. – p. 108 - 116
4. Руководствопоэкспериментальному (доклиническому) изучениюновыхфармакологическихвеществ/ под ред. Р. У. Хабриев – Изд. 2 –е, доп. - М.:Медицина, 2005 -832 с.
5. Определение иммунокомпететных клеток с рецепторами к биологическим активным веществам для оценки иммуногенности противочумных вакцинных препаратов (методические рекомендации)./Т.Н. Щуковская [и др.] – М.:, 1999.
6. The laboratory mouse / Mark A.[et al.]. – CRC Press LLC. 2001.

ДОКЛАДЧИК:

Лаврова (Федосеева) Дарья
Геннадьевна
(Lavrova (Fedoseeva) Daria)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Тульский государственный
университет, Естественнонаучный
институт
(Tula state University, Institute
of natural Sciences)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Лаврова (Федосеева) Дарья
Геннадьевна
(Lavrova (Fedoseeva) Daria)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Новые биогрибридные материалы на основе инкапсулированных
в органоимодифицированные силикаты микроорганизмов и их
использование в экобиотехнологии

New biohybrid materials based on encapsulated into organomodified silicates
microorganisms and their application in ecological biotechnology

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Использование золь-гель технологии позволяет получать вокруг
дрожжевых клеток органосиликатные капсулы, которые эффективно
защищают микроорганизмы от воздействия ионов тяжелых металлов и
ультрафиолетового излучения.

Anotation

Application of Sol-gel technology provides formation of organosilicate capsules
around cells that effectively protect microorganisms from the negative effect of
heavy metal ions presence and ultraviolet radiation.

Ключевые слова: экобиотехнология; золь-гель метод; иммобилизация
микроорганизмов; инкапсулированные дрожжи; биогрибридные материалы;
гетерогенные биокатализаторы; биофильтры для очистки стоков

Keywords: ecobiotechnology; Sol-gel method; immobilization of microorganisms;
an encapsulated yeast; Bioperine materials; heterogeneous biocatalysts;
biofilters for wastewater treatment

В процессе эволюции природных систем живые организмы развивают
различные минерализованные структуры, которые служат для защиты
организмов и генетического материала своего вида от неблагоприятных
условий. [1]. Диатомовые водоросли и радиолярии – одноклеточные организмы,
эволюционировали таким образом, что стали способны формировать силикатные
капсулы на своей поверхности, образуя экзоскелет для обеспечения такой
защиты [2]. Эти организмы вдохновили исследователей на создание гибридных
биоматериалов, так называемых «искусственных спор», на основе живых клеток,
инкапсулированных в неорганические полимерные оболочки. Получаемые
«искусственные споры» обеспечивают эффективную защиту микроорганизмам от
механического, теплового и биологического воздействия, при этом способствуют
сохранению биологической активности живых организмов [3-5].

Особый интерес представляет иммобилизация клеток в
органоимодифицированные силикагели. Для получения таких материалов
применяют золь-гель метод, который не требует энергоемкого, дорогого
оборудования, является экономичным, экологически чистым и позволяет
формировать силикагели с различной наноструктурой [6]. Однако, к
недостаткам золь-гель метода в ходе иммобилизации живых клеток относится
выделение в процессе формирования матрицы низших спиртов, которые
токсичны для многих микроорганизмов. Для решения этой проблемы возможно
инкапсулировать метилотрофные дрожжи, которые характеризуются
эффективной ферментативной системой окисления спиртов, поэтому их
иммобилизация не должна приводить к потере активности микроорганизмов
под действием образующегося в процессе конденсации спирта.

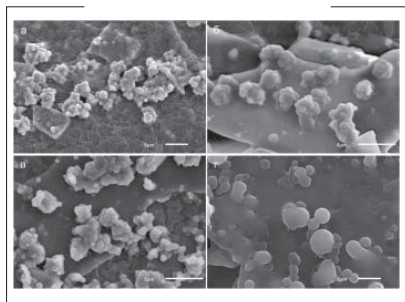
Одним из подтверждением вышеизложенного является то, что в настоящее время
метилотрофные дрожжи рода *Ogataea* широко используются в генной инженерии
в качестве микробиологического дрожжевого продуцента рекомбинантных
белков под контролем сильных промоторов генов пути катаболизма метанола.
Инкапсулирование живых клеток в силикатные материалы золь-гель методом
является относительно новым направлением исследований на стыке биологии,
золь-гель химии, материаловедения, поэтому многие аспекты формирования
таких гибридных биоматериалов не достаточно изучены.

При инкапсулировании метилотрофных дрожжей благодаря их широкой
субстратной специфичности и эффективной ферментативной системой окисления
спиртов одним из перспективных направлений использования биогрибридных
материалов является разработка на их основе биофильтров для очистки сточных
вод, что поможет решить одну из экологических проблем Тульской области – сброс
загрязненных сточных вод промышленными предприятиями.

Таким образом, разработка способа получения новых биогрибридных
материалов с применением золь-гель технологии путем инкапсулирования
микроорганизмов в органоимодифицированные силикаты актуальна в
науки, а также является перспективным подходом для предотвращения
загрязнения окружающей среды.

Рис. 1 - СЭМ изображения *Ogataea*
polymorpha ВКМ Y-2559, инкапсулированных
в органоимодифицированные
силикаты различного состава:

а – 10 об. % МТЭС; б – 50 об. % МТЭС;
в – 85 об. % МТЭС; г – 90 об. % МТЭС



В работе исследовали формирование органомодифицированных силикатов на основе тетраэтоксисилана (ТЭОС), метилтриэтоксисилана (МТЭС) и полиэтиленгликоля (ПЭГ) в условиях щелочного катализа, в присутствии метилотрофных дрожжевых клеток методом сканирующей электронной микроскопии.

При использовании в качестве биоматериала клеток дрожжей при содержании МТЭС 10 об.% относительно всех силановых прекурсоров формируется структура, в которой твердые участки матрицы контактируют с остекленевшими клетками. В структуре геля, полученного при равном соотношении силановых прекурсоров, инкапсулированные клетки дрожжей находятся в массе золь-гель полимерной сети. Наибольший интерес представляет архитектура гибридного биоматериала, полученного при содержании МТЭС 85 об.%. Вокруг каждой клетки формируется капсула, при этом инкапсулированные клетки образуют единую структуру. Увеличение содержания МТЭС до 90 об.% к неэффективному инкапсулированию дрожжей.

Прочные оболочки, покрывающие клетки, эффективно защищают их от воздействия ионов тяжелых металлов и ультрафиолетового излучения [7]. Золь-гель процесс позволил получить биогибридные материалы с новыми свойствами. В работе представлены результаты исследований по получению и применению новой технологии инкапсулирования живых клеток микроорганизмов на примере создания модели биофильтра для очистки метанолсодержащих стоков.

Защитную функцию органосиликатной капсулы при экстремальных значениях pH фонового раствора оценивали по изменению дыхательной активности инкапсулированных дрожжей в присутствии их природного субстрата - метанола. В качестве контроля использовали клетки дрожжей незащищенных оболочкой. Так, при в сильноокислой (pH 2) и в сильнощелочной (pH 12) средах инкапсулированные клетки сохраняют 25% своей активности, когда как дыхательная активность неинкапсулированных клеток ингибируется полностью. При возвращении в систему буферного раствора с оптимальным значением pH происходит полное восстановление активности инкапсулированных клеток, когда как активность клеток, не имеющих защитную капсулу, ингибируется необратимо.

Разработанный гетерогенный биокатализатор на основе инкапсулированных в золь-гель матрицу метилотрофных дрожжей *Ogataea polymorpha* ВКМ Y-2559 может эффективно функционировать в качестве неподвижной фазы колонны для очистки метанолсодержащих стоков (окислительная мощность получаемого биофильтра 3000 г/(м³•сут), (8 циклов в сутки).

Технология получения биогибридного материала на основе инкапсулированных в золь-гель матрицу метилотрофных дрожжей позволила разработать новый подход к созданию биофильтров для утилизации метанолсодержащих стоков.

Литература:

1. Wang S., Guo Z. Bio-inspired encapsulation and functionalization of living cells with artificial shells // *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2014. V. 113. No1. P. 483–509.
2. Nassif N., Livage J. From diatoms to silica-based biohybrids // *Chem. Soc. Rev.* 2011. V. 40. No2. P. 849–859.
3. Dickson D.J., Ely R.L. Silica sol-gel encapsulation of cyanobacteria: lessons for academic and applied research // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2013. V. 97. No5. P. 1809–1819.
4. Blondeau M., Coradin T. Living materials from sol-gel chemistry: current challenges and perspectives // *Journal of Materials Chemistry*. 2012. V. 22. No 42. P. 22335.
5. Meunier C.F., Dandoy P., Su B.L. Encapsulation of cells within silica matrixes: Towards a new advance in the conception of living hybrid materials // *J. Colloid. Interface Sci.* 2010. V. 342. No2. P. 211–224.
6. Development of sol-gel hybrid materials for whole cell immobilization / M.F. Desimone, G.S. Alvarez, M.L. Foglia, L.E. Diaz // *Recent Patents on Biotechnology*. 2009. V. 3. P. 55–60.
7. О.А. Каманина, Д.Г. Федосеева, Т.В. Рогова, О.Н. Пономарева, И.В. Блохин, А.В. Мачулин, В.А. Алферов «Синтез кремнийорганических золь-гель матриц и получение на их основе гетерогенных биокатализаторов» // *Журнал прикладной химии*. 2014. Т. 87. No 6. С. 753–759.

ДОКЛАДЧИК:Литвинова Валерия
Александровна**НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:**Влияние ятрогенного гиперкортицизма на электрофизиологические
параметры скелетной мышцы белых крыс**ОРГАНИЗАЦИЯ:**Донецкий Национальный
университет**АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:**

Литвинова Валерия Александровна

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В экспериментах на половозрелых белых крысах изучено влияние гиперкортицизма (моделируемого ежедневным внутрибрюшинным введением гидрокортизона в дозе 3 мг/кг/сутки на протяжении 30-ти дней) на некоторые параметры М-ответа передней большеберцовой мышцы при разной частоте стимуляции малоберцового нерва.

Установлено, что гиперкортицизм сопровождался удлинением хронаксии (на 69%) мышцы при непрямом ее раздражении, ухудшением стабильности генерации М-ответов, удлинением их латентного периода (на 30%) и уменьшением их амплитуды (на 29%) на фоне увеличения частоты полифазных потенциалов (до 35%). У животных с гиперкортицизмом в диапазоне невысоких частот стимуляции нерва (10-30 имп/с) наблюдалась периодическая генерация более высокоамплитудных, чем у контроля, М-ответов на фоне низкой исходной их амплитуды, что может свидетельствовать в пользу изначальной частичной заблокированности синапсов. Гиперкортицизм обуславливал более выраженное, в сравнении с контролем, снижение амплитуды М-ответов по мере увеличения частоты стимуляции малоберцового нерва и снижение частоты стимуляции нерва, по достижении которой устанавливалась обратная зависимость между амплитудой М-ответов и частотой раздражения нерва.

Annotation

In experiments over the mature white female rats the influence of the hypercorticism (simulated by daily parenteral injection of hydrocortisone in a dose of 3 mg/kg/days for 30 days) on some parameters of the M-response of the forward tibial muscle with a different frequency of stimulation of the low-tibial nerve is studied.

It is established that the hypercorticism is followed by lengthening of the chronaxia of the forward tibial muscle at its indirect irritation (by 69 per cent), deterioration of stability of M-response's generation, lengthening of the latent period (by 30 per cent) and to reduction of amplitude (by 29 per cent) of single M-responses against increase in frequency of polyphase potentials (to 35 per cent). At animals with hypercorticism in the range of low frequencies of nerve's stimulation (10 - 30 imp/s) periodic generation of more high-amplitude M-responses, than at control, against their low initial amplitude was observed, which can testify in a favor of a initial partial blocking of synapses. The hypercorticism was followed more expressed, in comparison with control, decreasing of M-responses' amplitude in process of increasing in frequency of low-tibial nerve's stimulation, decreasing in frequency of nerve's stimulation on achievement which inverse relationship between M-responses' amplitude and frequency of nerve's irritation was established.

Ключевые слова: гиперкортицизм, гидрокортизон, скелетная мышца, М-ответ, нервно-мышечная передача

Keywords: hypercorticism, hydrocortisone, skeletal muscle, M-response, neuromuscular transmission

Актуальность проблемы. Одним из методов функциональной диагностики нервно-мышечной системы, позволяющим выявить ранние нарушения электрофизиологических параметров различных ее звеньев еще до существенных функциональных расстройств, служит электромиография, широко используемая в клинической практике и экспериментальной физиологии [1, 3].

Наряду с травмами, миодистрофиями, нервными и аутоиммунными заболеваниями, существенным патогенетическим фактором нарушений в нервно-мышечной системе является измененный гормональный статус. Наиболее выраженные и длительно сохраняющиеся сдвиги в скелетной мускулатуре развиваются при избыточных концентрациях глюкокортикоидов в организме [5, 7].

Вместе с тем, в доступной нам литературе не обнаружено работ, в которых проводился бы анализ амплитудно-частотной зависимости вызванных потенциалов мышцы при гиперкортицизме, позволяющий оценить надежность и лабильность нервно-мышечной передачи.

В связи с отмеченным целью настоящей работы явилось изучение в условиях *in situ* некоторых параметров М-ответа и особенностей

амплитудно-частотной его зависимости в передней большеберцовой мышце белых крыс в норме и при ятрогенном гиперкортицизме, вызванном длительным введением гидрокортизона.

МЕТОДИКА

Все эксперименты выполнены в соответствии с «Руководством по уходу и использованию лабораторных животных» (публикация Национального института здоровья № 85-23, США) и «Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ» [6].

Эксперименты проводились на 12 половозрелых крысах-самках с исходной массой 220-240 г. У животных первой группы ($n = 6$) воспроизводили экспериментальный гиперкортицизм путем хронического введения гидрокортизона ацетата (суспензия для инъекций производства «Фармак», Украина, внутривенно, ежедневно) в дозе, эквивалентной терапевтической для человека, – 3 мг/кг/сутки (внутривенно, ежедневно) на протяжении 30-ти дней. Вторая группа ($n = 6$) была контрольной.

Выбор в качестве экспериментальных животных особей женского пола был обусловлен большей чувствительностью их скелетных мышц к катаболическому действию глюкокортикоидов, в сравнении с особями мужского пола [7]. В качестве объекта исследования служила передняя большеберцовая мышца, относящаяся как и большинство мышц млекопитающих к смешанному типу, но с преобладанием быстрых мышечных волокон [8], характеризующихся более высокой, в сравнении с медленными, чувствительностью к глюкокортикоидам [9, 12].

Ход опыта был следующим. Животное наркотизировали (тиопентал натрия в дозе 100 мг/кг, внутривенно). В области бедра препаровали малоберцовый нерв и подводили под него раздражающие электроды, соединенные с электростимулятором. В среднюю часть мышцы вводили биполярные игольчатые стальные электроды для отведения биопотенциалов.

Для инициации электрических ответов передней большеберцовой мышцы на малоберцовый нерв наносили электрические импульсы прямоугольной формы. Электрические ответы мышцы усиливали с помощью электромиографического биоусилителя, построенного на основе высокоскоростного программируемого дифференциального усилителя PGA870 (Texas Instruments), гиратора, служащего для режекции сигнала электросетевой помехи частотой 50 Гц (частотный режекторный фильтр), и гальванической оптронной развязки.

Вначале определяли реобазу, а затем хронаксию мышцы при непрямо́й ее стимуляции путем постепенного увеличения длительности раздражающего малоберцовый нерв электрического импульса.

Затем проводили регистрацию 2-3-х одиночных М-ответов мышцы при раздражении нерва электрическими импульсами с частотой 0,2 имп/с, на основании чего определяли основные параметры М-ответа: амплитуду, длительность, латентный период.

После записи нескольких одиночных М-ответов мышцы регистрировали серию из десяти М-ответов при раздражении нерва с небольшой частотой – 5 имп/с и на основании изменения их амплитуды в процессе генерации судили о надежности нервно-мышечной передачи.

Затем с целью выяснения амплитудно-частотной зависимости М-ответа на малоберцовый нерв в течение 6 с наносили серию импульсов с плавной нарастающей частотой от 4 до 72 имп/с.

Во всех случаях длительность каждого импульса составляла 50 мкс при силе тока 500 мкА.

Регистрацию М-ответов проводили с помощью многоканальных цифровых запоминающих осциллографов Tektronixs TDS2004C и Siglent SDS1062CM в виде CSV-файлов.

Цифровые данные обрабатывались с использованием двухвыборочного F-теста для дисперсий и регрессионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние гиперкортицизма на возбудимость нервно-мышечного аппарата, параметры одиночного М-ответа и устойчивость его генерации мышцей в режиме непрямо́й ритмической стимуляции с частотой 5 имп/с.

Многократные инъекции гидрокортизона привели к удлинению хронаксии передней большеберцовой мышцы при непрямо́м ее раздражении (табл.), что указывает в пользу снижения возбудимости нервно-мышечного аппарата.

Гиперкортицизм обуславливал ухудшение стабильности генерации

Таблица 1 – Характеристика некоторых электрофизиологических параметров передней большеберцовой мышцы при непрямом ее раздражении у животных с гиперкортицизмом

Статистический показатель	Группа животных	
	Контроль	Гиперкортицизм
Хронаксия		
Средняя величина, мкс	20,9±0,53	35,4±3,40* (+69%)
Дисперсия	5,7	185**
Число измерений	20	20
Средняя амплитуда первых десяти М-ответов мышцы		
Средняя амплитуда М-ответа, мВ	2,52±0,02	0,99±0,04* (-61%)
Дисперсия	0,03	0,11**
Количество измерений	200	200
Декремент амплитуды М-ответа мышцы при частоте стимуляции нерва 5 имп/с		
Декремент амплитуды М-ответа, %	+22,8±0,5	-24,3±3,8*
Дисперсия	22	729**
Количество измерений	20	20
Параметры одиночного М-ответа мышцы при частоте стимуляции нерва 0,2 имп/с		
Латентный период, мс	2,0 ± 0,05	2,6 ± 0,06* (+30%)
Амплитуда М-ответа, мВ	1,7 ± 0,11	1,2 ± 0,09* (-29%*)
Длительность М-ответа, мс	4,99 ± 0,39	4,66 ± 0,33 (-7%)

Рис. 1 - Образцы контрольной (А) и гиперкортикоидной (Б) групп записи первых девяти М-ответов крыс

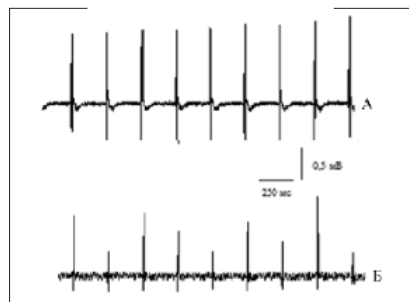
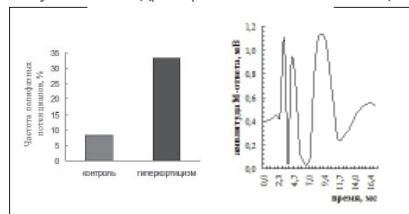


Рис. 2 - Частота полифазных М-ответов у контрольных животных и крыс с гиперкортицизмом. Образец записи полифазного М-ответа передней большеберцовой мышцы, зарегистрированного у животного, получавшего гидрокортизон в течение месяца

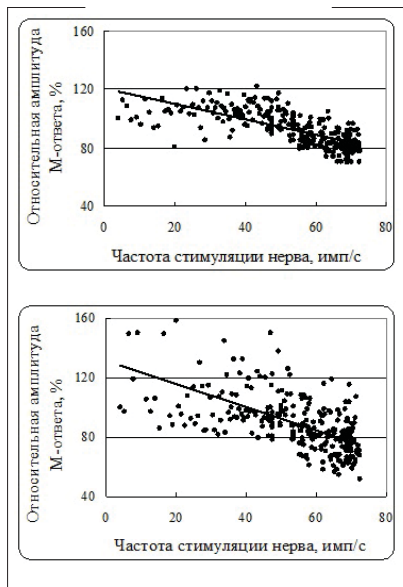


М-ответов передней большеберцовой мышцей крыс, что выражалось в выраженном декременте затухания их амплитуды. Как видно из табл. и рис. 1, у контрольных животных при раздражении нерва с частотой 5 имп/с декремент затухания амплитуды М-ответов не проявлялся, наоборот, по мере их генерации амплитуда несколько возрастала. У крыс, получивших 30 инъекций гидрокортизона, амплитуда М-ответов в процессе их генерации с частотой 5 имп/с постепенно снижалась: на 13-24% относительно исходной. Выраженный декремент амплитуды М-ответов у животных с гиперкортицизмом свидетельствует в пользу снижения надежности нервно-мышечной передачи. Экспериментальный гиперкортицизм сопровождался удлинением латентного периода М-ответа, уменьшением его амплитуды на фоне увеличения частоты полифазных потенциалов (до 35%) при отсутствии существенных изменений длительности М-ответов (табл., рис. 2), что указывает в пользу повышенной гетерогенности мышцы и возможного выключения части патологически измененных волокон из возбуждения.

Обсуждая полученные результаты, следует отметить, что естественные и синтетические глюкокортикоиды в случае их длительного введения приводят к нарушению условий синтеза и ресинтеза медиатора в мотонейронах, вызывают десенситизацию холинорецепторов или понижение возбудимости внесинаптической мембраны мышечных волокон [2, 10]. Все эти нарушения могут послужить причиной замедления и ослабления процесса нервно-мышечной передачи, а понижение возбудимости внесинаптической мембраны мышечных волокон к тому же может обусловить удлинение латентного периода генерации ими потенциалов действия. Возможное удлинение синаптической задержки или латентного периода генерации потенциалов действия мышечными волокнами может послужить причиной удлинения латентного периода М-ответа [4].

Установленный в нашей работе факт снижения амплитуды М-ответов у животных, получавших гидрокортизон, свидетельствует в пользу развития функциональных и, возможно, миопатических изменений в передней большеберцовой мышце. В частности, уменьшение амплитуды М-ответов может быть вызвано либо некоторой исходной деполяризованностью мышечных волокон, либо ухудшением синхронизации их возбуждения, либо «выключением» части волокон из процесса возбуждения и сокращения [4]. Кроме того, некоторые специалисты [7] отмечают развитие очаговых функциональных и деструктивных изменений в мышцах при естественном или ятрогенном гиперкортицизме, что может сопровождаться повышением степени гетерогенности мышц и обусловленным этим нарушением синхронности возбуждения мышечных волокон. Уменьшение степени синхронизации возбуждения мышечных волокон может послужить одной из причин снижения амплитуды М-ответов мышцы, что нами и показано. Кроме того, очаговые миопатические изменения в мышцах при гиперкортицизме могут обуславливать выключение дегенеративно измененных мышечных волокон из общего возбуждения мышцы, что приведет к уменьшению амплитуды ее М-ответов. В связи с этим, наблюдаемое нами снижение амплитуды М-ответов и устойчивости их генерации у животных, получавших гидрокортизон на протяжении месяца, очевидно, может быть связано либо

Рис. 4 - Амплитудно-частотная зависимость М-ответа у крыс контрольной группы и животных с гиперкортицизмом в целомном вариационном ряде.



с функциональными нарушениями в мышечных волокнах, приводящими к энергетическому дефициту в них [11], либо с морфо-функциональными, в том числе миопатическими, изменениями в мышце [7, 9]. Оба эти обстоятельства сопровождаются повышением гетерогенности мышцы и, как следствие, уменьшением степени синхронизации возбуждения в ней, а также возможным выключением части волокон из возбуждения [3, 4].

С целью более полного понимания возможных нарушений в нервно-мышечном аппарате при гиперкортицизме, а также для оценки надежности и стабильности нервно-мышечной передачи на следующем этапе нашей работы изучался характер изменения амплитуды М-ответов передней большеберцовой мышцы крыс обеих групп по мере плавного увеличения частоты стимуляции малоберцового нерва (в диапазоне от 4 до 72 имп/с).

Влияние гиперкортицизма на характер амплитудно-частотной зависимости М-ответа.

Анализируя результаты исследований амплитудно-частотной зависимости М-ответа передней большеберцовой мышцы животных контрольной и опытной групп, необходимо отметить как некоторые общие закономерности, так и особенности, типичные для крыс с гиперкортицизмом.

Первой общей закономерностью, типичной для мышцы крыс обеих групп, является уменьшение амплитуды М-ответов с увеличением частоты стимуляции нерва (рис. 3), что является типичным для любых скелетных мышц и связано с выключением части синапсов (наименее лабильных) из реагирования при высокой частоте стимуляции. Вместе с тем, у крыс с гиперкортицизмом уменьшение амплитуды М-ответов по мере увеличения частоты стимуляции нерва выражено в большей степени, чем у контроля, в пользу чего указывает более высокий коэффициент линейной регрессии. Кроме того, у крыс с гиперкортицизмом частота стимуляции нерва, при которой наблюдалось статистически значимое уменьшение амплитуды М-ответов, оказалась ниже таковой контрольных животных. Все это свидетельствует в пользу более низкой лабильности или возможно надежности нервно-мышечной передачи, в результате чего часть синапсов может периодически временно блокироваться.

Вторая общая закономерность, типичная для мышцы крыс обеих групп, заключается в более высокой дисперсии амплитуды М-ответов в диапазоне низких частот, чем высоких, в пользу чего указывает более выраженный разброс значений амплитуды М-ответов при небольшой частоте стимуляции нерва (10-30 имп/с). Отмеченная закономерность связана с некоторым периодическим облегчением синаптической передачи при небольших частотах стимуляции нерва (10 - 30 имп/с) и является характерной особенностью скелетных мышц в норме.

Вместе с тем, у крыс с гиперкортицизмом, наряду с более высокой дисперсией М-ответов в диапазоне невысоких частот стимуляции нерва (10 - 30 имп/с), наблюдалась периодическая генерация М-ответов с более высокой относительной амплитудой, чем у контроля. В частности, как видно из рис. 3, амплитуда некоторых М-ответов у крыс с гиперкортицизмом при небольших частотах стимуляции нерва (10-30 имп/с) существенно превышала таковую первого: на 50-60%, тогда как у контрольных животных это превышение составляло не более 20% (рис. 3).

Периодически возникающая генерация более высокоамплитудных М-ответов в диапазоне небольших частот стимуляции нерва на фоне низкой исходной амплитуды М-ответа у животных с гиперкортицизмом отражает более выраженное облегчение синаптической передачи, которое может свидетельствовать в пользу возможной изначальной частичной заблокированности синапсов.

Особенностью амплитудно-частотной зависимости М-ответов мышцы крыс с гиперкортицизмом явилась в целом более высокая их вариабельность как в диапазоне низких, так и высоких частот раздражения нерва по сравнению с таковой контроля (рис. 3). Данное обстоятельство указывает в пользу нестабильности генерации М-ответов при измененном гормональном статусе и служит еще одним доказательством в пользу повышенной гетерогенности мышцы.

Подводя итог изложенному, необходимо заключить, что ятрогенный гиперкортицизм сопровождался более выраженным, в сравнении с контролем, снижением амплитуды М-ответов по мере увеличения частоты стимуляции малоберцового нерва, уменьшением стабильности их генерации, снижением частоты стимуляции нерва, по достижении которой устанавливалась обратная зависимость между амплитудой М-ответов и частотой раздражения нерва. Все это свидетельствует в пользу меньшей надежности процесса синаптической передачи, сниженной ее лабильности

и устойчивости, а также более высокой функциональной гетерогенности мышцы.

ВЫВОДЫ

Многократные инъекции гидрокортизона в дозе 3 мг/кг/сутки (ежедневно, в течение 30 дней) привели к удлинению хронаксии (на 69%) передней большеберцовой мышцы при непрямом ее раздражении, что указывает в пользу снижения возбудимости нервно-мышечного аппарата.

Гиперкортицизм обуславливал ухудшение стабильности генерации М-ответа передней большеберцовой мышцей крыс, что выражалось в нарастании степени вариабельности амплитуды М-ответов (от 3 до 10 раз) и декремента ее затухания (от 13 до 24%) при электрической стимуляции малоберцового нерва с частотой 5 имп/с.

Гиперкортицизм сопровождался удлинением латентного периода (на 30 %) и уменьшением амплитуды (на 29 %) одиночных М-ответов переднеберцовой мышцы на фоне увеличения частоты полифазных потенциалов (до 37,5 %) при отсутствии существенных изменений длительности М-ответов, что указывает в пользу повышенной гетерогенности мышцы и возможного выключения части патологически измененных волокон из возбуждения.

Независимо от гормонального статуса увеличение частоты стимуляции малоберцового нерва сопровождалось уменьшением амплитуды М-ответа. В диапазоне низких частот раздражения нерва (10-30имп/с) наблюдалась более высокая дисперсия амплитуды М-ответов, чем в диапазоне высоких, что связано с некоторым периодическим облегчением синаптической передачи при небольших частотах стимуляции нерва.

5. Ятрогенный гиперкортицизм сопровождался более выраженным, в сравнении с контролем, снижением амплитуды М-ответов по мере увеличения частоты стимуляции малоберцового нерва, уменьшением стабильности их генерации, снижением частоты стимуляции нерва, по достижении которой устанавливалась обратная зависимость между амплитудой М-ответов и частотой раздражения нерва. Все это свидетельствует в пользу меньшей надежности процесса синаптической передачи, сниженной ее лабильности и устойчивости, а также более высокой функциональной гетерогенности мышцы.

Литература

1. Гехт Б.М. Теоретическая и клиническая электромиография. Л. Наука, Ленинградское отделение. 1990.
2. Гиниатуллин А.Р., Гришин С.Н., Гиниатуллин Р.А. Влияние гидрокортизона на модулирующие эффекты пуринов в нервно-мышечном соединении. Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 86 (10) : 1293–1299. 2000.
3. Касаткина Л.Ф., Гильванова О.В. Электромиографические методы исследования в диагностике нервно-мышечных заболеваний. Игольчатая электромиография. М. Медика, 2010.
4. Мак-Комас А.Дж. Скелетные мышцы (строение и функции). К. Олимпийская литература. 2001.
5. Полунина А.Г., Исаев Ф.В., Демьянова М.А. Стероидная миопатия. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 112 (10-2) : 60–64. 2012.
6. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ, под ред. В.П. Фисенко. М. Минздрав РФ, ЗАО «ИИА „Ремедиум“», 2000.
7. Темин П.А., Герасимова О.И. Стероидные миопатии: Обзор. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 11 : 1734–1737. 1980.
8. Яковлев Н.Н., Макарова Т.Н. Обзор: функциональная и метаболическая дифференциация волокон скелетных мышц. Физиологический журнал СССР им И.М. Сеченова. 8 : 1129–1144. 1980.
9. Bowes S.B. Jackson N.C., Papachristodoulou D. et al. Effect of corticosterone on protein degradation in isolated rat soleus and extensor digitorum longus muscles. J. Endocrinol. 3 : 501–507. 1996.
10. Cheema I.R., Wadley A.M., Prospere V. Comparison of the effect of acute and chronic glucocorticoid excess on protein synthesis in rat skeletal muscles of different fibre composition. Biomed. Lett. 196 : 303–310. 1994.
11. Riso E.M. The effect of glucocorticoid myopathy, unloading and reloading on the skeletal muscle contractile apparatus and extracellular matrix. Dis. PhD of Exercise and Sport Sci. Tartu, Estonia, 2007. 114 p.
12. Savary I., Debras E., Dardevet D. et al. Effect of glucocorticoid excess on skeletal muscle and heart protein synthesis in adult and old rats. Brit. J. Nutr. 3 : 297–304. 1998.

ДОКЛАДЧИК:

Лобанова Марина Сергеевна
(Lobanova Marina Sergeevna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Самарский государственный
аэрокосмический университет
имени академика С.П.
Королева (национальный
исследовательский университет)
(Samara State Aerospace University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Лобанова Марина Сергеевна
(Lobanova Marina Sergeevna)
Михеенкова Анастасия
Эдуардовна
(Mikhenkova Anastasiia Eduardovna)
Космина Анна Валерьевна
(Kosmina Anna Valerevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Планарные микроконцентрационные системы для экспресс-анализа
летучих органических соединений алифатического ряда

Planar micro concentrating systems for conducting aliphatic series volatile
organic compounds rapid analysis

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Работа посвящена решению актуальной экологической проблемы – «синдрома больных зданий» и разработке методики, позволяющей количественно определять микропримеси загрязнителей в воздушных средах. Экспериментально изучена возможность использования микроконцентрационных систем (МКС) для осуществления сорбционного концентрирования летучих органических соединений (ЛОС) алифатического ряда из воздушных сред.

Annotation

The main aim of this research work is develop methods for «sick building syndrome» monitoring. In this research We have studied micro concentrating system (MCS) applicability for aliphatic series volatile organic compounds (VOC) concentrating from air.

Ключевые слова: экспресс-анализ; хромато-десорбционные системы; планарные микроконцентрационные системы; сорбционное концентрирование; газовая хроматография; экологический анализ

Keywords: rapid analysis; chromato-desorption microsystems; planar micro concentrating systems; sorption concentrating; gas chromatography; ecological analysis

Интенсивное развитие промышленности и технологий в мире напрямую связано с возникновением новых экологических проблем, одна из которых – «синдром больных зданий». Этот термин применяется для административных и жилых зданий, в которых более 20% работников или жильцов жалуется на плохое самочувствие, связанное с нахождением в помещении с воздухом, содержащим загрязняющие вещества. Источниками загрязнений являются выхлопные газы автомобилей, производственные выбросы в атмосферу, попадающие через окна, находящиеся в помещении предметы из полимерных материалов, газоразделения из косметики и выдыхаемый воздух (в зданиях с большим числом работников) [1,2], вследствие чего в воздухе помещений присутствует широкий спектр летучих органических соединений (ЛОС), наиболее опасными из которых считаются ароматические, алифатические, полициклические, галогенсодержащие и кислородосодержащие углеводороды, наличие которых даже на уровне микропримесей опасно для человека. Фармакологически углеводороды с молекулярной массой выше, чем у этана, известны как депрессанты центральной нервной системы, кроме того оказывают раздражающее воздействие на слизистые оболочки, вызывают сильное головокружение и нарушение координации [3]. Согласно официальной статистике, из-за наличия токсичных веществ в воздухе жилых помещений в мире ежегодно умирает около 1,6 млн. человек [4]. В связи с этим необходимо ужесточение норм и снижение уровня допустимых концентраций потенциально опасных веществ, поскольку кроме собственного токсического действия имеет место усиление токсического действия вследствие аддитивного эффекта. Для контроля содержания экологически опасных веществ в газовых средах требуется постоянно совершенствовать существующие методики анализа. При этом точность анализа зависит от эффективности пробоотбора, пробоподготовки и градуировки аналитического оборудования. В связи с этим, разработка способов, устройств и методических приемов количественного определения содержания экологически опасных компонентов в воздухе жилых помещений и административных зданий является актуальной задачей.

Целью настоящей работы является изучение возможности использования планарных микроконцентрационных систем (ПМКС) для осуществления пробоподготовки (сорбционного концентрирования) летучих органических соединений алифатического ряда из газовых сред для осуществления экологического мониторинга жилых помещений и административных зданий.

В работе представлены результаты исследований по разработке динамических устройств: динамических хромато-десорбционных микросистем (ХДМС) и планарных микроконцентрационных систем (ПМКС), позволяющие осуществлять концентрирование ЛОС алифатического ряда (на примере н-пентана) методом твердофазной микроэкстракции [5]. В

Рис. 1 - Принципиальная схема (а) и фотография опытного образца ПмКС (б)

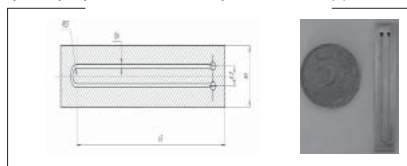


Рис. 2 - Принципиальная схема ХДмС (а) и фотография опытного образца ХДмС (б):

- 1 – головка иглы;
- 2 – заглушка;
- 3 – сорбент;
- 4 – внутренний канал иглы

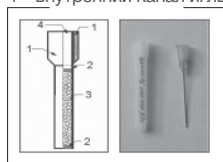


Рис. 3 - Зависимость концентрации н-пентана от объема пропускаемой газовой смеси, полученная при использовании ХДмС

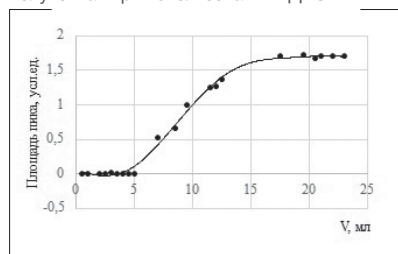


Таблица 1 – Результаты концентрирования н-пентана

Концентрационная система	Объем пробы, мл	Температура десорбции, T, °C	Масса н-пентана в газовой смеси до концентрирования m1, мг	Масса н-пентана в газовой смеси после концентрирования m2, мг	K*	r**, %	R***, %
ПмКС	50	100	50	5000	100	6	8
ХДмС	20		5	500	100	12	15

качестве сорбента использовался оксид алюминия (Al_2O_3).

Количественное определение н-пентана осуществляли с помощью портативного газового микрохроматографа «ПИА» (Номер в Государственном реестре средств измерения №60785-15), разработанного на кафедре химии СГАУ. Для количественной оценки использовался метод абсолютной градуировки. Метрологическая оценка и статистическая обработка полученных результатов осуществлялись согласно ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002.

При изготовлении планарных микроконцентрационных систем формирование каналов (длина 10 см, сечение 0,60,6 мм) на плоскости сечения алюминиевой (марка АМГ-6) пластины осуществлялось путем фрезерования. Герметизацию осуществляли термическим способом при $T=400^\circ C$. Принципиальная схема и фотография готового устройства представлены на рисунке 1.

На рисунке 2 представлена принципиальная схема ХДмС и фотография готового устройства. ХДмС представляют собой медицинские иглы (длина 40 мм) с внутренним диаметром 0,5 мм, заполненные сорбентом (Chromatop N-AW-DMCS) с нанесенной неподвижной жидкой фазой (ПМС-1000) [6,7,8] или оксидом алюминия Al_2O_3 .

Определение сорбционно-десорбционных характеристик осуществляли путем пропускания газовой смеси «н-пентан в воздухе» через термостатируемую систему, с дискретностью 1 мл осуществлялось дозирование газовой смеси на выходе из системы и определение содержания н-пентана в отобранной пробе. Зависимость концентрации н-пентана C (мг/м³) в газе на выходе из системы от объема V (мл) пропускаемой газовой смеси представлена на рисунке 3.

Как видно из представленных данных при использовании ХДмС насыщение сорбента происходит после пропускания 20 мл модельной газовой смеси, а масса поглощенного из воздуха н-пентана до насыщения составляет 0,01мкг. Аналогичным образом было установлено, что при использовании ПмКС насыщение сорбента происходит после пропускания 50 мл ПГС, а масса поглощенного из воздуха н-пентана до насыщения составляет 5 мкг.

В таблице 1 приведены результаты концентрирования н-пентана из модельных смесей с известным содержанием аналита, осуществленного с использованием ПмКС и ХДмС.

Как видно из представленных данных обе изучаемые системы позволяют осуществлять концентрирование не менее, чем в 100 раз, однако ПмКС характеризуется более широким рабочим диапазоном, благодаря возможности варьирования геометрии системы в зависимости от решаемой задачи, что исключено при использовании указанной конфигурации ХДмС, ограничивающихся возможностями ручного дозирования, которое в свою очередь обуславливает более высокие значения предела сходимости и воспроизводимости (12 и 15% соответственно), по сравнению с ПмКС (6 и 8% соответственно), что закономерно вследствие уменьшения вклада случайной составляющей погрешности, которое имеет место при переходе от ручного к автоматическому дозированию пробы.

Таким образом, наиболее целесообразным для концентрирования микропримесей углеводородов алифатического ряда является применение планарных микроэкстракционных систем. Данный метод обладает такими преимуществами, как экспрессность, портативность и возможность автоматизации анализа, что позволяет проводить анализы «на месте» и исключает возможность уменьшения концентрации аналитов в газовой пробе при транспортировке и хранении. Кроме того, предлагаемые динамические планарные микроэкстракционные системы соответствуют принципам «зеленой химии», так как их применение позволяет значительно сократить применение реактивов и органических растворителей.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проекта №608.

Список использованных источников:

1. Другов Ю.С., Родин А.А. «Мониторинг органических загрязнений природной среды. 500 методик» - 2-е изд., доп. и перераб. –М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 893с.
2. Другов Ю.С., Родин А.А. «Пробоподготовка в экологическом анализе».

Санкт-Петербург: «Анатолия», 2002. – 755 с.

3. Крылов В.А., Мосягин П.В., Михирев Д.А., Еремин С.А., Крылов А.В. «Методы определения органических веществ в воздухе» // Успехи химии, 2010, №6, с. 587-600

4. Spengler, J., Sundell, J., Tanabe, S., Nazaroff, B. «Editorial: deadly household pollution: a call to action» // Indoor Air 16/1, p. 2-3 (2006)

5. Золотов Ю.А., Цизин Г.И., Моросанова Е.И., Дмитриенко «Сорбционное концентрирование микрокомпонентов для целей химического анализа» // Успехи химии, 2005, Т. 74, №1, с.41-67

6. Березкин В.Г., Арутюнов Ю.И., Платонов И.А., Смыгина И.Н., Никитченко Н.В. Метод получения градуировочных смесей летучих компонентов и устройство для его осуществления. Патент РФ 2324173. Бюл. изобр. №13 от 10.05.2008.

7. Березкин В.Г., Платонов И.А., Арутюнов Ю.И., Колесниченко И.Н., Никитченко Н.В. Способ получения постоянных концентраций летучих органических соединений в потоке газа и устройство для его осуществления. Патент РФ 2465584. Бюл. изобр. №30 от 27.10.2012

8. Платонов И. А., Колесниченко И.Н., Лобанова М.С., Михеенкова А.Э. «Определение эндогенных маркеров в выдыхаемом воздухе с использованием хромато-десорбционных микросистем». XXV Менделеевская конференция молодых ученых: сборник тезисов (19-25 апреля 2015 г., Томск). – М.: Издательство «Национальное образование», 2015. -142 с.

ДОКЛАДЧИК:

Магомедов Мурад Умарович
(Magomedov Murad Umarovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Носовые кровотечения по данным стационаров РКБ
Nasal bleedings according to RCH

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Дагестанская государственная
медицинская академия(ДГМА)
(Dagestan state medical
academy (DGMA))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Магомедов Мурад Умарович
(Magomedov Murad Umarovich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В данной научной статье описаны наиболее частые причины возникновения носовых кровотечений. Рассмотрены традиционные и современные методы остановки носовых кровотечений, а так же имеются данные по внедрению нового метода, его преимуществ и недостатков.

Annotation

In this scientific article the most frequent reasons of developing of nasal bleedings are described. Examine traditional and modern methods of a stopping of nasal bleedings, and are also available data on introduction of a new method, its advantages and disadvantages.

Ключевые слова: носовые кровотечения, причины, эпистоп-3, современные методы остановки, тампонада

Keywords: nasal bleedings, reasons, epistop-3, modern methods of a stopping, tamponade

Актуальность темы

Среди спонтанных кровотечений, носовые кровотечения (НК) по частоте возникновения занимают первое место и являются наиболее распространенным показанием для экстренной госпитализации в ЛОР-стационары.

По статистическим данным число больных с НК госпитализируемых по экстренным показаниям в 2014г составил от 10-34% от общего числа стационарных Лор больных.

Актуальность изучения этиологии, патогенеза, диагностики, лечения и профилактики НК определяется широким их распространением и особенно трудностями возникающими при лечении данной группы пациентов. Поскольку НК чаще всего являются лишь симптомом различных заболеваний органов и систем организма, в лечебно-диагностическом процессе участвуют не только оториноларингологи, но и специалисты многих клинических дисциплин.

Цель

Целью данной работы является повышение эффективности лечения пациентов с носовыми кровотечениями различной этиологии на основании оптимизации методов первичного скорпомощного и последующего стационарного обследования и лечения этого контингента больных.

Материал и методы исследования

За 2014 год в приемное отделение РКБ обратилось по поводу НК 360 человек. Из них 55% мужчин и 45% женщин. Больные с НК часто обращались в зимние месяцы 31,2%, весенние месяцы 29,14%, на осенние и летние месяцы приходится почти одинаковое количество больных 18,72% и 20,9%. У больных отмечалось состояние

Рис. 1

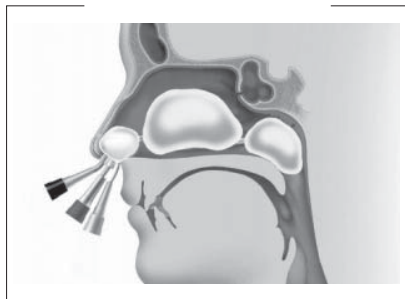


Рис. 2

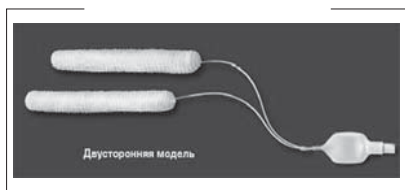
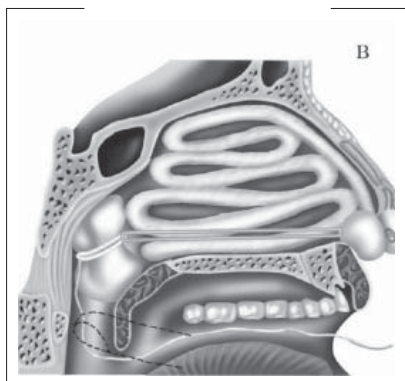


Рис. 3



эмоционального напряжения, беспокойства и страха. Местными причинами приводящими к НК явились различные травмы носа, околоносовых пазух и соседних анатомических образований, дистрофические изменения слизистой оболочки полости носа, атрофические формы ринита, кровоточащий полип и деформация перегородки носа. Общие причины-заболевания сердечно-сосудистой и кроветворной систем, гипертоническая болезнь, заболевание печени и почек, гипертермия при тепловом и солнечном ударе, перегревании и т.д. Диагноз НК для оториноларинголога не представляет особых затруднений и устанавливается на основании внешнего осмотра, передней риноскопии и фарингоскопии.

Способы остановки НК определяются прежде всего анатомической зоной их возникновения и возможностями которыми располагает врач. Многие зависят от материальной оснащенности приемного отделения, стационара, станции скорой помощи, так и от квалификации врача. Поэтому знакомство как с традиционными методами остановки НК, так и современными не только желательно, но и необходимо. Говоря о современных технологиях для остановки НК следует отметить разработку фирмы «Яртек Медикал»(Россия) в виде латексного катетера «Эпистоп-3» (Рис 1).

С помощью которого одновременно можно выполнить переднюю и заднюю тампонаду полости носа. Тампонада этим катетером проводится быстро, безболезненно, не травмируя слизистую оболочку носа. Баллоны катетера легко раздуваются, больной при этом не испытывает никакого дискомфорта. Для остановки НК исходящего из переднего отдела полости носа и для профилактики геморагий предложены носовые тампоны с гелевым чехлом, производство «Рапид Рено» Германия (Рис 2).

Гелевый чехол содержит активное гемостатическое вещество, которое способствует быстрому гемостазу, ускорению эпителизации и профилактики образования некрозов и синехий. Манжета легко прилаживается к анатомии полости носа и обеспечивает ровную, мягкую тампонаду. Несомненным преимуществом тампонады носа с помощью «Эпистоп-3» и гелевым чехлом является возможность ими пользоваться специалистами не владеющим ринологическими методами исследования. Высокая стоимость по сравнению с традиционными средствами тампонады носа ограничивает повсеместное их применение на регулярной основе.

В повседневной врачебной практике в условиях ограниченного обеспечения лечебных учреждений специальными лекарственными средствами, самым распространенным методом остановки НК остается тампонада носа с использованием марлевых турунд (Рис 3).

Данной методике присущи весьма серьезные недостатки: травматический характер проведения манипуляции, болезненность, возобновление кровотечения после извлечения тампона, отсутствие носового дыхания. В норме в ответ на введение марлевых турунд на участке соприкосновения тампона с окружающими тканями, особенно поврежденными, откладывается фибрин, с последующим формированием рыхлых спаек. Спустя 36-48 часов выпавший фибрин фиксирует тампон к тканям слизистой оболочки. Обычно в ЛОР-практике принято удаление тампона из полости носа через 2 суток –это приводит к разрушению нежных, рыхлых спаек, а также отхождению образовавшихся тромбов и к рецидиву кровотечения, иногда довольно интенсивному, что вынуждает врача к повторной тугой тампонаде.

На кафедре оториноларингологии ДГМА нами было предложено удалять тампон из полости носа поэтапно по мере его ослизнения, если при подтягивании турунды ощущается сопротивление или появляются признаки кровотечения, дальнейшие попытки освобождения полости носа должны быть прекращены. Обычно на 5-6 сутки происходит лизис фибрина и начинается его ослизнение. На 6-7 сутки тампон полностью ослизняется и можно свободно его извлечь, без усилий и без рецидива геморагии. В целях профилактики туботимпанита и нагноений за время нахождения тампона в носу больные получали профилактические дозы антибиотиков, а турунды ежедневно пропитывали растворами диоксида или мирамистина.

Предложенный метод на сегодняшний день показывает хорошие результаты.

Заключение

Опыт практической работы показал, что в борьбе с кровотечением из носа особое внимание следует уделять снятию эмоционального напряжения, беспокойства и страха не только у больного, но и сопровождающих пациента родственников. Излишнее возбуждение больного усиливает кровотечение. Изложенные выше приемы остановки НК будут полезны не только для оториноларингологов, но и для врачей смежных клинических дисциплин, в первую очередь врачам общей практики. Отметим также, что нередко результаты лечения больных с НК в немалой степени зависят от того, насколько правильно были установлены показания к тому или иному методу остановки кровотечения, насколько квалифицировано это было выполнено и какими материальными возможностями располагает лечебное учреждение.

ДОКЛАДЧИК:

Марин И. Н.
Член экспертной группы

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Лаборатория экологии
и морфологии морских
беспозвоночных Института
проблем экологии и эволюции
им. А.Н. Северцова РАН

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Марин И. Н.

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Изучение биологического разнообразия пещер Кавказа на примере
креветок рода *Troglocaris* Dormitzer, 1853 (Crustacea: Decapoda: Atyidae)

ТЕЗИСЫ:

Активное изучение пещерных креветок Кавказа началось в 1930–1950-х годах. На данный момент из пещер с территории юг-западной части России, Абхазии и западной части Грузии описано 5 видов рода *Troglocaris* (подрод *Xiphocaridinella*) и несколько подвидов, являющихся реликтами фауны Сарматского моря. В 2012 году в пещере Грубера (Воронья), в Абхазии, на глубине более 2000 метров было обнаружено подземное сообщество, которое на данный момент считается самым глубоким, его в составе также были креветки рода *Troglocaris*. На данный момент, предполагается большее число видов, так и более широкое распространение данной группы на Кавказе. Вообще, фауну пещер отличает большое количество эндемиков, ввиду особых экологических условий и изолированного расположения. При этом, большая часть составляющих фауну групп имеет крайне низкий потенциал к расселению и представляет собой замечательный объект для исследований с точки зрения биогеографии. Насколько выражена специфика спелеофауны в таксономическом и экологическом отношении? Представляет ли эта фауна единую биогеографическую область или между ними существуют границы? Чем питаются троглобионтные животные, и как устроены пищевые цепи в пещерных экосистемах? Эти стороны жизни пещерных организмов будет рассмотрены на примере ракообразных (креветок, изопод и амфипод) в представляемом докладе
Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента МК-4481.2014.4.

ДОКЛАДЧИК:

Марченков Александр
Александрович
(Marchenkov Aleksandr)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Государственное
образовательное учреждение
Высшего Профессионального
Образования Кировская
Государственная медицинская
академия Министерства
Здравоохранения Российской
Федерации
(Kirov State Medical
Academy (Kirov SMA))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Марченков Александр
Александрович
(Marchenkov Aleksandr)
Косых Александр Александрович
(Kosykh Aleksandr)
Сергеева Лариса Геннадьевна
(Sergeeva Larisa)
Осипов Арсений Владимирович
(Osipov Arseniy)
Селезнев Максим Константинович
(Seleznev Maksim)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

«Использование мск в регенеративной терапии хронических заболеваний
печени»
«Application of human mesenchymal stem cells in a regenerative therapy of
chronic liver diseases»

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Исследование мезенхимальных стволовых клеток (МСК) в регенеративной терапии хронических заболеваний печени направлено на совершенствование подходов к лечению патологии печени с использованием новейших достижений медицинской науки. В проведенном исследовании показана безопасность и эффективность трансплантации аутологичных МСК лабораторным животным с моделированным хроническим токсическим гепатитом, описана возможная модель регенерации пораженного органа под воздействием МСК. Разработаны протоколы введения клеток и способы оценки эффекта от лечения.

Annotation

An investigation of human mesenchymal stem cells (MSCs) in a regenerative therapy of chronic liver diseases is aimed at improving complex approaches to treatment of liver pathology. In this research safety and experimental efficiency of MSCs transplantation to animal models of chronic toxic hepatitis are demonstrated. There described probable ways of affected liver regeneration. Protocols of cells transplantation are designed with following objective estimation of the treatment's efficiency.

Ключевые слова: мезенхимальные стволовые клетки; клеточные технологии; регенерация; печень; заместительная терапия

Keyword: mesenchymal stem cells; cell technologies; cell differentiation; regeneration; liver; substitution therapy

Введение

Метод культуры клеток известен с начала XX века. С помощью данного метода производятся вакцинные препараты, осуществляется диагностика различных заболеваний, проводятся фундаментальные и прикладные исследования в области генетической инженерии, трансплантологии, молекулярной и клеточной биологии. Клеточные технологии открыли дорогу для клеточной терапии – нового раздела медицинской науки и

Рис. 1 - Субкультивированные МСК, плотный монослой. Ув. x200, неокрашенные клетки, инвертированная микроскопия

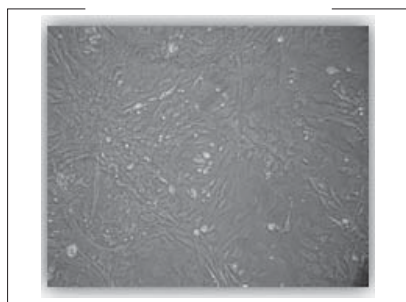


Рис. 2 - Содержание эритроцитов и лейкоцитов в периферической крови крыс

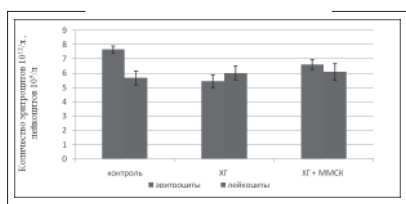


Рис. 3 - Влияние трансплантации МСК на митотический индекс гепатоцитов при хроническом гепатите

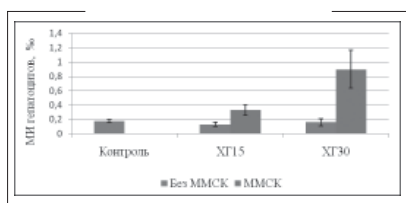
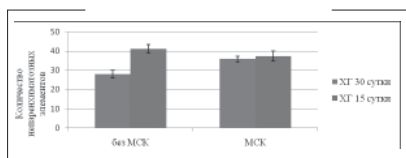


Рис. 4 - Количество непаренхиматозных элементов печени



практики, в развитии которого остро нуждается большое число пациентов в Российской Федерации. Для целей клеточной терапии применимы аутологичные клетки взрослого организма со свойствами стволовых – так называемые мезенхимальные стволовые клетки (МСК). Было показано, что они могут дифференцироваться во многие клеточные типы, что делает возможным разработку протоколов лечения большого количества трудноизлечимых на сегодняшний день заболеваний.

Возможность применения МСК для лечения заболеваний печени была продемонстрирована рядом авторов. Экспериментально подтверждены: возможность дифференцировки МСК в гепатоциты, регулирующее влияние МСК на процессы фиброза и регенерации в печени. На основе этих данных нами было предложено модифицировать способ введения стволовых клеток, а также исследовать эффект от трансплантации МСК с целью лечения хронического токсического гепатита.

Указ Президента РФ от 07.07.2011 г. №988 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» под номером 6 ставит Клеточные технологии, что подтверждает важность подобных исследований для отечественной науки.

Методы и материалы

Эксперимент проведен на 50 крысах линии Вистар. Хронический токсический гепатит (ХГ) моделировали введением 66% масляного раствора СС14 в дозе 0,1 мл на 100 г массы животного, 18 инъекций на курс. МСК получали из жировой ткани животных - доноров по методу Zus с коллагеназой. Клетки культивировали в среде α -МЕМ, дополненной 10% фетальной сыворотки и антибиотиками. В работу брались клетки не старше 5-6 пассажа.

Животных выводили из эксперимента на 15, 30 сутки. Дизайн эксперимента – контроль (интактные животные), группы с введением клеток (МСК), группы токсического гепатита (ХГ 15,30сут.), а также группы с лечением (ХГ 15-30 сутки + МСК). Введение клеток проводили интраоперационно в воротную вену в физиологическом растворе с гепарином (1 ЕД/мл) в количестве 1 мл. жизнеспособных клеток на животное.

Гистологическую оценку осуществляли на криостатных срезах печени, окрашенных гематоксилином-эозином. Оценивали количество непаренхиматозных элементов, индекс митотической активности. Оценивали изменения массы печени.

Безопасность применения метода оценивали по показателям периферической крови.

Для оценки лейкоформулы получали периферическую капиллярную кровь из кончика хвоста крыс. Мазок крови готовили по стандартной методике, высушивали и окрашивали по Май-Грюнвальд-Гимзе. В мазке подсчитывали лейкоцитарную формулу, а также оценивали показатели анизоцитоза и гипохромии эритроцитов в баллах.

Статистическую обработку данных проводили с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни.

Описание результатов

Результаты проведенного доклинического исследования МСК для лечения патологии печени (хронический токсический гепатит) доказывают положительный эффект от терапии экспериментальными препаратами МСК. Доказана безопасность применения данного метода.

В группе животных, получавших МСК, не было отмечено гибели, что необходимо считать достаточно показательной контрольной точкой. Оперативное вмешательство и введение клеток не привело к изменениям в лейкоформуле и увеличению содержания фибриногена, что мы расцениваем как отсутствие системного воспалительного ответа. Гистологическая картина печени крыс, получавших МСК, не отличалась от группы контроля. За период наблюдения морфологически не выявлено признаков канцерогенеза в печени – отсутствие явлений дисплазии, метаплазии, анаплазии. Также не отмечено фиброзирования органа, на фоне введения МСК. При этом небольшое повышение количества непаренхиматозных элементов в сравнении с контролем обусловлено персистенцией МСК в ткани печени.

К концу эксперимента наблюдались отсутствие статистически значимой активации цитолиза, активация эритропоэза, отсутствие активации воспалительного ответа, положительная динамика по исследованным показателям.

К 30-м суткам затухает системная воспалительная реакция, снижается содержание лейкоцитов в крови, нивелируются токсические эффекты четыреххлористого углерода на другие органы и системы, например на

систему кроветворения. Присутствуют остаточные явления интоксикации (анемия средней тяжести), но гемопоэз постепенно восстанавливается, о чем говорит нормализация цветового показателя крови.

На данном сроке наблюдения ведущим патологическим процессом остается синдром печеночной недостаточности. Тем не менее, дисфункция печени носит компенсированный характер, о чем свидетельствуют отсутствие цитолиза, нормализация абсолютной массы печени. Именно такая картина обычно наблюдается при лечении пациентов с хроническими гепатитами в терапевтическом стационаре: медикаментозно угнетается воспалительный процесс, но регенеративные резервы органа не задействуются.

Трансплантация МСК приводит к резкому повышению митотической активности гепатоцитов на 30 сутки не менее чем в 5 раз по сравнению с группой контроля, при этом столь активный пролиферативный процесс не приводит к морфофункциональному дисбалансу в ткани печени, цитолиз также не усиливается. Предполагается, что на срок 30 суток МСК активно трансдифференцируются в гепатоциты и пролиферируют.

Сохранение постоянного уровня непаренхиматозных элементов при введении МСК, начиная с 15 суток наблюдения, является благоприятным признаком высокой положительной активности микроокружения в печени. Это состояние выражается в уравнивании процессов фиброгенеза/фибролиза, всплеске митотической активности гепатоцитов.

Выводы:

Введение перпаратов МСК сопровождается положительными эффектами – наблюдается хорошая динамика изменения показателей митотического индекса, непаренхиматозных клеточных элементов.

Введение препарата безопасно, что подтверждается отсутствием воспалительных изменений в крови, отсутствием цитолиза в печени.

За время исследования не было выявлено появления атипичных клеток в печени, и других органах, не отмечено развитие фиброза печени.

Считаем проведенную экспериментальную работу успешной, препарат МСК безопасным. Считаем возможным начало клинических испытаний трансплантации аутологичных МСК при патологии печени (токсические гепатиты).

Работа выполнена при поддержке федеральной программы «У.М.Н.И.К.», договор на выполнение НИОКР по проекту №17248.

ДОКЛАДЧИК:

Машкина Антонина Андреевна
(Mashkina Antonina)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка одноразового шестиугольного ранорасширителя
Development of a disposable hexagonal retractor

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ГБОУ ВПО Тюменский
государственный медицинский
университет Минздрава России
(Tyumen State Medical University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Машкина Антонина Андреевна
(Mashkina Antonina)
Сидоренко Алексей Витальевич
(Sidorenko Aleksey)
Комаров Антон Петрович
(Komarov Anton)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Целью нашего проекта стало создание простого и надежного по конструкции, индивидуализированного по размеру для операции и пациента, одноразового ранорасширителя, который не требует обработки и стерилизации в процессе эксплуатации. При разработке модели мы пришли к выбору шестиугольной замкнутой конструкции на штифтовых соединениях. Модель первоначально была создана в 3D- графике, а затем опытный образец изготовлен на 3D-принтере. Наш ранорасширитель может применяться при операциях из мини-доступа. Это одно из простых и эффективных направлений малоинвазивной хирургии. Конструкция ранорасширителя, применение современных полимерных материалов и принцип одноразовости позволяет в дальнейшем создавать большое число модификаций и типоразмеров ранорасширителя, и подбирать оптимальный вариант для каждого пациента и каждой операции.

Annotation

Creation simple and reliable on a design, the individualized by the size for operation and the patient, disposable retractor who doesn't demand processing and sterilization in use became the purpose of our project. During development of model we came to a choice of the hexagonal closed design on bayonet bonds. The model was originally framed in 3D - graphics, and then the prototype is made on 3D - the printer. Our retractor can be applied at operations from mini-access. This one of the simple and effective directions of low-invasive surgery. The design of a retractor, use of modern polymeric materials and the principle of one-time use allow to frame many modifications and the sizes of a retractor. It will allow selection of optimum option of an instrument for each patient and each operation.

Ключевые слова: медицина; хирургия; ранорасширитель; мини-доступ

Keywords: medicine; surgery; retractor; mini-access

Актуальность. В настоящее время операции с применением малых доступов приобретают все большую популярность [1, 3, 8, 11]. Первоначально снижение величины хирургического доступа было направлено на облегчение физических страданий пациентов после операции. В дальнейшем выяснилось, что такой подход влечет за собой глобальные последствия в виде снижения числа осложнений и летальных исходов, сокращение сроков лечения и реабилитации, выраженности стойких функциональных и косметических последствий, к экономии финансовых и материальных затрат [2, 4, 5, 6, 7, 11]. Операции из мини-доступа – одно из простых и эффективных направлений малоинвазивной хирургии. Хирургический доступ формируется в виде конуса, расширяющегося вглубь тканей, в сторону объекта оперирования. В отличие от лапароскопического и вентроскопического способов оперирования, при данной технологии форма операционного пространства поддерживается жестко с помощью закрепленных зеркал. При выполнении операции из мини-доступа применяются специальные наборы инструментов «Мини-Ассистент».

В процессе накопления клинического опыта оказалось, что один даже самый универсальный ранорасширитель не может охватить весь спектр операций. [9, 10]. Дорогие и сложные ранорасширители требуют тщательной предстерилизационной обработки и длительной стерилизации, что снижает эффективность практического использования.

У авторов возникла идея – создать простой, индивидуализированный для каждой операции и пациента ранорасширитель, не требующий обработки и стерилизации в процессе эксплуатации.

Цель исследования. Создать простой и надежный по конструкции, индивидуализированный по размеру для операции и пациента одноразовый ранорасширитель.

Материал и методики.

В процессе создания оригинальной модели ранорасширителя были выдвинуты следующие конструктивные требования:

Простая конструкция и достаточная прочность.

Возможность адаптировать размер под вид операции и антропометрию пациента.

Ранорасширитель не должен требовать обработки и стерилизации в процессе эксплуатации.

Модель первоначально была создана в трехмерной 3D- графике, а затем

опытный образец изготовлен на 3D- принтере.

Материал и методики.

Для реализации первого пункта технического задания мы пришли к выбору шестиугольной замкнутой конструкции на штифтовых соединениях (рис.1).

Два равнобедренных треугольника изначально геометрически определяют прочность конструкции. Изменяя длины сторон треугольника, можно получить неограниченное число размеров конструкции. Длина лопаток ранорасширителя также может меняться, что удобно при использовании у пациентов с различной степенью выраженности подкожной клетчатки.

Уйти от проблем предстерилизационной очистки и стерилизации мы решили путем исходной одноразовости ранорасширителя. Такой подход для хирургических ранорасширителей, которые считаются достаточно сложным и дорогостоящим медицинским инструментарием, пока не применяется. Хирургические ранорасширители пока непременно выполняются из высококачественной медицинской стали, исходя из целей максимально большого числа циклов использования. Вместе с тем наличие современных полимерных материалов давно и полностью вытеснило многоразовые (стеклянные) шприцы, многоразовые (металлические) смотровые зеркала, и идет планомерное наступление одноразовых инструментов в эндоскопической хирургии. Прочность у современных медицинских полимерных материалов достаточная, чтобы надежно и стабильно развести края раны, а современные технологии штамповки полимерных изделий и промышленной гамма-стерилизации позволяют быть уверенным в низкой стоимости изделия.

Выводы

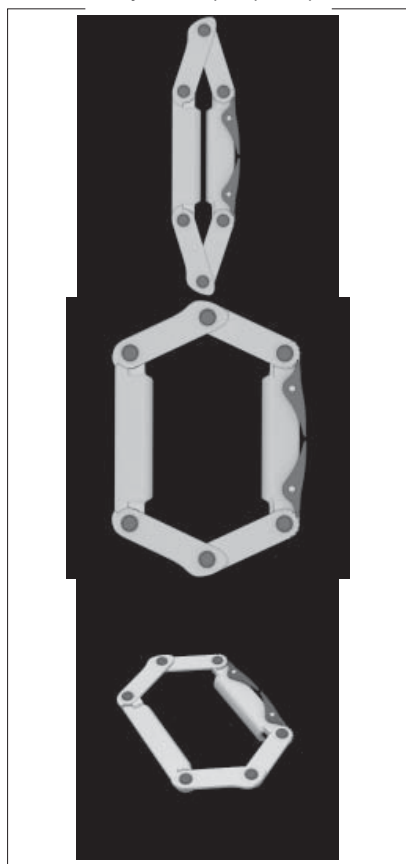
В 3D-модели реализована идея создания простого, недорогого по себестоимости хирургического ранорасширителя.

Конструкция ранорасширителя, применение современных полимерных материалов и принцип одноразовости позволяет в дальнейшем создавать большое число модификаций и типоразмеров ранорасширителя, и подбирать оптимальный вариант для каждого пациента и каждой операции.

Литература:

1. Машкин А.М. Опыт применения операции открытого лапароскопического ушивания перфоративных гастродуоденальных язв. / А.М. Машкин, Р.В. Зиганшин, В.М.Тихомиров // Медицинская наука и образование Урала - 2005-№2- с.89-91
2. Машкин А.М. Анализ эффективности мини-доступа при операциях по поводу грыж передней брюшной стенки в условиях центральной районной больницы. / А.М. Машкин, И.А. Алимов, А.Б. Преферансов // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. - 2012.- №1.-с. 164-167
3. Машкин А.М. Аппендэктомия из минидоступа в лечении острого аппендицита. / А.М. Машкин, В.Я. Роган, С.Л. Царик и др. // Пособие для врачей, Тюмень, 2011
4. Машкин А.М. Аппендэктомия с использованием минилапаротомного доступа. / А.М. Машкин, В.Я. Роган, А.С. Мандриченко // Медицинская наука и образование Урала - 2007-№6- с.86-87
5. Машкин А.М. Девятилетний опыт применения минилапаротомного доступа в ЗАО МСЧ «Нефтяник». / А.М. Машкин, Р.В. Зиганшин, С.Л. Бессонов // Медицинская наука и образование Урала - 2008-№1- с.26-30
6. Машкин А.М. Клинико-экономическая эффективность мини-доступа в условиях районной хирургии / А.М. Машкин, И.А. Алимов, Г.И. Катаева и др.// Медицинская наука и образование Урала - 2011-№3- с. 82-83
7. Машкин А.М. Клиническая и медико-социальная эффективность технологии мини-доступа при остром аппендиците / А.М. Машкин, В.Я. Роган, И.В. Литвиненко // Медицинская наука и образование Урала - 2010-№2- с.80-81
8. Машкин А.М. Малоинвазивная хирургия – мода или неизбежность? / А.М. Машкин // Медицинская наука и образование Урала - 2005-№2- с.85-88
9. Машкин А.М. Наш опыт операций с использованием минилапаротомного доступа при остром аппендиците. / А.М. Машкин, В.Я. Роган, И.В. Литвиненко // Медицинская наука и образование Урала - 2008-№1- с.84-85
10. Машкин А.М. Сравнительная характеристика традиционного доступа и минидоступа при аппендэктомии у детей в условиях центральной районной больницы. / А.М. Машкин, И.А. Алимов // Медицинская наука и образование Урала - 2011-№4- С.53-55.
11. Прудков М.И. Основы минимально инвазивной хирургии. –Екатеринбург. 2007. 64 с.

Рис. 1 - Шестиугольный ранорасширитель



ДОКЛАДЧИК:

Мухатаева Жанар Жанбулатовна
(Mukhataeva Zhanar Zhanbulatovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Омский Государственный
технический университет (ОмГТУ)
(Omsk State Technical
University (OmSTU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Мухатаева Жанар Жанбулатовна
(Mukhataeva Zhanar Zhanbulatovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Загрязнение почвы селитебной зоны поселка Степной г. Омска
нефтепродуктами и методы рекультивации.

Soil pollution residential area of the village Steppenwolf city Omsk oil products
and methods of remediation

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В январе 2012 года в поселке Степной г. Омска произошла авария на котельной, в окружающую среду вылилось более 10 тонн мазута. Был введен режим чрезвычайной ситуации, проводятся работы по биологической рекультивации земельного участка, загрязненного нефтепродуктами.

Annotation

In January 2012, in the village of Omsk Steppenwolf accident occurred in the boiler room, the environment has poured more than 10 tons of fuel oil. was Regime introduced emergency, goes work on biological remediation of land contaminated by oil products.

Ключевые слова: нефтепродукты, рекультивация, селитебная зона, экологическое бедствие, сорбенты

Keywords: oil reclamation, residential area, ecological disaster, sorbents

Объектом исследования являлись технологии рекультивации городских почв. Цель работы – разработка и апробация комплекса оригинальных технологий рекультивации загрязненных и деградированных почв на территории Омской области в п. Степной.

К загрязнению селитебной зоны привел выброс на участок вокруг котельной № 127 около 60 тонн нефтепродуктов, общая площадь загрязнения составляет 270 м².

Засыпая места разлива мазута грунтом, увеличивается масштабы экологического бедствия, что нарушает нормы предписанные судом о рекультивации территории.

Используется множество методов для ликвидации нефтяных загрязнений с поверхности, в т.ч. механические, физико-химические, биологические, фотохимические. Сорбционная очистка считается одной из наиболее эффективных.

В результате исследования были обозначены основные этапы работ при применении комплексов технологий рекультивации загрязненных и деградированных городских почв - подготовительный, агроэкотехнологический и мелиоративно-биотехнологический. Выявлены стадии проведения каждого из этих этапов. Была показана высокая эффективность использования препаратов на основе высоких концентраций гуминовых веществ и гидрогеля для ремедиации и поддержания биологической продуктивности почв промышленных территорий [1].

Для производств сорбентов используется природное синтетическое, минеральное и органическое сырье. Известно использование в качестве исходного сырья для получения нефтяных сорбентов лигноцеллюлозного сырья, мхов и торфов [2, 3].

Основные свойства нефтяных сорбентов нефтеёмкость и влагоемкость (водопоглощение, плавучесть), также зависят от содержания органического вещества в сапропеле и остаточной влажности, которые в свою очередь определяются условиями термообработки - конечной температурой, скоростью нагрева и продолжительностью термообработки.

В интересах устойчивого развития региона необходимо вовлекать в переработку местные ресурсы сырья. В этой связи важным для Омской области является переработка озерно-болотных отложений - сапропелей.

Разведанные запасы сапропелей Омской области оцениваются в 156 миллионов тонн.

Перспективным направлением применения данного вида природного сырья является приготовление сорбентов на его основе. Такие сорбенты могут быть использованы для очистки сточных вод промышленных предприятий различного профиля. В Омском промышленном регионе, в котором сосредоточены нефтеперерабатывающая, машиностроительная и другие отрасли, очистка сточных вод является весьма актуальной проблемой [4].

В результате обработки нативного сапропеля (содержание ОВ 73,2%) в несколько стадий (формование, карбонизация в неокислительной среде, активация водяным паром) получены образцы сорбентов СФМА - 1, СФМА - 2, СФМА - 3 в виде черенков диаметром 3-5 мм. Условия синтеза сапропелевых углеродных сорбентов приведены в таблице 1.

В таблице 2 приведены физико-химические характеристики полученных сорбентов: насыпная плотность, зольность Ас, удельная поверхность Суд, суммарный объем пор по влагоемкости, йодное число. Увеличение степени активации (потери массы при активации) приводит к росту суммарного объема пор. С увеличением суммарного объема пор углеродного сорбента растет его адсорбционная способность. Определение осветляющей

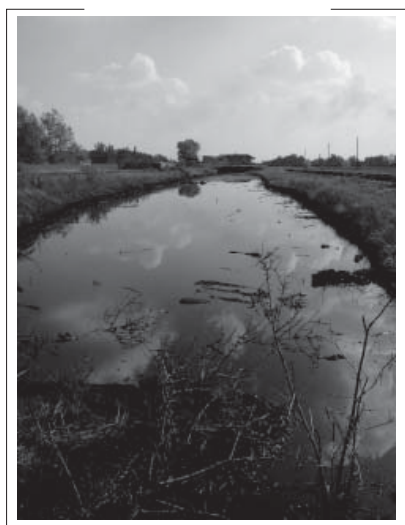
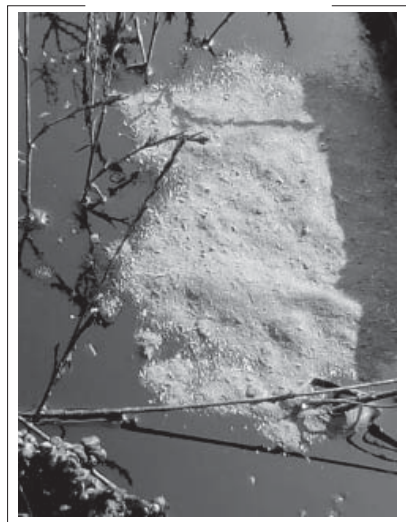


Таблица 1

Сорбент	Температура, °С		Потеря массы, %	
	карбонизация	активация	прикарбонизации	приактивации
СФМА -1	600	620	11,1	9,8
СФМА -2	600	700	11,1	16,6
СФМА -3	600	750	11,1	26,5

Таблица 2

Сорбент	ρ , г/см ³	Ас, %	Суд, м ² /г	VΣ, см ³ /г	Йодное число, мг/г
СФМА – 1	0,35	51,2	120,4	0,74	14,7
СФМА – 2	0,33	58,5	175,2	0,85	23,3
СФМА – 3	0,3	64,8	165,0	0,94	28,7



способности по йоду является наиболее распространенной методикой определения адсорбционных показателей углеродных сорбентов.

Полученные сорбенты обладают достаточно развитой пористой структурой: суммарный объем пор 0,74 - 0,94 см³/г, удельная поверхность 120 - 170 м²/г. Такое соотношение удельной поверхности и суммарного объема пор характерно только для мезо-макропористых сорбентов. Наличие в сорбенте крупных пор, в которых перенос реагирующих веществ осуществляется за счет молекулярной диффузии, облегчает доступ реагентов вглубь сорбента и значительно увеличивает скорость реакции. Эту особенность полученных сорбентов необходимо особо подчеркнуть, так как известные способы получения углеродных материалов из природного органического сырья – древесины различных пород, лесосечных отходов, торфа, каменного угля, косточек различных плодов не дают возможности получать материалы с низким содержанием микропор и высоким содержанием мезо- и макропор.

Полученная серия углеродсодержащих образцов была применена для сорбции растворенных нефтепродуктов из модельных растворов. Модельный насыщенный водный раствор нефтепродуктов был приготовлен с использованием летнего дизельного топлива и содержал 950 мг/л нефтепродукта в растворенном состоянии. Концентрацию нефтепродуктов в воде определяли спектрофотометрическим методом.

Проведено сравнение сорбентов по эффективности удаления растворенных в воде нефтепродуктов. Продолжительность сорбции составляла 1 час, исходная концентрация нефтепродуктов 22 мг/л. Все сорбенты показывают примерно одни и те же значения по минимальному остаточному содержанию (0,8-1,1 мг/л) и степени очистки (95-96%) [5].

Экономическое обоснование:

стоимость сорбента от 80 до 90 рублей за килограмм.

$X = ((0,1 \times Y) + (Y \div 16)) \div Z$;

где X-емкость сорбента, Y-насыпная плотность, Z-процент гидрофильности.

$X = ((0,1 \times 230) + (230 \div 16)) \div 1,6 = 2,36$ кг необходимо на 1 м кв.

Площадь загрязнения составляет 270 м кв. значит нам необходимо $2,36 \times 270 = 637,2$ кг сорбента.

637,2 кг сорбента будут стоить от 50976 руб. до 57348 руб.

В настоящее время в Российской Федерации разработано более 50 биопрепаратов на основе углеводородокисляющих бактерий, актиномицетов и микроскопических грибов.

Рекультивация нефтезагрязненных земель вышеописанным способом является экологически безопасной и экономически выгодной, позволяющей в относительно короткие сроки восстановить нарушенный нефтезагрязнением биоценоз и вернуть их в активное землепользование.

Список использованных источников:

1. Яппаров А.Х., Дегтярева И.А., Хидиятуллина А.Я. Комплексный подход к рекультивации нефтезагрязненных почв // Современные проблемы науки и образования, - №1. – 2012.
2. Королев В. А. Очистка грунтов от загрязнений. – М., МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 365с.
3. Надеин А. Ф. Очистка воды и почвы от нефтезагрязнений // Экология и промышленность России, ноябрь 2001 г., с. 24-26
4. Коваленко Т. А., Кривonos О. И., Плаксин и др. Оценка эффективности очистки сточных вод от растворенных нефтепродуктов на сапропелевых сорбентах // Материалы Международной научно-практической конференции «Сапропель и продукты его переработки» Омск, 2008. С. 57-59.
5. Вяткин И. А., Лустова Т. Н., Вяткина Г. А. Сапропелевые ресурсы Омской области: история изучения и применения минерально-сырьевая база, перспективы развития // Материалы Международной научно-практической конференции «Сапропель и продукты его переработки» Омск, 2008. С. 7-11.

ДОКЛАДЧИК:

Назаров Андрей Васильевич
(Nazarov Andrei Vasilevich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГБОУ ВПО «Астраханский
Государственный Факультет»
(Astrakhan State Department)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Назаров Андрей Васильевич
(Nazarov Andrei Vasilevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка специфичных питательных сред для культивирования
изолированных клеток млекопитающих и человека в условиях *in vitro*
Development of specific culture medium for culturing isolated mammalian and
human in the *in vitro*

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

На сегодняшний день биотехнология – одно из перспективнейших направлений развития науки и производства. Она ставит перед собой множество задач, пытается решить современные проблемы нетипичными подходами и методами. Манипуляции с клеткой – очень интересное и многообещающее ответвление. Оно набирает популярность и свою практическую значимость для медицины. Наша задача – создать оптимальные по составу питательные среды, которые смогли бы по полной обеспечить клетку всеми необходимыми компонентами для роста и развития в условиях *in vitro*. Это позволит облегчить задачу по выращиванию клеток лабораториям и научным центрам.

Annotation

To date, biotechnology - one of the promising areas of science and industry. It poses a lot of problems trying to solve the current problems of atypical approaches and methods. Manipulation of the cell - a very interesting and promising branch. It is gaining in popularity, and its practical significance for medicine. Our task - to create optimal nutrient composition of the medium, which could provide the full cage all the necessary components for the growth and development under *in vitro*. This will make it easier for growing cell laboratories and research centers.

Ключевые слова: питательные среды, органные и тканевые экстракты, биологически активные вещества, гомологичность, клеточные культуры, пролиферативная активность, культивирование в условиях *in vitro*, клетки млекопитающих и человека.

Tags: nutrient medium, organ and tissue extracts, bioactive substances, homology, cell cultures the proliferative activity in the culture conditions *in vitro*, mammalian and human cells.

В настоящее время все большую практическую значимость приобретают работы по выращиванию в условиях *in vitro* различных клеток и тканей животных и человека в специализированных научных центрах и лабораториях по всему миру.

В процессе роста клетка испытывает потребность в получении специфических факторов роста и питательных веществ, удовлетворить которые можно внесением узкоспециализированных питательных сред. В связи с этим возникла необходимость поиска гомологичных культивируемым клеткам органических компонентов, обладающих высокой органной и тканевой специфичностью, системами доставки питательных веществ в гомологичные органы или ткани, а также высокой биодоступностью и усвояемостью для клеточного материала.

Цель проекта – разработка специфичных питательных сред для культивирования изолированных клеток млекопитающих и человека в условиях *in vitro*.

Нами на базе лаборатории биотехнологий Астраханского государственного университета проводились исследования по выращиванию в условиях *in vitro* различных типов клеточных культур млекопитающих, в частности печени. В качестве питательных сред нами использовались универсальные солевые растворы, а также эмбриональные телячьи сыворотки. Однако использование данных питательных субстратов не позволило получить положительных результатов, в связи с чем, возникла идея разработать узкоспецифичные среды с использованием биокомпонентов, полученных из зрелых тканей и органов животных. Предварительные испытания данных биокомпонентов открыли перспективы для их дальнейшего использования.

На сегодняшний день в России насчитывается более 8000 лабораторий, в первую очередь микробиологические, которые либо изготавливают среды самостоятельно, что не гарантирует стабильного качества, либо используют импортную продукцию, что невыгодно с экономической точки зрения.

На рынке представлено большое количество готовых питательных сред импортного производства (компании PAA Laboratories, Biological Industries Ltd., PAN-Biotech), в связи с чем данных сред из-за специфичности использования не бывает в наличии у компаний-посредников, они имеют

высокую стоимость, а также из-за своей универсальности не способны удовлетворить потребности различных тканей и клеток млекопитающих в процессе культивирования, кроме того для некоторых из них они являются цитотоксичными. В России единственный промышленный производитель готовых питательных сред - ООО «ЦФГС» (центральная фабрика готовых сред) - производит питательные среды только для культивирования микроорганизмов.

Мы предлагаем готовые стерильные питательные среды для культивирования клеток млекопитающих и человека в условиях *in vitro*. Продукт будет реализовываться во флаконах объемом от 250 мл до 1 литра с необходимой нормативно-технической документацией. В состав питательных сред будет входить базовая минеральная среда (Игла MEM, BME, Эрла, Хенкса), а также оригинальные компоненты животного происхождения, гомологичные культивируемым клеточным культурам.

Разрабатываемые нами питательные среды будут содержать гомологичные культивируемым клеткам органические компоненты, обладать высокой органной и тканевой специфичностью, системами доставки питательных веществ в гомологичные органы или ткани, а также высокой биодоступностью и усвояемостью для клеточного материала благодаря сбалансированному содержанию белков, аминокислот, регуляторных веществ, факторов роста и др. ценных биоконпонентов.

Целевыми потребителями могут быть медицинские, ветеринарные учреждения, животноводческие комплексы, научно-исследовательские институты и лаборатории в пределах России и за рубежом. В России существует около 1000 лабораторий, занимающихся культивированием клеточных культур для различных целей, которые являются потребителями данного вида продуктов.

Проект реализуется в два этапа:

1. на первом этапе проводятся исследования по выделению экстрактов из органов и тканей животных: анализ и подбор оптимальных методов для получения экстрактов из тканей и органов животных; получение стерильных органных и тканевых экстрактов;

микробиологическая, вирусологическая и токсикологическая оценка полученных экстрактов; изучение биохимического состава органных и тканевых экстрактов;

2. на втором этапе будет изучена ростостимулирующая активность и цитотоксическое влияние полученных органных и тканевых экстрактов: апробация органных и тканевых экстрактов для культивирования гомологичных клеточных культур в условиях *in vitro*; оценка жизнеспособности клеточного материала и качества клеточных линий после серии субкультивирований и длительного поддержания в условиях *in vitro*; выявление цитотоксического влияния органных экстрактов на рост клеточных культур; получение и апробация опытных образцов готовых питательных сред.

В качестве объектов интеллектуальной собственности нами будут предложены:

- патент на изобретение составов оригинальных питательных сред для культивирования изолированных клеток животных и человека,
- электронная база данных по условиям культивирования в условиях *in vitro* различных типов животных клеточных культур.

Что касается рисков данного проекта, то хотелось бы выделить следующие:

1. Работа с биологическими объектами всегда сопряжена с риском заражения его в процессе культивирования.
2. Данный проект строится на основе проведенных лабораторных экспериментов, а также теоретических данных, поэтому существует риск получения неудовлетворительных результатов исследований
3. Риски, связанные с реализацией продукта, зависят от качества продукта и воспроизводимости технологического процесса, на эффективность которых и направлен проект.
4. Появление прямого конкурентного продукта отечественного производства

Список опубликованных работ по теме доклада:

1. Zemkov, G., Akimochkina (Pochevalova), T., Shigaev, D. Cryopreservation of fish gonad explants and their following cultivation as a genetic conservation technique. *Biotechnology in Medicine, Foodstuffs, Biocatalysis, Environment and Biogeotechnology* - N.Y.: Nova Science Publishers, 2010. - pp. 129-131.
2. Назарова А.Р., Попко К.В., Почевалова Т.И. Разработка питательных сред на основе органных и тканевых экстрактов для поддержания клеточных

культур в условиях *in vitro*. – Всероссийская научно-практическая конференция «Исследования молодых ученых – вклад в инновационное развитие России» (г. Астрахань, 2-4 октября 2013 г.). – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2013. – С. 153-154.

3. Назаров А.В., Почевалова Т.И. Разработка специфичных питательных сред для культивирования изолированных клеток млекопитающих и человека в условиях *in vitro*. – Молодежная научно-практическая конференция «Инновационное предпринимательство» (г. Астрахань, 5-7 ноября 2014 г.). – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2014. – С. 194-195.

ДОКЛАДЧИК:

Несова Арина Владимировна
(Nesova Arina Vladimirovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Технология экологического мониторинга опасных объектов и территорий на основе обработки аэрокосмических снимков средствами генетических алгоритмов

The technology for environmental monitoring of hazardous objects and territories based on the processing of space images by means of genetic algorithms

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Рязанский государственный
радиотехнический университет
(РГРТУ)
(Ryazan State Radio Engineering
University (RSREU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Несова Арина Владимировна
(Nesova Arina Vladimirovna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В работе представлена технология, позволяющая осуществлять мониторинг экосистем, включая оценку и прогнозирование состояния наблюдаемого объекта или территории под воздействием неблагоприятных факторов, поиск источников загрязнения, контроль вредных выбросов, мониторинг природных ресурсов. В основе технологии лежат генетические подходы и алгоритмы, позволяющие проводить эволюционное моделирование процессов. Полученный в результате работы программный модуль позволяет моделировать динамику изменений основных параметров экосистем, динамику взаимодействия экосистемы с ее окружением для своевременного прогнозирования экологических катастроф и адекватной оценки масштаба ущерба, нанесенного катастрофами, а так же предоставляет возможность контроля состояния опасных объектов и территорий.

Annotation

The paper presents a technology that allows monitoring of ecosystems, including the assessment and prediction of the state of the observed object or area under the influence of adverse factors, the search for sources of pollution, monitoring of emissions, monitoring natural resources. The technology lie genetic approaches and algorithms that allow the simulation of evolutionary processes. The resulting work program module allows to simulate the dynamics of changes in the basic parameters of ecosystems, ecosystem dynamics of interaction with its environment for the timely prediction of environmental disasters and an adequate assessment of the scale of damage caused by disasters, and also provides the ability to monitor the status of hazardous objects and territories

Ключевые слова: экологический мониторинг, аэрокосмические снимки, генетические алгоритмы, экология, технология

Keywords: экологический мониторинг, аэрокосмические снимки, генетические алгоритмы, экология, технология

Экологические катастрофы являются одними из самых тревожных проблем современности и мира в целом. Ежегодно все живое на планете Земля подвергается экологическим воздействиям как природного, так и техногенного характера, что приводит к огромным финансовым потерям, разрушенным жизням и необратимым последствиям[3].

Существуют следующие методы экологического мониторинга:

Дистанционные:

аэрокосмические наблюдения посредством применения спутников, данных дистанционного зондирования Земли, для обнаружения катастроф, изменений в биосфере и на водных объектах;

авиационные наблюдения посредством самолетов, вертолетов и т.д., для нахождения региональных и локальных изменений, нахождение источников антропогенного воздействия на определенную конкретную территорию.

Наземные:

Биологические наблюдения: для определения изменений в почве и в растительном мире.

химические наблюдения: посредством применения химических средств.

Наиболее перспективным с точки зрения применения современных информационных технологий и эффективности являются методы, основанные на обработке данных дистанционного зондирования Земли.

Это свидетельствует об актуальности работы и дает сильную мотивацию к разработке новых эффективных технологий экологического мониторинга опасных объектов и территорий на основе генетических подходов к обработке аэрокосмических снимков.

Разработанная технология позволяет осуществлять мониторинг экосистем, включая оценку и прогнозирование состояния наблюдаемого объекта или территории под воздействием неблагоприятных факторов, поиск источников загрязнения, контроль вредных выбросов, мониторинг природных ресурсов[4].

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации и Совета по грантам Президента Российской Федерации (грант № СП-553.2015.3).

Цель работы - информационная поддержка процедур принятия управленческих решений в области мониторинга экологической обстановки, оценке и прогнозированию состояния опасных объектов, учета и использования природных ресурсов[2].

Задачи работы:

- разработка новых методов космического мониторинга опасных объектов и территорий с применением генетических подходов;
- разработка алгоритма оценки состояния опасных объектов и территорий на основе генетического подхода и данных дистанционного зондирования Земли;
- разработка алгоритма прогнозирования состояния опасных объектов и территорий на основе генетического подхода и данных дистанционного зондирования Земли;
- разработка алгоритма прогнозирования рисков экологических катастроф на основе логико-вероятностного управления риском;
- разработка метода и алгоритма классификации опасных объектов на космических снимках[1].

В работе применяются следующие методы:

- методы предварительно обработки данных дистанционного зондирования Земли;
- методы адаптивной генетической обработки данных;
- методы сегментации изображений[5].

Для проведения экспериментальных исследований применяются следующие материалы:

- космические снимки, полученные с помощью российского космического аппарата «Канопус - В» с разрешением 2,5 м (панхроматический режим) и 12 м (мультиспектральный режим);
- космические снимки, полученные с помощью российских космических аппаратов «Метеор-М» и «Электро»[6].

Особое внимание в работе уделяется эволюционному моделированию, включающему применение генетических алгоритмов в задачах экологического мониторинга опасных объектов и территорий.

Общий вид представляемого генетического алгоритма экологического мониторинга (рис. 1) представляет собой следующее:

Исходные данные: некоторая экологическая система.

Шаг 1. Находим участки, подвергшиеся загрязнению со следующими значениями.

Шаг 2. Выделяем объекты, подвергшиеся загрязнению $x_i, i = \overline{1, n}$

Шаг 3. Находим источники загрязнения, которые оказывают воздействие на экосистему y_j , где $j = \overline{1, m}$.

Шаг 4. Определяем степень влияние каждого источника загрязнения на каждый объект экосистемы r_{ij} , где $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{2, m}$.

Шаг 5. Вычисляем суммарное влияние всех источников загрязнения

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^m r_{ij}$$

Шаг 6. Если влияние минимально, то переходим к концу алгоритма, иначе генерируем новую популяцию посредством операторов «селекции» S , «скрещивания» C , «мутации» M : $\{x^{k+1} = M \cdot C \cdot S(x^k R^k)\}$, далее переходим к шагу 4[7].

В результате выполнения работы получены следующие научно-технические

Рис. 1 - блок-схема генетического алгоритма экологического мониторинга

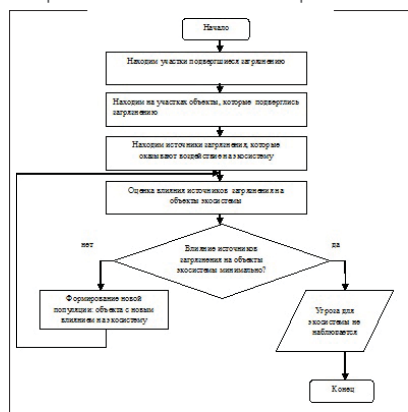
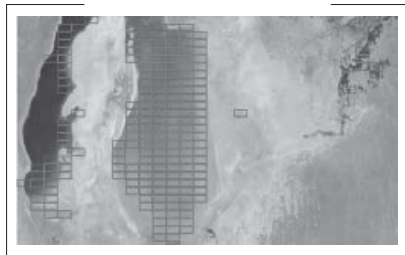


Рис. 2 - исходный космический снимок морского побережья



Рис. 3 - результаты работы генетического алгоритма



результаты:

- разработаны методы и эволюционные генетические алгоритмы космического мониторинга опасных объектов и территорий;
- разработаны адаптивные генетические алгоритмы прогнозирования состояния опасных объектов и территорий на основе данных дистанционного зондирования Земли;
- разработаны нейросетевые алгоритмы прогнозирования рисков экологических катастроф;
- проведен анализ опасных объектов и территорий на примере Рязанской области, представляющих опасность природного и техногенного;
- проведены экспериментальные исследования по оценке рисков возникновения экологических катастроф на исследуемой территории с помощью разработанных методов и алгоритмов;
- проведены экспериментальные исследования по прогнозированию состояния исследуемых опасных объектов с помощью разработанных методов и алгоритмов.

Полученный в результате работы программный модуль позволяет моделировать динамику изменений основных параметров экосистем (рис. 2, 3), динамику взаимодействия экосистемы с ее окружением для своевременного прогнозирования экологических катастроф и адекватной оценки масштаба ущерба, нанесенного катастрофами, а так же предоставляет возможность контроля состояния опасных объектов и территорий[8].

Список используемых источников

1. Колесенков А.Н., Костров Б.В., Ручкин В.Н. Нейронные сети мониторинга чрезвычайных ситуаций по данным ДЗЗ // Известия ТулГУ. Технические науки. - Тула: ТулГУ, 2014. Вып. 5. С. 220-225.
2. Kolesenkov A.N., Kostrov B.V., Ruchkin V.N. Emergencies monitoring and preventing // Proceedings - 2013 2nd Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2013, Budva, Montenegro. PP. 263 - 265.
3. Колесенков А.Н., Юрьев П.Н. Разработка алгоритма аэрокосмического ГИС-мониторинга экосистем // Актуальные проблемы математики и информатики: теория, методика, практика: сборник научных трудов. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2015. С. 143-147.
4. Колесенков А.Н., Несова А.В. Алгоритмы сетевого анализа в геоинформационных системах мониторинга чрезвычайных ситуаций // Вопросы науки: Современные технологии и технический прогресс. - Воронеж, 2015. С. 101-104.
5. Таганов А.И., Таганов Р.А. Метод определения важности субъективно связанных рисков качества программных проектов // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2002. № 10. С. 59-64.
6. Агафонов А.М., Колесенков А.Н., Сарычев Н.А. Применение метода нечеткой кластеризации элементов аэрокосмических изображений для мониторинга территорий и опасных объектов // Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 апреля 2015 г.: в 14 томах. Том 10. Тамбов: Юком, 2015. С. 16-17.
7. Газизов Т.Т. Моделирование систем // Томск: ТГПУ, 2015. 230 с.
8. Акинин М.В., Акинина Н.В., Никифоров М.Б. Применение нейросетевых методов анализа главных компонент при решении задач обработки данных дистанционного зондирования Земли. World & Science: Brno (Czech Republic), 2014. С. 177-183.

ДОКЛАДЧИК:

Пирюева Татьяна Андреевна
(Pirueva Tatyana Andreevna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ГБОУ ВПО «Красноярский
государственный медицинский
университет им. проф. В.Ф.
Войно-Ясенецкого» МЗ РФ
(Krasnoyarsk State Medical
University named after Prof.
V.F.Voino-Yasnetski)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Пирюева Татьяна Андреевна
(Pirueva Tatyana Andreevna)
Зенкина Александра Евгеньевна
(Zenkina Aleksandra Evgenevna)
Карабаева Оксана Васильевна
(Karabaeva Oksana Vasilevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка устройства и технологии эрадикации микробных биопленок в хирургии
Development of devices and technology of eradication of microbial biofilms in surgery

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Проект направлен на разработку устройства и технологии эрадикации микробных биопленок в хирургии за счет локальной обработки озono-кислородной газовой смесью загрязнированных биологических тканей без превышения предельно допустимой концентрации озона в атмосфере внешней среды.

Annotation

The project aims to develop devices and technology of eradication of microbial biofilms in surgery on account of local treatment of ozone-oxygen gas mixture contaminated with biological tissues without exceeding the maximum allowable concentration of ozone in the atmosphere of the environment.

Ключевые слова: хирургические инфекции; эрадикация; микробные биопленки; антисептики; озон; озono-кислородная газовая смесь

Keywords: surgical infection; microbial biofilms; eradication; antiseptics, ozone; ozone-oxygen gas mixture

Актуальность

На протяжении всей истории хирургии инфекция являлась одним из главных препятствий для ее развития. Несмотря на разработку и внедрение современных правил асептики и антисептики, количество инфекционных осложнений не имеет тенденции к снижению. Проблема хирургических инфекций остается весьма актуальной для здравоохранения в связи с высокими показателями заболеваемости, летальности, экономических и социальных потерь.

В последние годы многие исследователи связывают неудовлетворительные результаты терапии хирургической инфекции с формированием биопленок – микробных сообществ, окруженных экзополимерным матриксом, в составе которого микроорганизмы не только механически защищены от неблагоприятных внешних воздействий, но также демонстрируют нетипичные метаболические и генетические свойства, в частности, экспрессию генов антибиотикорезистентности и появление клеток-персистеров.

Перспективным средством химического воздействия на микроорганизмы в составе биопленки является медицинский озон в газовой фазе, который имеет ряд принципиальных преимуществ перед широко применяемыми в хирургической практике антисептическими растворами и озонированным физиологическим раствором. В частности, при использовании растворов антисептиков на поверхности биопленки создается поверхностное натяжение, а использование озонированного раствора ограничивает предел растворимости действующего вещества. Помимо этого, большинство методов использования газообразного озона не предусматривают возможности локальной направленной обработки очага хирургической инфекции без воздействия на интактные биологические ткани.

Целью исследования явилась разработка устройства и технологии эрадикации микробных биопленок с применением озono-кислородной газовой смеси.

В задачи исследования входило:

Разработка и создание опытного образца устройства для эрадикации микробных биопленок за счет локальной обработки озono-кислородной газовой смесью загрязнированных поверхностей наружных ран, брюшной полости и забрюшинного пространства без превышения предельно допустимой концентрации озона в атмосфере внешней среды.

Разработка технологии эрадикации микробных биопленок в экспериментальных моделях на клинических штаммах микроорганизмов (in vitro), при лечении экспериментальных гнойных ран, инфицированного панкреонекроза (in vivo).

Клинические испытания и оценка эффективности технологии эрадикации микробных биопленок при лечении пациентов с гнойно-воспалительными заболеваниями кожи и мягких тканей, а также инфицированным панкреонекрозом.

Материалы и методы

Разработка и изготовление опытного образца устройства выполнены в рамках договора о сотрудничестве с промышленным партнером работы - НПО «Пульсар». Для оценки соответствия параметров работы прибора задачам клинического использования выполнена серия технологических испытаний.

Для сравнительной оценки влияния озono-кислородной газовой смеси и широко используемых растворов местных антисептиков на микробные биопленки был выполнен стендовый опыт. Для последующей оценки нами моделировались микробные биопленки клинических полирезистентных штаммов MRSA, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*. При помощи метода конфокальной микроскопии осуществляли количественную оценку числа жизнеспособных бактериальных клеток после разных вариантов антисептического воздействия. Среди тестируемых антисептических растворов наибольшим бактерицидным эффектом в отношении MRSA обладал мирамистин; для *Acinetobacter baumannii* – лавасепт, для *Pseudomonas aeruginosa* – диоксидин. Потенциально малоэффективный водный раствор хлоргексидина способствовал гибели 73,6% клеток MRSA в составе сообществ; 84,2% клеток *Acinetobacter baumannii* и лишь 51,3% - *Pseudomonas aeruginosa*. Озono-кислородная смесь в концентрации 40 мг/л при экспозиции 3 минуты на 3 квадратных сантиметра поверхности способствовала полной эрадикации микробных биопленок мультирезистентных штаммов MRSA, *Pseudomonas aeruginosa*. Локальное воздействие газообразным озonom сопровождалось не только повреждением клеточной стенки, но и деформацией микробных клеток, уменьшением их размеров, снижением интенсивности флуоресценции пропидия йодида по сравнению с контрольными препаратами.

В эксперименте на 30 кроликах породы Shinshilla изучены морфологические и бактериологические характеристики раневого процесса при лечении экспериментальной гнойной раны жидкими антисептиками и газообразным озonom. При этом для санации гнойной раны в первой подгруппе использован раствор мирамистина, во второй подгруппе – газообразный озон в концентрации 40 мг/л (технология «контурной камеры»), в третьей подгруппе осуществлялась локальная обработка озono-кислородной смесью при помощи оригинального устройства. Оптимальные сроки очищения и заживления экспериментальной гнойной раны, а также наилучшие морфометрические характеристики образованной рубцовой соединительной ткани достигнуты в третьей подгруппе животных.

Животные второй серии эксперимента (24 кролика породы Shinshilla) были разделены на четыре подгруппы. Первую контрольную составили три интактных особи. Во второй контрольной подгруппе осуществляли моделирование первично инфицированного панкреонекроза, в третьей подгруппе через 48 часов после моделирования выполняли релапаротомию для санации брюшной полости озонированным физиологическим раствором хлорида натрия в концентрации 8 мг/л. У выживших животных еще через 24 часа выполняли вторую релапаротомию с повторной санацией брюшной полости озонированным физиологическим раствором. В четвертой подгруппе спустя 48 часов после моделирования выполняли релапаротомию для санации брюшной полости физиологическим раствором хлорида натрия с последующей обработкой девитализированных тканей озono-кислородной газовой смесью в концентрации 40 мг/л, со скоростью газопотока 2 л/мин., длительностью 3 мин./3см². У выживших животных еще через 24 часа выполняли вторую релапаротомию с аналогичным объемом санации. Погибших особей подвергали аутопсии. Наблюдения продолжали в течение пяти суток после моделирования, после чего животных выводили из эксперимента после релапаротомии и забора биоптатов.

Животные второй контрольной подгруппы погибли в течение третьих-четвертых суток с момента моделирования. Средняя продолжительность жизни животных третьей подгруппы составила 71,6 часа, четвертой - 88,4 часа. Гистологически в биоптатах поджелудочной железы животных второй и третьей подгрупп определялся тотальный некроз стромы и паренхимы железы, включая сосуды и протоки, массивные очаги некроза парапанкреатической клетчатки; зона перифокального воспаления с обильной инфильтрацией сегментоядерными лейкоцитами, эозинофилами вокруг участков дезинтеграции паренхимы. В препаратах поджелудочной железы животных четвертой подгруппы на фоне нарушения гистоархитектоники органа определялись массивные участки вновь образованной волокнистой соединительной ткани со скоплениями фибробластов, скудной лимфогистицитарной инфильтрацией. В паренхиме преобладали активно пролиферирующие протоки. У животных второй и третьей подгрупп течение экспериментального панкреонекроза

сопровождали системные проявления со стороны паренхиматозных органов. У животных четвертой подгруппы патоморфологических изменений в почках, легких, селезенке зафиксировано не было. При бактериологическом исследовании в четвертой подгруппе степень контаминации поджелудочной железы к исходу пятых суток после моделирования была ниже этиологически значимой. *A. baumannii* обнаруживался только в монокультуре. Перитонеальный экссудат у большинства животных имел асептический характер; инфицирование выявлено у одной особи (14,3%) в количестве $5 \cdot 10^2$ КОЕ/мл.

Ограниченные клинические испытания разработанной технологии выполнены нами у 15 пациентов с инфекциями кожи и мягких тканей на фоне сахарного диабета, а также у 8 пациентов с субтотально-тотальными формами инфицированного панкреонекроза.

Показано, что локальная обработка гнойных ран газообразным озоном на фоне сахарного диабета 2 типа сокращает длительность персистирования условно-патогенной микрофлоры, снижает риск нозокомиального инфицирования и продолжительность стационарного лечения. У больных инфицированным панкреонекрозом достигнуто сокращение длительности манифестации системной воспалительной реакции, потребности в повторных санационных релапаротомиях и общей продолжительности стационарного лечения.

Предварительный расчет экономической эффективности внедрения указанной технологии в ЛПУ стационарного типа в масштабах промышленного мегаполиса (г. Красноярск) составляет 4 млн. 347 тысяч рублей в год.

Выводы:

1. Разработан макет, создан опытный образец устройства для эрадикации микробных биопленок за счет локальной обработки поверхности биологических объектов озоно-кислородной газовой смесью без превышения предельно допустимой концентрации озона в атмосфере внешней среды.

2. В моделях микробных биопленок *in vitro* показано, что режим обработки озоно-кислородной смесью в концентрации 40 мг/л при скоростью газопотока 2 л/мин и экспозиции 3 мин./3 см² поверхности позволяет достичь гибели 100% микробных тел клинических штаммов MRSA, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* в составе сообществ. Применение разработанной технологии в лечении экспериментальных гнойных ран позволило значимо сократить сроки очищения и заживления, в лечении экспериментального инфицированного панкреонекроза способствовало увеличению продолжительности жизни экспериментальных животных с 70,4 до 88,4 часов, сокращению уровня бактериальной контаминации поджелудочной железы с $5,0 \cdot 10^7$ до $5,0 \cdot 10^3$ КОЕ/г, предотвращению суперинфицирования, развития синдрома системного воспалительного ответа и распространенного гнойного перитонита.

3. Локальная обработка гнойных ран газообразным озоном на фоне сахарного диабета 2 типа сокращает длительность персистирования условно-патогенной микрофлоры, снижает риск нозокомиального инфицирования и продолжительность стационарного лечения (на 5,4 суток). У больных инфицированным панкреонекрозом достигнуто сокращение длительности манифестации системной воспалительной реакции, потребности в повторных санационных релапаротомиях и общей продолжительности стационарного лечения (на 8,1 суток).

4. Ожидаемая экономическая эффективность от внедрения предлагаемой технологии в ЛПУ стационарного типа в масштабах промышленного мегаполиса (г. Красноярск) будет составлять за первый год (с вычетом затрат на оснащение стационаров установками) – 3 621 180 рублей, в последующие годы – 4 347 180 рублей.

Исследование поддержано грантом ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры России» на 2009-2013 гг. по направлению «Комплексное исследование стратегии выживания микробных сообществ методами молекулярно-генетического анализа, лазерной и атомно-силовой микроскопией» (мероприятие 1.4 «Поддержка развития внутрироссийской мобильности научных и научно-педагогических кадров путем выполнения научных исследований молодыми учеными и преподавателями в научно-образовательных центрах»), номер госрегистрации в ЦИТИС – 01201281879.

ДОКЛАДЧИК:

Пулькина Анастасия
Александровна
(Pulkina Anastasia Aleksandrovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Санкт-Петербургский
Политехнический Университет
Петра Великого
(Peter The Great Saint-Petersburg
Polytechnic University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Пулькина Анастасия
Александровна
(Pulkina Anastasia Aleksandrovna)
Комиссаров Андрей Борисович
(Andrei Borisovich Komissarov)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Роль мутаций в гене нуклеопротеина в аттенуации вируса гриппа а/
гонконг/1/68/162/35
The role of mutations in the nucleoprotein gene in attenuation influenza virus a/
hong kong/1/68/162/35

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Получены мутантные варианты гена вируса гриппа, кодирующего белок NP с реверс-заменой 292G→E, 102A→G и их комбинацией. Собран реассортант с мутацией 292G→E. Показано, что данная мутация снижает холодовую адаптацию вируса, а на температурную чувствительность не влияет.

Annotation

Mutant gene variants of influenza virus that encoded NP with reverse-mutation 292G→E, 102A→G and their combination were obtained. Reassortant carrying mutation 292G→E was constructed. It was shown that this mutation reduces cold adaptation, but temperature sensitivity is not affected.

Ключевые слова: вирус гриппа; нуклеопротеин; реверс-мутация; аттенуация; холодовая адаптация; температурная чувствительность; реассортант

Keywords: influenza virus; nucleoprotein; reverse-mutation; attenuation; cold adaptation; temperature sensitive; reassortant

Актуальность. Грипп и другие острые респираторные заболевания наносят огромный ущерб здоровью населения. Регулярные эпидемии приводят к избыточной заболеваемости и смертности, в особенности среди детей, пожилых и людей, находящихся в условиях высокого риска. Тяжелые осложнения и экономические потери говорят о необходимости разработки средств защиты, профилактики и контроля над гриппозной инфекцией. Это возможно при тщательном изучении механизмов патогенеза и молекулярных основ функционирования вируса гриппа. Своевременная вакцинация, внедрение актуальных средств защиты от гриппозной инфекции помогут избежать осложнений и потерь среди населения.

Введение. Вирус гриппа содержит неинфекционную сегментированную минус-нитевую РНК. Вирион вируса гриппа А имеет сферическую форму и состоит из оболочки и рибонуклеопротеинового (РНП) комплекса, соединенных матричным белком. РНП-комплекс – это вирусная РНК, упакованная в трубчатый, спирально закрученный нуклеокапсид, функцию которого выполняет вирусный белок NP (нуклеопротеин). Белок обладает способностью к олигомеризации и взаимодействию со многими макромолекулами [1], задействован в транскрипции, репликации и упаковке вирусного генома в вирионы. Экспериментально показана роль белка NP в адаптации вирусов гриппа к организму-хозяину [2], а также в формировании аттенуированного фенотипа (att-фенотип, т.е. безопасности) вирусов гриппа В, используемых в производстве живых гриппозных вакцин [3]. В отношении вакцинных вирусов гриппа А существуют противоречивые данные.

Вакцинными штаммами являются реассортанты вирусов гриппа, содержащие 2 поверхностных антигена от актуального эпидемического вируса и 6 генов от штамма-донора, который обеспечивает реассортанту att-фенотип. Они способны размножаться в эпителии верхних дыхательных путей и индуцировать в ходе бессимптомной инфекции приобретенный противогриппозный иммунитет, но не способны реплицироваться в нижних дыхательных путях. Ограниченное размножение вакцинных вирусов при 37°C (температура в легких) является одним из основных маркеров их аттенуации – температурочувствительностью (ts). Вторым признаком является холодовая адаптация (ca) – способность размножения при пониженной температуре.

Att- фенотип в штаммах-донорах формируется за счет мутаций в генах внутренних и неструктурных белков. Показана роль мутаций в генах, кодирующих белки полимеразного комплекса, в формировании ts-фенотипа [4,5], а роль отдельных мутаций в проявлении ca-фенотипа вируса гриппа А экспериментально не изучена.

В НИИ гриппа разработан штамм-донор А/Гонконг/1/68/162/35, отличающийся от своего дикого предшественника 14-ю аминокислотными заменами в генах внутренних и неструктурных белков [6]. Две из них в белке NP: в домене связывания с РНК (G102A) и в домене, ответственном за олигомеризацию (E292G). Теоретические расчеты с использованием молекулярно-динамического моделирования демонстрирует роль мутации

E292G в проявлении са-фенотипа [7].

Цель работы - экспериментальное изучение роли точечных мутаций G102A и E292G в нуклеопротеине штамма-донора А/Гонконг/1/68/162/35 в проявлении ts- и са-фенотипа.

Задачи работы включали:

- Получение плазмид на основе вектора рНВ2006, кодирующих NP с реверс-мутациями 292G→E, 102A→G и их комбинацией;
- Сборку вирусов-реассортантов с мутантным NP методом обратной генетики;
- Проверку ts- и са- признаков полученных реассортантов.

Материалы и методы. Ген, кодирующий NP с реверс-мутацией 292G→E был искусственно синтезирован и клонирован в рабочий вектор рAL-TA в компании Евроген (Россия). Субклонирование гена НК-NPmut в плазмиду рНВ2006 для обратной генетики проводили методом рестрикции имеющейся плазмиды рНВ-PR8-NP, и замены вставки на НК-NPmut лигированием и последующей трансформацией E.coli DH5α. С помощью сайт-направленного мутагенеза были получены плазмиды с мутацией 102A→G и комбинацией из двух мутаций. Таким образом, были получены плазмиды с мутантным NP.

Для сборки вирусов-реассортантов методом обратной генетики проводили трансфекцию чувствительных клеток Vero набором из 8 двунаправленных плазмид [8]. Метод основан на синтезе с плазмид вирионных РНК (в прямом направлении) и матричных РНК (в обратном направлении), с которых транслируются белки и собираются вирусные частицы.

Полученный вирус накапливали в куриных эмбрионах. Наличие мутаций в плаزمиде и вирусах подтверждали секвенированием.

Ts- и са-фенотипы вирусов оценивали параллельным титрованием в 10-дневных куриных эмбрионах при оптимальной (34°C), пониженной (26°C) и повышенной (37°C) температурах и выражали в виде разности показателей инфекционной активности в IgЭИД50/0,2мл (RCT26 и RCT37). Штамм считали холодоадаптированным, если RCT26 не превышал 3,0-3,5 IgЭИД50/0,2мл. К вирусам с ts-фенотипом относили те, у которых показатель RCT37 был более 5,0-6,0 IgЭИД50/0,2мл [9].

Результаты. Нами была сконструирована плазмид рНВ-НК-NPmut с реверс-мутацией 292G→E субклонированием искусственно синтезированного гена НК-NPmut в вектор рНВ2006 для обратной генетики (рис. 2).

Из полученных после трансформации клонов были отобраны 3, выделена их пДНК и проведен её рестрикционный анализ. Наличие вектора рНВ2006 и вставки НК-NPmut было подтверждено для всех трех клонов (рис. 3).

Далее с помощью сайт-направленного мутагенеза были получены плазмиды рНВ-НК-NPm2 и рНВ-НК-NPm3 с мутацией 102A→G и комбинацией из двух соответственно (рис. 4).

Полученный рабочий сток свободных от эндотоксина пДНК с концентрацией 1 мкг/мкл был использован для сборки вирусов. Клетки Vero были трансфицированы 8 плазмидами на основе вектора рНВ2006. В результате методом обратной генетики был получен штамм А/Texas/НК/6:2NPmut/2014, несущий ген NP с реверс-мутацией 292G→E. Штамм был накоплен в куриных эмбрионах. Опыты по получению вирусов-реассортантов, несущих ген NP с мутацией 102A→G и комбинацией мутаций продолжаются.

Наличие мутаций в плазмидных ДНК и в вирусе было подтверждено секвенированием.

Для определения роли мутации в гене NP вируса гриппа в формировании са- и ts- фенотипов были сравнены показатели репродуктивной активности полученного нами реассортанта А/Texas/НК/6:2NPmut/2014 (с реверс-мутацией) и аналогичного реассортанта без мутации А/Texas/НК/6:2/90/2014, полученного ранее методом классической реассортации. Результаты определения инфекционной активности вирусов при оптимальной, повышенной и пониженной температурах приведены в таблице.

По значениям инфекционной активности при различных температурах были вычислены показатели RCT37 и RCT26 и определены фенотипы реассортантов. На рисунке 5 приведены значения RCT26 и RCT37 для вирусов с мутацией и без. Красной линией отмечены верхний предел RCT26,

Рис. 1 - Схема метода обратной генетики для получения вирусов гриппа [3]

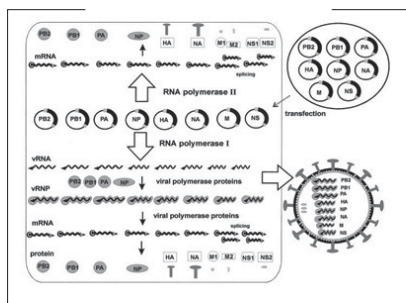


Рис. 2 - Карта плазмиды рНВ-НК-NPmut

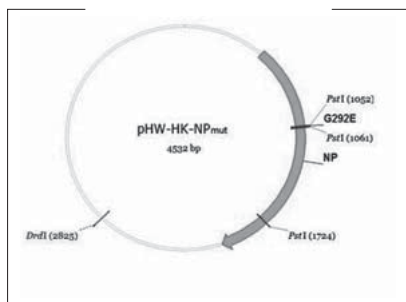


Рис. 3 - Рестрикционный анализ пДНК клонов, трансформированных лигазной смесью

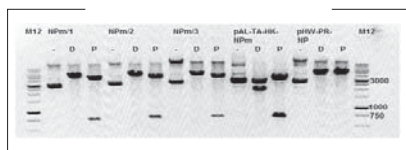
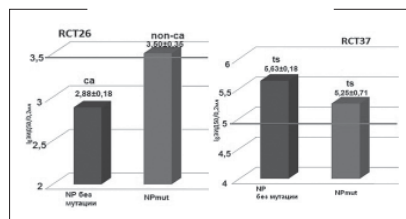


Таблица 1 – Инфекционная активность реассортантов в куриных эмбрионах при различной температуре

Вирус	Мутация	Инфекционная активность, IgЭИД50/0,2мл		
		26°C	34°C	37°C
A/Texas/НК/6:2/90/2014 (H1N1pdm)	нет	5,00±0,71	7,88±0,53	2,50±0,00
A/Texas/НК/6:2NPmut/2014 (H1N1pdm)	NP 292G→E	2,88±0,18	6,38±0,53	1,63±0,18

Рис. 5 - Показатели RCT26 и RCT37 для реассортантов, отличающихся заменой E292G в NP



при котором штамм относили к холодадаптированной группе и нижний предел RCT37, при котором штамм считали температурочувствительным.

Результаты говорят о том, что мутантный реассортант хуже размножается при пониженной температуре, чем немутантный и не попадает в группу холодадаптированных вирусов. Однако, при повышенной температуре репродуктивная активность обоих реассортантов падает достаточно сильно, и они оба характеризуются ts-фенотипом. Соответственно, мутация E292G в NP снижает холодовую адаптацию реассортанта A/Texas/HK/6:2NPmut/2014, в то время как на ts-признак влияния не оказывает.

Вывод. Таким образом, мутация 292E→G в гене NP штамма-донора A/Гонконг/1/68/162/35, играет роль в формировании са- фенотипа, но не влияет на ts- фенотип. Влияние мутации G102A и комбинации мутаций на формирование данных фенотипов изучается.

Список литературы.

1. Portela A., Digard P. The influenza virus nucleoprotein: a multifunctional RNA-binding protein pivotal to virus replication // J. Gen Virol. - 2002. - N83. - P. 723-734.
2. Gabriel G., Klingel K., Otte A. et al. Differential use of importin-α isoforms governs cell tropism and host adaptation of influenza virus // Nat Commun. - 2011. - N 2. - P. 156.
3. Hoffmann E., Mahmood, K., Chen Z. et al. Multiple gene segments control the temperature sensitivity and attenuation phenotypes of ca B/Ann Arbor/1/66 // J Virol. - 2005. - N79. - P. 11014–11021.
4. Киселева И.В., Ларионова Н.В., Voeten J.T.M. и др. Ведущая роль генов полимеразного комплекса в аттенуации доноров отечественной живой гриппозной вакцины А и В // Журн. микробиол. - 2010. - № 6. - С. 41-47.
5. Isakova-Sivak I., Chen L.M., Matsuoka Y. et al. Genetic bases of the temperature-sensitive phenotype of a master donor virus used in live attenuated influenza vaccines: A/Leningrad/134/17/57 (H2N2) // Virology. - 2011. - Vol. 412. - N 2. - P. 297-305.
6. Цыбалова Л.М., Горев Н.Е., Потапчук М.В. и др. Характеристика холодадаптированного штамма вируса гриппа А/Гонконг/1/68/162/35 (H3N2) как потенциального донора аттенуации и высокой репродуктивности // Вопр. вирусол. - 2012. - Т. 57. - № 6. - С. 15-17.
7. Ксенофонтова О. И., Кузнецов В. В., Гармай Ю.П., Егоров В.В. Объяснение холодадаптированной природы вируса гриппа А/Н3N2/HONG KONG/1/68, содержащего мутацию в 292 остатке белка NP // Конференция молодых специалистов «Грипп: эпидемиология, вирусология, профилактика и лечение», СПб, 24- 25 октября 2012. Сборник статей под ред. Л.М. Цыбаловой, В.В. Егорова / СПб: НП-ПРИНТ, 2012. - С. 5-7.
8. Romanova J., Krenn B.M., Wolschek M. et al. Preclinical evaluation of a replication-deficient intranasal DeltaNS1H5N1 influenza vaccine // PLoS One. - 2009. - Vol. 4. - N 6. - P. 5984.
9. Александрова Г.И., Климов А.И. Живая вакцина против гриппа //СПб: Изд-во «Наука», 1994.

ДОКЛАДЧИК:

Растворова Юлия
Владимировна
(Iuliia Vladimirovna Rastvorova)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный минерально-
сырьевой университет «Горный»
(National Mineral Resources
University (Mining University))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Растворова Юлия Владимировна
(Iuliia Vladimirovna Rastvorova)
Максимова Елизавета Никитична
(Elizaveta Nicitichna Maximova)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Микроплазменный сенсор для неинвазивной медицинской диагностики
Microplasma sensor for non-invasive medical diagnostics

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Технология строится на основе запатентованного метода CES (Collisional Electron Spectroscopy) и позволяет создавать микро-габаритные устройства для анализа состава газовых смесей. Предлагается применение устройства в медицине для создания «газовых историй жизни человека», что может стать основой предупредительной медицины будущего.

Annotation

The technology is based on patented method CES (Collisional Electron Spectroscopy) and allows us to create micro-size device for analyzing the composition of gas mixtures. This device can be used in medicine to create the “gas of life” that can become the basis for preventive medicine of the future.

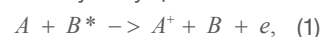
Ключевые слова: микроплазма, функция распределения электронов по энергии, диагностика газовых смесей, ВУФ-фотоионизационный аналитический сенсор, летучие био-маркерные молекулы

Keywords: microplasma, the distribution function of electron energy, diagnostics of gas mixtures, VUV-photoionization analytical sensor, volatile bio-marker molecules

Исследования новых плазменных методов для анализа молекулярного и атомарного состава вещества имеют важное значение, как в фундаментальном, так и в прикладном отношении. Это связано с их широким применением в научных исследованиях по физике, химии, биологии, медицине, материаловедению, а также в промышленности, энергетике, экологии и безопасности на производстве.

Традиционные методы электронной спектроскопии (ЭС) являются одними из наиболее информативных средств анализа химического строения вещества, которые и по сей день используются в крупных лабораторных газоанализаторах. Для дальнейшего развития этого направления исследований требуется вывести метод из стен лабораторий в полевые условия, что предполагает создание альтернативы, а именно портативных газоанализаторов, имеющих малые габаритные размеры и вес.

В классической электронной спектроскопии идентификация атомов и молекул осуществляется по реакции



где A – ионизирующиеся атомы и молекулы, B^* – быстрые электроны, фотоны.

В ходе столкновительной реакции определяется импульс заряженных частиц, после чего восстанавливается значение их энергии. По измеренной энергии E_e (спектру электронов) и известной энергии E_p частиц B^* находится потенциал ионизации искомых атомов или молекул A . По полученным значениям потенциала ионизации атомов, строится линейчатый спектр [1]. Впоследствии он сравнивается с эталоном. Таким образом, с помощью полученных данных можно понять, какие молекулы или атомы A были использованы в эксперименте (т.е. идентифицировать их).

К сожалению, у этих методов существуют и недостатки. Устройства для электронной спектроскопии (ЭС) работают только в условиях высокого вакуума. Это необходимое условие сохранения импульса по всей траектории движения частиц. Дополнительной технической и методической проблемой является ввод атомов или молекул образца, как правило, находящегося при атмосферном давлении, в область анализатора, где необходимо поддерживать высокий вакуум.

Эти обстоятельства приводят к увеличению веса, габаритов, энергопотребления и технической сложности традиционных средств определения состава газовых смесей, что не позволяет решить целый ряд важных аналитических задач, стоящих перед современной наукой и техникой.

Для решения поставленной задачи предлагается разработка группы плазменных исследований Горного университета – микроплазменный сенсор CES с размерами в несколько кубических сантиметров ($10 \times 10 \times 1$ см, зазор между двумя плоскими электродами при атмосферном давлении $\sim 0,1$ мм) и достаточной точностью (~ 1 ppm), с помощью которого можно

Рис. 1 - Микроплазменный сенсор CES:
а) блок-схема, б) макет

1, 1а, 1б – характеристические электроны, 2 – ионы примеси, 3 – атомы основного газа, 4 – метастабильные атомы, 5,6 – плоскопараллельные катод и анод, 7 – сетка, 8 – ВАХ сенсора

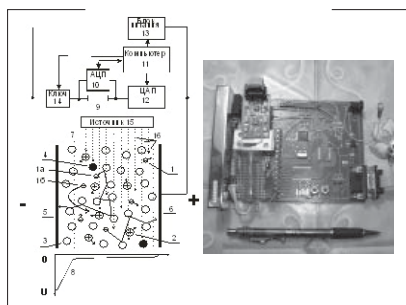
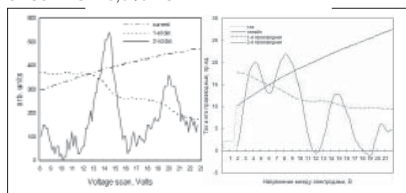


Рис. 2 - Спектры характеристических электронов

а) спектр чистого He; б) спектр смеси He + 0,3% Xe



определить примеси в буферном инертном газе, жидкости или твердом теле.

Основным отличием сенсора от газоанализаторов предыдущего поколения является метод измерения. Принцип измерения импульса, критически чувствительного к рассеянию на остаточных газах в анализаторе, заменен на непосредственное измерение энергии частиц с использованием потенциальной природы электрического поля.

Экспериментальная блок-схема анализатора приведена на рисунке 1а. Макет сенсора приведен на рисунке 1б.

Ранее было показано [2], что в детекторе CES, заполненном чистым гелием, спектры энергии характеристических электронов в послесвечении даются 2-й производной ВАХ и определяются реакциями Пеннинговской ионизации при парных столкновениях метастабильных атомов He (пик 14,5-15 эВ) и ударами 2-го рода метастабильных атомов He с тепловыми электронами (пик 20 эВ), см. Рис. 2а.

В данной работе (Рис. 2б) получены спектры энергии электронов в смеси He + 0,3% Xe при давлении 10 Торр, расстояние между электродами – 5 мм, время задержки измерения ВАХ после обрыва разряда – 150 мкс. Пик в области 4 эВ вызван ионизацией водорода и углеводородов, выделяющихся из электродов под действием плазмы, пик в области 8 эВ соответствует ионизации атомов ксенона метастабильными атомами гелия.

В ходе экспериментов с пробами атмосферного воздуха было обнаружено более 50 вредных веществ в качестве примесей, например, метанол, ртуть, свинец, аммиак, и т.д. Такой широкий спектр детектируемых веществ позволяет нам сделать вывод о возможности применения сенсора в газовой хроматографии.

Сенсоры, основанные на методе столкновительной электронной спектроскопии, благодаря своей миниатюрности и низкой себестоимости, будут широко востребованы в промышленности, на транспорте, в системах безопасности и экологического контроля.

Реализация идеи постоянного мониторинга физиологического состояния человека – главная задача, стоящая перед современной медициной и инженерией. Её решение позволит достичь следующих результатов:

непрерывный контроль метаболизма человека с самых ранних лет;
раннее обнаружение различных заболеваний, признаками которых являются определенные летучие био-маркерные молекулы, выделяющиеся при дыхании и через кожу;

изучение влияния лекарств на каждого конкретного пациента с целью минимизации побочных эффектов;

упрощение процесса диагностики истории болезни пациентов.

Эти задачи способен решить микроплазменный сенсор CES, являющийся индивидуальным газоанализатором постоянного ношения, производящий мониторинг физиологического состояния человека по биомаркерным молекулам в продуктах газообмена при дыхании и через кожу.

Известно, что по дыханию человека можно обнаружить признаки массы заболеваний. Например, рак лёгких, рак молочной железы, туберкулёз, болезни почек, диабет и другие. Кроме того, с помощью «дыхательных» тестов можно выявить проблемы с пересаженным сердцем, запах ацетона изо рта связан с диабетом, по выделению аммиака можно диагностировать наличие бактерий helicobacter, вызывающих гастриты и язвы всех отделов пищеварительного тракта, «аромат» плесени связан с болезнью печени, запах мочи с отказом почек, а «тяжелый запах изо рта» - с проблемами лёгких[3].

Широкий спектр детектируемых веществ служит доказательством актуальности и состоятельности метода на предмет его применения в медицине. Детектирование более сложных молекул биологического происхождения (включая белки и нуклеиновые кислоты) также сможет расширить возможности метода.

Принципиально новой задачей может стать создание методики по моделированию строения вирусов. Знание структуры вирусов, вызывающих эпидемии, позволяет моделировать их энергетические спектры и применять сенсор для их экспресс обнаружения, например вируса Эболы (сейчас эта работа ведется). Эта разработка позволит диагностировать заболевание на ранних стадиях до проявления характерных симптомов у человека.

Постоянный анализ «газовых историй жизни» позволит получать медицинский прогноз для каждого человека. Эти данные могут стать индивидуализированной информационной основой предупредительной медицины будущего.

Также предполагается, что данные мониторинга будут автоматически передаваться, храниться и обрабатываться на медицинских серверах в «интернет-облаках». После получения электронных данных ваш семейный доктор сможет отправить вам рекомендации по лечению в режиме реального времени. У вас больше не будет необходимости записываться на прием заранее и проводить долгие часы в очереди к лечащему врачу.

Кроме того разработка может выступать в роли индивидуального газоанализатора постоянного ношения для сотрудников вредных промышленных производств, с целью обеспечения безопасности их жизнедеятельности.

Экономические показатели в случае промышленного производства микроплазменного сенсора CES:

- Оценочная цена сенсоров CES – порядка \$1000, объем продаж:
- в медицине – 3 млн.шт. в год;
- в автомобильной индустрии – 10 млн.шт. в год;
- в химической промышленности – 3 млн.шт. в год;
- в системах безопасности и контроля – 3 млн.шт. в год.

Работа выполнена при поддержке гранта УМНИК-2015, договор 0011831.

Список использованной литературы:

1. G.Y. Panasyuk, A. B. Tsyganov. Theory of collisional electron spectroscopy for gas analysis. Journal of Applied Physics. 2012. V.111.P. 114503(1-8).
2. А.А. Кудрявцев, А.С. Мустафаев., А.Б. Цыганов, А.С. Чирцов, В.И. Яковлева. Спектры энергии электронов в гелии, наблюдаемые в микроплазменном детекторе CES. Журнал технической физики, 2012, Т.82, вып.10, С.1-6.
3. A.S. Mustafaev, E.N. Maximova, J.V. Rastvorova, A.S. Chirtsov, A.B. Tsyganov. Microplasma analyzers for continuous personal biomedical diagnostics. The Proceedings of 2nd International Scientific Symposium "Sense. Enable. SPITSE.", St. Petersburg Electro Technical University "LETI", St. Petersburg, Russia, 2015, P. 210-213.

ДОКЛАДЧИК:

Родионова Александра Борисовна
(Rodionova Alexandra Borisovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Особенности болотообразования на территории Канской лесостепи Приенисейской Сибири
Features of bog formation in Kansk forest steppe of Priyenisei Siberia

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Сибирский федеральный университет
(Siberian Federal University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Родионова Александра Борисовна
(Rodionova Alexandra Borisovna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В работе представлены результаты исследования торфяных отложений Канской лесостепи и прилегающей территории предгорья Восточного Саяна, которое проводится на базе кафедры экологии и природопользования Сибирского федерального университета начиная с 2010 г. Ведутся работы по изучению генезиса и палеоэкологии болот. На сегодняшний день исследовано 7 болотных массивов в долине рек Есауловка, Рыбная, Мана, определен ботанический состав торфяных и подстилающих отложений; на основании радиоуглеродного датирования установлено время начала болотообразования, рассчитана скорость аккумуляции торфа, выделены фазы в развитии болот и охарактеризована свойственная им растительность.

Annotation

The results of the study of peat deposits of the Kansk forest steppe and the surrounding area foothills of the Eastern Sayan are represented in this paper. This research is held at the Department of Ecology and Nature Management of the Siberian Federal University from 2010. Scientific work is underway to study the genesis and paleoecology of bog. Were studied 7 bogs in the valley rivers Esaulovka, Ribnaya, Mana, defined botanical composition of peat and underlying sediments; based on radiocarbon dating established the start bog, peat accumulation rate is calculated, allocated phase in the development of wetlands and characterized by their inherent vegetation.

Ключевые слова: палеоэкология; палеоботаника; болотоведения; стратиграфия торфяных отложений; ботанический анализ; экологические шкалы увлажнения; стадии развития болот

Keywords: paleoecology; paleobotany; bog study; stratigraphy of peat deposits; botanical analysis; environmental scale humidification; stage of development of peatbogs

Болота - уникальные природные объекты, играющие огромную роль для поддержания экологического равновесия и сохранения

биологического разнообразия. Для этого болота выполняют большое количество биосферных функций, таких как климатообразующая, ландшафтообразующая, газорегуляторная, гидрологическая, ресурсно-сырьевая, культурно-рекреационная, информационно-историческая и т.д. Последняя заключается в том, что торфяные залежи болот рассматриваются как объект, содержащий информацию о динамике локальной и региональной растительности, о климатических и гидрологических условиях всего времени торфонакопления [1]. Это имеет большое значение для выявления закономерностей развития природной среды. Последовательное изучение торфяных отложений с помощью палеоботанического метода дает возможность реконструировать динамику растительных сообществ за весь период торфонакопления, а использование экологических шкал, построенных на основе зависимости фитоценотического разнообразия от условий увлажнения, позволяет восстановить характер увлажненности территории.

На территории Красноярского края по данным на 2014 год площадь болот составляет 1114053 га, общий объем балансовых запасов торфа 3567923 тыс. тонн [2]. В настоящее время наименее изученными остаются болотные ландшафты лесостепной зоны Красноярского края, одной из наиболее освоенной и важной в экономическом отношении территории. В крае выделяются зоны северных лесостепей (Ачинская, Красноярская, Канская), и южной лесостепи (Минусинская), носящих островной характер [3].

В разное время и разными исследователями были подробно изучены территории Ачинской, Красноярской и Минусинской лесостепей. На территории Канской лесостепи, которая является самой восточной и наибольшей по площади из всех северных островных лесостепей Красноярского края, ранее исследование болотных ландшафтов проводилось только геологоразведочными партиями. Были установлены площади торфяных месторождений в границах промышленной глубины, средняя мощность, запасы торфа, степень разложения, естественная влажность, кислотность и общий ботанический состав торфа с интервалом отбора проб 0.25 м [4].

В данной работе приведены результаты детального исследования болотных ландшафтов Канской лесостепи с точки зрения образования болот, их эволюционного развития и определения возраста при помощи метода радиоуглеродного датирования. Подобное исследование для Канской лесостепи проводится впервые.

Методы и объекты исследования

Нами на территории Канской лесостепи изучено 7 болотных массивов: три в долине р. Есауловка (правый приток р. Енисей) – «Кускун», «Тертежское», «Пинчинское»; два – в пойме р. Рыбная (правый приток р. Кан) – «Мочажинное», «Рыбное», а также «Уря» в пойме р. Большая Уря (приток р. Рыбная) и болотный массив «Нарва» первой надпойменной террасы р. Мана (правый приток р. Енисей). При обследовании болот устанавливалось геоморфологическое положение, описывалась растительность, проводилось зондирование торфяной залежи для определения мощности, бурение торфяной залежи осуществлялось до минерального грунта с отбором проб с интервалом 5 см. Заложение колонок было произведено исходя из принципа смен растительности от водораздельного пространства по направлению к руслу реки. Далее в лабораторных условиях образцы изучались при помощи ботанического анализа торфа и подстилающих отложений с установлением процентного соотношения растений-торфообразователей [5]. Так же для образцов торфа была определена зольность согласно методики ГОСТ [6]. На основании результатов ботанического анализа при использовании экологической шкалы увлажнения Л.Г. Раменского была произведена оценка условий увлажнения за всё время формирования болот. В дополнении мы использовали зарубежный аналог-шкалу увлажнения Элленберга [7,8]. Был рассчитан коэффициент корреляции между значениями увлажнения по двум шкалам и установлена сильная корреляционная зависимость. Возраст образцов торфа определен при помощи радиоуглеродного датирования в лабораториях Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева г. Новосибирск и Института истории материальной культуры г. Санкт-Петербург.

Результаты исследования

Остановимся более подробно на особенностях болотного массива «Кускун», расположенного в пойме реки Есауловка, протекающей вдоль южной окраины. Общая площадь массива составляет 1100 га. Болотный массив имеет округлую, слегка вытянутую форму, шириной в 1,5-2 км.

Рельеф массива ровный, микрорельеф не выражен. Минеральных наносов и прослоек в строении торфяной залежи не обнаружено. Минеральное дно болотного массива представлено супесчаными и глинистыми отложениями. Водное питание осуществляется за счет грунтовых вод, поверхностно-сточных вод и атмосферных осадков, обводненность массива низкая.

Растительность представлена ельником разнотравно-хвощово-сфагновым с гипновыми мхами в юго-восточной части, где мощность торфяных отложений составила 1,05 м.

Северо-западная часть болота покрыта смешанным разнотравно-зеленомошным лесом. Было заложено 5 колонок, мощность торфа варьировала от 0,70 м до 3,00 м [9].

По результатам ботанического анализа классифицирована торфяная толща, установлена динамика смен растительности болот, выявлены основные растения-торфообразователи.

Заболачивания поймы р. Есауловка началось в позднеатлантический период около 5000 лет назад.

Максимальная мощность торфяно-болотных отложений зафиксирована в 150 м от подошвы склона первой надпойменной террасы, и составила 3,50 м, из них 3,00 м – торф, 0,15 м – оторфованный суглинок, 0,35 м – супесь с включением растительного детрита. По результатам ботанического анализа установлено, что торфяная залежь многослойная лесо-топяная низинного типа, в её сложении отмечены гипновый, хвощевой, травяной, травяно-гипновый виды торфа, наибольшие по мощности слои образованы осоковым, осоково-гипновым, древесно-осоковым и древесным (березовый и сосновый) торфом. Подстилающие торф супесчаные отложения включают остатки тканей хвощей, вахты, вейника, осоки, кору березы и сосны, что может свидетельствовать о развитии в пойме р. Есауловка сосняка разнотравно-хвощевого с небольшим участием березы. Супесчаные отложения перекрыты старичными суглинками атлантического возраста, что указывает на развитие мелководного водоема, которые и в настоящее время распространены в нижнем и среднем течении Есауловки. Равнинный рельеф, в совокупности с водоупорными отложениями (суглинки) и увеличившимся в позднеатлантический период общим увлажнением климата [10] способствовал заболачиванию поймы. Возраст торфа на глубине 2,8-3,0 м от поверхности составил 5095 ± 95 лет (номер лабораторного образца СОАН-9187) [11]. На начальном этапе развития болота произрастал сосняк осоково-разнотравный с небольшим участием березы, травяной ярус слагали осока (волосистоплодная, сближенная), вейник ланцетовидный и хвощ, увлажнение варьировало от 78 до 83 ступени по шкале Раменского, что соответствует сыро-луговому. Далее при незначительном увеличении увлажненности (до 86 ступени) наблюдалось постепенное сокращение в древесном ярусе доли сосны, содержание березы увеличилось, развитие получил березняк осоково-вейниковый с небольшим участием зеленых мхов (*Tomentypnum nitens*, *Aulacomnium palustre*). Данное лесотопяное сообщество просуществовало до среднесуббореального периода (примерно до 3000 лет назад). На протяжении второй половины суббореального и первой половины субатлантического времени, характеризующихся переменными условиями увлажнения, на болоте в составе палеофитоценозов наблюдалось отсутствие древесных пород и преобладание топяных сообществ (осоково-гипновое, осоковое, осоково-разнотравное) при болотном увлажнении (до 96 ступени). Доминирующее положение принадлежало осоке, в волокне торфа отмечено от 15 до 70% остатков осоки волосистоплодной, 15-20% осоки сближенной. В среднесубатлантическую фазу (примерно около 1200 лет назад) в составе торфяного волокна отмечено 5% коры березы, что указывает на развитие осоково-разнотравного фитоценоза с разреженным древесным ярусом из березы пушистой, при болотно-луговом увлажнении (90-93 ступень). Подобная тенденция уменьшения увлажнения отмечена и ранее на болотах Красноярской лесостепи в конце раннесубатлантического - начале среднесубатлантического времени [12]. Верхняя часть изученной торфяной залежи мощностью 0,20 м сложена гипновым торфом, в образовании которого принимали участие *Tomentypnum nitens*, *Plagiomnium cuspidatum*, *Aulacomnium palustre*, типичные представители низинных зеленых мхов. Отсутствие в верхних образцах торфа древесных остатков может свидетельствовать о том, что современная стадия развития растительности болотного массива, с хорошо развитым древесным ярусом началась относительно недавно (около 50 лет назад). В направлении от притеррасного понижения («точка 2») к урезу реки мощность торфяных отложений в целом уменьшается, так через 90 м в березово-сосново-еловом разнотравно-моховом фитоценозе («точка 3») мощность торфа составляет

1,35 м (нижняя часть образована хвощевым, выше осоковый, осоково-гипновый вид торфа) и 0,45 м – суглинистые и супесчаные отложения с включением растительных остатков. Через 125 м от «точки 3» в ельнике разно- травно-зеленомошном («точка 4») мощность торфа составила 1,8 м (вахтовый, хвощевой, осоковый, вейниковый, древесно-вейниковый) и 0,2 м суглинистые и супесчаные отложения с единичными растительными остатками старичной фации. Увеличение мощности залежи, вахтовый торф в нижнем горизонте, подстилаемый оторфованными суглинками может указывать на понижение в рельефе, воз-можно в данном месте находилась часть меандра. В «точке 5», заложенной в 50 м от «точки 4» в березняке осоково-разнотравном с примесью ели мощность торфа составила 0,70 м, данный биотоп характеризуется повышенной обводненностью, отмечены выходы грунтовых вод на поверхность. Изученные торфяные отложения характеризуются высоким содержанием зольных элементов (10-20%), в нижних слоях до 45-50%. Высокие значения зольности обусловлены привносом минеральных веществ в период паводков и половодий. Повышенное значение зольности в верхнем горизонте (от 19 до 30%) может быть связано с началом интенсивного сельскохозяйственного освоения близлежащих территорий начиная со второй половины XX века, и привноса минеральных веществ с поверхностным стоком с водосборной территории.

Аналогичные исследования были проведены на болотном массиве «Тертежское» и «Нарва». Развитие болотного массива «Тертежское», проходило при более высокой степени увлажненности, что объясняется расположением болотного массива в месте впадения притока Есауловки – реки Тертеж, для которой характерны сезонные высокие разливы воды. Растительный покров «Тертежское» характеризуется существенно меньшим участием древесных пород и почти полным отсутствием мхов в составе палеофитоценозов. Для болотного массива «Нарва» характерно большее участие видов торфа травяно-моховой и моховой группы в сложении торфяной толщи.

Заключение

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- 1) Болота приурочены к поймам и первым надпойменным террасам рек Канской лесостепи, их образование в начале позднеатлантического периода с евтрофной стадии с зарастания лесо-топьяных сообществ, болота до настоящего времени находятся на евтрофной стадии развития.
- 2) Для начальной фазы болотообразования (ранне- и среднесуббореальное время) были характерны лесо-топьяные сообщества с доминантным положением в древесном ярусе березы (смешанный осоково-разнотравно-зеленомошный лес («Кускун»), березняк разнотравно-хвощевой («Тертежское»), березняк хвощево-осоковый с гипновыми мхами «Нарва»). С конца поздне-суббореального и начала раннесубатлантического времени в древесном ярусе преобладают хвойные, при сыро-луговом увлажнении развиты: елово-кедровый разнотравно-хвощевой лес («Кускун»), ельник осоково-хвощевый («Нарва»), березняк осоково-разнотравный («Тертежское»). В среднесубатлантическое время при увеличении увлажнения повсеместно отмечено распространение топьяных сообществ, для поздне-субатлантического времени характерно восстановление древесного яруса, что указывает на общее уменьшение увлажнения.
- 3) Развитие исследуемых болотных массивов проходило преимущественно при болотном и болотно-луговом увлажнении (по шкале Л.Г.Раменского). Наименьшая степень увлажнения характерна для поздне-суббореального периода (2400-4000 л.н.) – 78-80 ступени, максимум увлажнения отмечен в среднесубатлантический период (950-1650 л.н.) – 96-98 ступень.
- 4) Торфяные залежи низинного типа, лесо-топьяного и топьяного подтипа, высокозольные (в среднем 10-20%, максимально до 45-50%), что обусловлено привносом минеральных веществ в период паводков и половодий. Повышенное значение зольности в верхнем горизонте (до 30%), может быть связано с началом интенсивного сельскохозяйственного освоения близлежащих территорий начиная со второй половины XX века.
- 5) В сложении залежей отмечены 22 вида торфа, наиболее распространен торф осокового вида (21 % – 39 слоев). Для территории предгорного обрамления Канской лесостепи (зона подтайги) характерно большее участие видов торфа травяно-моховой (34,7 % – 25 слоев) группы с высоким участием зеленых мхов, характерных для таежной зоны. Отмечены макроостатки 39 видов растений-торфообразователей. 6) Средняя скорость торфообразования составила 0,52 мм/год. Наибольшая скорость отмечена для болотного массива «Тертежское» в суббореальное время и

первую половину субатлантического времени – 1,2 мм/год. Что объясняется развитием осоково-хвощевых и хвощевых фитоценозов, для остатков которых характерна слабая степень разложения.

Список литературы

1. Ракович, В.А. Биосферные функции болот /В.А. Ракович, Н.Н. Бамбалов //Болота и биосфера: Сб. материалов Второй Научной Школы – Томск: Изд-во ЦНТИ. – 2003. С.162-169.
2. Территориальный баланс запасов торфов Красноярского края за 2014 год.-Красноярск.-2015. – 30 с.
3. Платонов, Г.М. Болота лесостепи средней Сибири /Г.М. Платонов. – М: изд-во Наука. – 1964. – С.3-30.
4. Матухин, Р.Г. Справочник торфяных месторождений Красноярского края /Р.Г.Матухин, В.Г.Матухина, В.М. Алтухов. – Новосибирск. – 1997. – 236с.
5. Тюремнов, С.Н. Торфяные месторождения /С.Н. Тюремнов. – М.: Недра. – 1976. –464 с.
6. ГОСТ 27784-88 Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв.: М. – 1988. – 7 с.
7. Раменский, Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л.Г. Раменский. – М.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы. – 1956. – С.57-67.
8. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas / Ellenberg H. // Scripta geobotanica. – 1974. – Vol. 9. – 197 p.
9. Родионова, А.Б. Болотообразование в пойме р. Есауловка (Канская лесостепь) /А.Б.Родионова // Болота и биосфера: материалы VIII Всероссийской с международным участием научной школы (10-15 сентября 2012 г., Томск). – Томск.: Изд-во Томского государственного педагогического университета. – 2012. – С.239-244.
10. Хотинский Н.А. Голоцен северной Евразии. Л.: Наука, 1977. 197 с.
11. Родионова А.Б. Палеоэкологические условия развития болотного массива Кускун (лесостепная зона средней Сибири) во второй половине голоцена/А.Б.Родионова,А.В. Гренадерова// Международная конференция молодых ученых «Изменения климата и природной среды Северной Евразии: анализ, прогноз,адаптация»: Сборник материалов конференции 14-20 сентября 2014 года, Кисловодск.. М.: ГЕОС, 2014. – С.270-273
12. Гренадерова А.В. Динамика болот Красноярской и Минусинской лесостепей: дисс. канд. геогр. наук. - Барнаул, 2005. - 22 с.

ДОКЛАДЧИК:

Рубакина Валентина
Александровна
(Rubakina Valentina Aleksandrovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Севастопольский
государственный университет
(ФГАОУ ВО "СевГУ")
(Sevastopol State University, FSAEI
of HE Sevastopol State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Рубакина Валентина
Александровна
(Rubakina Valentina Aleksandrovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование эффектов действия ДНК-связывающихся препаратов на клетки буккального эпителия человека
Investigation of the influence of DNA-binding drugs on human buccal epithelial cells

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В данной работе исследовалось влияние ДНК-связывающегося препарата доксорубицина (DOX) на функциональное состояние ядра и барьерную функцию мембран клеток буккального эпителия человека. Также изучалось влияние фуллерена C60 и кофеина на биологическую активность DOX.

Annotation

In this work we are focusing on studying the influence of the DNA-binding drug doxorubicin (DOX) on functional state of the cell nucleus of buccal epithelial cells as well as barrier function of cell membranes. The impact of the C60 fullerene and caffeine on biological activity of DOX was also investigated.

Ключевые слова: буккальный эпителий; ДНК; гетерохроматин; клеточные мембраны; доксорубицин; кофеин; фуллерен C60

Keywords: buccal epithelial cells; DNA; heterochromatin; cell membrane; doxorubicin C60 fullerene; caffeine

Введение

Одна из самых острых проблем современной медицины – онкологические заболевания. Ежегодно такой диагноз ставится миллионам людей со всего мира. Разработкой новых методов лечения злокачественных образований заняты сегодня не только медики, но биологи, химики и биофизики.

Борьба со злокачественными образованиями ведется различными методами. Отдельное место в этой борьбе занимает химиотерапия, основанная на использовании лекарственных препаратов, направленных на подавление быстро делящихся злокачественных клеток. Однако кроме лечебного эффекта, эти препараты в большинстве случаев повреждают и здоровые клетки. Поэтому применение химиотерапии может приводить к тяжёлым побочным последствиям. Но как показали ранее проведенные исследования, токсичность используемых препаратов можно уменьшить, используя их в сочетании с другими веществами [1]. Именно поэтому проводится всестороннее изучение совместного действия различных лекарственных препаратов с различными цитотоксичными агентами.

Типичным представителем антибиотиков, используемых в химиотерапии, является доксорубицин (DOX), относящийся к антрациклиновым антибиотикам. Однако DOX оказывает токсическое воздействие на здоровые клетки, что ограничивает его применение. Как уже говорилось, произведенные исследования позволяют предположить, что имеются вещества, в частности фуллерен C60 и кофеин, позволяющие уменьшить токсичность DOX в случае совместного с ним применения [2,3]. Об эффективности такого совместного применения можно будет судить после дополнительных всесторонних исследований, частью которых и является данная работа.

Цели работы:

1. Исследовать воздействия DOX на функциональное состояние ядер и проницаемость мембран клеток буккального эпителия человека.
2. Исследовать совместное действие доксорубицина с кофеином (CAF) и фуллереном C60 на функциональное состояние ядра клеток буккального эпителия человека.
3. Сравнить эффект, произведенный на ядра клеток DOX и эффект его совместного действия с CAF и фуллереном C60.

Материалы и методы

Экспериментальный материал – клетки буккального эпителия человека. Объектом исследования выступали их интерфазные ядра и мембраны.

Для проведения эксперимента производился отбор клеток у трех доноров А, В, С. Доноры некурящие, женского пола 21 года. Клетки помещали в буферный раствор следующего состава: 3,03 мМ фосфатный буфер, pH = 7,0 с добавлением 2,89 ммоль хлорида кальция [4].

Эксперимент состоял из следующих этапов:

1. Исследовалось воздействие антрациклинового антибиотика DOX на функциональное состояние ядер и проницаемость мембран клеток буккального эпителия человека.
2. Исследовалось влияние фуллерена C60 и CAF на биологическую активность DOX в клетках буккального эпителия человека.

Рис. 1 - Количество гранул гетерохроматина (КГГ) в клетках буккального эпителия

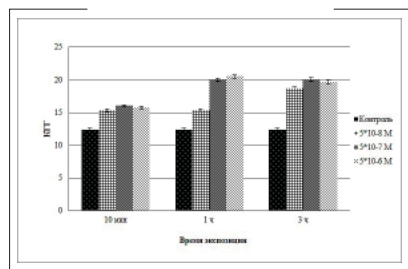


Рис. 2 - Значение параметра ОКИ после взаимодействия клеток с DOX при различных его концентрациях и различных временах экспозиции

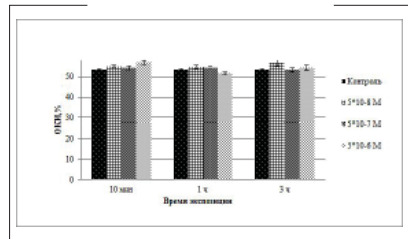


Рис. 3 - Количество гранул гетерохроматина (КГГ) в клетках буккального эпителия после взаимодействия клеток с DOX при различных концентрациях C60

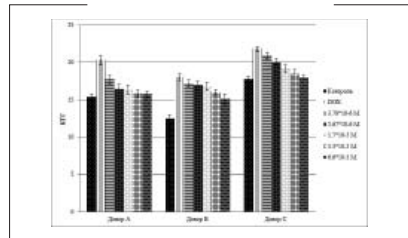
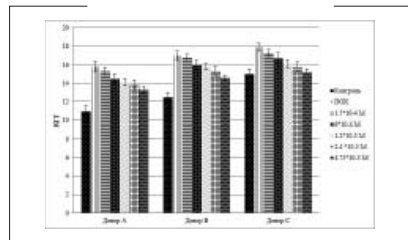


Рис. 4 - Количество гранул гетерохроматина (КГГ) в клетках буккального эпителия после взаимодействия клеток с DOX при различных концентрациях CAF



Исследование процесса гетерохроматинизации позволяет оценить изменения функциональной активности клеточного ядра [5,6,7].

Для оценки функционального состояния ядер использовалась методика оценки количества гранул гетерохроматина в ядрах – КГГ [8]. Состояние хроматина в ядрах клеток исследовалось путем подсчета количества гранул гетерохроматина. Величина КГГ в каждом варианте эксперимента определялась в 30 ядрах. По отклонению полученного в опыте значения от контрольного значения КГГ делался вывод о среднем значении КГГ.

В работе также был использован метод определения проницаемости клеточных мембран посредством окрашивания клеток с помощью раствора индигокармина. Считается, что процентное содержание окрашенных данным красителем клеток является показателем целостности мембран[9].

Результаты эксперимента

Результаты первого этапа эксперимента представлены на рисунках 1 и 2.

Из полученных результатов можно заключить, что:

1. Для всех рассмотренных концентраций DOX при всех временах экспозиции наблюдалось статистически значимое увеличение параметра КГГ относительно контрольного образца (рис.1), следовательно, проявляется биологический эффект антибиотика. Анализ влияния DOX на проницаемость мембран показал, что процент ОКИ для каждого образца остается неизменным в пределах диапазона статистической незначимости различия при всех исследованных концентрациях, временах экспозиции (рис. 2). Следовательно, исследуемый антибиотик не вызывает изменения барьерной функции клеточных мембран, и этот параметр может быть исключен из дальнейшего рассмотрения. Вместе с тем изменения в структуре гетерохроматина являются очевидными.

2. Результат совместного действия DOX с CAF и C60 следующий: для всех доноров при постоянной концентрации доксорубина (5·10⁻⁶ M) с увеличением концентрации CAF и C60 в образцах наблюдалось постепенное снижение показателя КГГ относительно позитивного контроля (образец, в котором клетки взаимодействовали только с DOX). Наблюдалась обратная зависимость между показателем КГГ и концентрациями CAF и C60, т.е. с увеличением концентрации CAF и C60 в образцах показатель КГГ уменьшался относительно позитивного контроля (рис.3, 4).

3. Наиболее важным является то, что при сравнении результатов первого и второго этапов эксперимента, можно заключить, что совместное действие DOX с CAF и C60 носит совершенно иной характер, чем воздействие на ядра клеток только DOX. С увеличением концентрации CAF и C60 биологическая активность доксорубина в ядрах клеток буккального эпителия человека снижается (в случае с C60 значение КГГ для образцов с максимальной концентрацией C60 примерно такое же, как для контрольного образца). Следовательно, можно предположить, что существует непосредственное взаимодействие молекул исследуемого антибиотика с молекулами CAF и C60, которое снижает биологический эффект, производимый антибиотиком на ядра клеток, что косвенно согласуется теорией интерцепторно-протекторного действия, т.е. интерцепторно-протекторный механизм взаимодействия в системах «DOX-CAF-ДНК» и «DOX-C60-ДНК» проявляется на клеточном уровне.

Полученные результаты также косвенно согласуются с выявленным на in vivo и in vitro уровнях протекторным эффектом фуллерена C60 и кофеина по отношению к цитотоксическому действию ароматического антибиотика доксорубина, интерпретируемому в терминах интерцепторного механизма действия.

Список используемых источников

1. Chu E., DeVita V.T. Physicians' cancer chemotherapy drug manual. – L.: Jones and Bartlett Publ., 2003. – 512 p.
2. Traganos F., Kapuscinsky J., Darzynkiewicz Z. Caffeine Modulates the Effects of DNA-intercalating Drugs in Vitro: A Flow Cytometric and Spectrophotometric Analysis of Caffeine Interaction with Novatrone, Doxorubicin, Ellipticine, and the Doxorubicin Analogue AD198 // Cancer Res. – 1991. – Vol. 51. – P.3682-3689.
3. Ulanowska K., Piosik J., Gwizdek-Wisniewska A., Wegrzyn G. Formation of stacking complexes between caffeine (1,2,3-trimethylxanthine) and 1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine may attenuate biological effects of this neurotoxin // Bioorg. Chem. – 2005. – Vol. 33. – P.402-413.
4. Шкорбатов Ю.Г., Колупаева Т.В., Шахбазов В.Г. Дзета-потенциал клеточного ядра в клетках растений и человека в норме и при действии тепловых ударов // V Всесоюзная междуниверситетская конф. «Биология клетки». – Тбилиси, 1987. – Ч.2. – С.1032-1034.
5. Гвоздев В.А. Гетерохроматин // Молекулярная биология. – 1999. – Т. 33. – №1. – С. 14-25.
6. Ашмарин И.П. Молекулярная биология. Л.: Изд-во ЛГУ, 1977. – 368 с.
7. Shchorkbatov Y.G., Shakhbazov V.G., Grigoryeva N.N., Grabina V.A. Microwave irradiation influences on the state of human cell nuclei // Bioelectromagnetics, 1998, v.19, No 7, p.414-419.

8. Shckorbatov, Y.G. He-Ne laser light induced changes in the state of chromatin in human cells / Y.G. Shckorbatov // Naturwissenschaften. – 1999. – V. 86. – № 9. – P. 452-453.

9. Shckorbatov Yu.G., Shakhbazov V.G., Bogoslavsky A.M., Rudenko A.O. On age-related changes of cell membrane permeability in human buccal epithelium cells // Mech. Ageing and Develop. – 1995. – V.83. – N 1. – P.87-90.

ДОКЛАДЧИК:

Сагарадзе Георгий Дмитриевич
(Georgy Dmitrievich Sagaradze)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка методик стандартизации продуктов секреции мезенхимных стромальных клеток человека
Development of standardization methods for secretion products of mesenchymal stromal cells

ОРГАНИЗАЦИЯ:

1. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет фундаментальной медицины
2. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Медицинский научно-образовательный центр
3. Российский университет дружбы народов, медицинский факультет

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Сагарадзе Георгий Дмитриевич
(Georgy Dmitrievich Sagaradze)

Григорьева О.А.
(O.A. Grigorieva)

Чаплинко А.А.
(A.A. Chaplenko)

Сысоева В.Ю.
(V.Yu. Sysoeva)

Калинина Н.И.
(N.I. Kalinina)

Акопян Ж.А.
(Zh.A. Akopyan)

Камалов Д.М.
(D.M. Kamalov)

Суслина С.Н.
(S.N. Suslina)

Ефименко А.Ю.
(A.Yu. Efimenko)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Перспективным направлением регенеративной медицины является использование комплекса секретируемых мезенхимными мультипотентными стволовыми/стромальными клетками (МСК) биологически активных факторов. Стандартизация таких продуктов требует особой стратегии.

Annotation

One of the promising fields of regenerative medicine is the use of mesenchymal stem/stromal cells' secreted complex of bioactive factors. They should standardize these products by means of special strategy.

Ключевые слова: регенеративная медицина; МСК; кондиционированная среда; стандартизация; контроль качества

Keywords: regenerative medicine; MSC; conditioned medium; standardization; quality control

Регенеративная медицина – новое направление биомедицины, ориентированное на замену утраченных и/или поврежденных тканей или органов, а также манипуляции с ними с целью восстановления их структуры и функций. В настоящее время активно разрабатываются подходы, направленные на использование регенераторных свойств стволовых и прогениторных клеток. Одним из наиболее часто используемых типов клеток являются МСК, выделенные из костного мозга, жировой ткани или других источников.

МСК человека секретируют в культуральную среду многочисленные факторы роста и цитокины, которые играют первостепенную роль в процессах регенерации и репарации тканей и опосредуют терапевтический эффект этих клеток. Более того, секретируемые МСК факторы, применяемые отдельно от клеток, способствуют регенерации поврежденной ткани так же, как и терапия МСК. Комплекс секретируемых факторов в составе секретомы, микровезикул или экзосом обнаруживается в среде культивирования МСК. Среда, содержащая секретируемые факторы, называется кондиционированной [Kim, Choi, Kim, 2013].

Использование кондиционированной среды (КС) имеет преимущества по сравнению с терапией МСК. Данный продукт легче производить, хранить и транспортировать. КС не содержит клеток, что значительно повышает безопасность применения этого медицинского продукта. Таким образом, КС в перспективе может производиться в качестве ЛС для регенеративной медицины [Pawitan, 2014]. В настоящее время заявлено всего лишь два пилотных клинических исследования с использованием такого типа ЛС. Они демонстрируют положительные результаты применения КС [Fukuoka H. et al., 2012; Zhou и др., 2013]. Поэтому прогнозируется увеличение количества исследований кондиционированной МСК среды [Pawitan, 2014].

Для трансляции результатов лабораторных исследований КС в клиническую практику нужно контролировать качество и безопасность произведенного продукта. Несмотря на перспективы использования кондиционированной МСК среды, контроль ее качества в Российской Федерации еще не регламентирован. В частности, законопроект «Об обращении биомедицинских клеточных продуктов» находится на стадии обсуждения, а также отсутствуют конкретные рекомендации по контролю качества ЛС на основе биологически активного комплекса экстрацеллюлярных продуктов МСК.

Кондиционированная МСК среда представляет собой комплекс

биологически активных веществ, продуцируемых гетерогенной популяцией живых клеток, имеющий сложный состав и множество мишеней для воздействия [Jayaraman и др., 2013]. Данное ЛС можно рассматривать как биофармацевтическое. Но синергизм действия некоторых компонентов комплекса экстрацеллюлярных продуктов МСК и его множественные эффекты не позволяют проводить доклинические испытания и оценивать качество по стратегии, применимой для биофармацевтических ЛС. Значит, разработка и доклинические испытания исследуемого ЛС требуют особой стратегии.

Мы реализовали стратегию стандартизации ЛС на основе биологически активного комплекса экстрацеллюлярных продуктов МСК-ЖТ человека по показателям «Подлинность», «Специфическая активность», группе показателей «Биологическая безопасность». В ходе работы мы учли индивидуальные особенности данного ЛС: сложную природу и комплексное воздействие на молекулярные мишени, а также заимствовали логику подходов, описанных в нормативных документах (НД), разработанных для биологических ЛС и рекомендациях по доклиническим испытаниям ЛС для регенеративной медицины.

На основании анализа литературы и НД мы обосновали перечень выбранных для разработки методик контроля качества исследуемого ЛС по показателям «Подлинность», «Специфическая активность» и «Биологическая безопасность». В группу показателей биологической безопасности включены такие показатели как «Стерильность», «Микоплазма», «Бактериальные эндотоксины», «Жизнеспособность клеток-продуцентов».

В связи с тем, что на этапе разработки технологии производства ЛС на основе биологически активного комплекса экстрацеллюлярных продуктов МСК-ЖТ человека все культуральные работы проводили в неклассифицируемых помещениях, технологический процесс включал в себя использование антибиотиков, а также строгое соблюдение правил асептики и других мер предосторожности. Была проведена оценка стерильности исследуемых образцов и анализ содержания микоплазм и бактериальных эндотоксинов. Мы оценили жизнеспособность клеток-продуцентов исследуемого ЛС путем окрашивания клеток трипановым синим, а также путем анализа ферментативной активности лактатдегидрогеназы в ЛС на основе комплекса экстрацеллюлярных продуктов МСК-ЖТ. Результаты анализов подтвердили биобезопасность испытуемых образцов.

При оценке качества исследуемого ЛС по показателю «Подлинность» мы учли сложность состава комплекса экстрацеллюлярных продуктов МСК-ЖТ, поэтому анализировали содержание нескольких биологически активных факторов. Ключевые факторы роста, опосредующие регенеративные эффекты МСК-ЖТ, были отобраны путем анализа способности комплекса стимулировать ангиогенез на модели *invitro* при добавлении блокирующих антител против различных факторов. В лаборатории генных и клеточных технологий Факультета фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова ранее было показано, что блокирование нейтрализующими антителами VEGF (фактор роста эндотелия сосудов) [Ефименко А. Ю. и др., 2012], HGF (фактор роста гепатоцитов), FGF2 (фактор роста фибробластов 2), Angpt-1 (ангиопоэтин-1) значительно снижает ангиогенный потенциал биологически активного комплекса продуктов секреции МСК-ЖТ. Следует отметить, что важным показателем, влияющим на биологические эффекты комплекса, может оказаться баланс между факторами разнонаправленного действия. В связи с этим в анализ был включен PEDF (фактор, продуцируемый клетками пигментного эпителия), который в большом количестве секретируется МСК-ЖТ человека и, согласно данным литературы, оказывает антиангиогенное действие. В данной работе контроль качества по показателю «Подлинность» проходил с использованием метода иммуноферментного анализа (ИФА).

Регенераторный эффект исследуемого ЛС обеспечивается несколькими процессами: ангиогенезом, привлечением клеток, как специализированных, так и стволовых и прогениторных, в область повреждения, стимуляцией их пролиферации и миграции, повышением выживаемости, а также поддержанием функционального фенотипа клеток. Таким образом, оценка специфической активности ЛС должна отражать функции привлеченных стволовых, прогениторных и/или других клеток, а также продемонстрировать ускорение восстановительных процессов, которые могут быть ими опосредованы [Efimenko и др., 2011; Liang и др., 2013; Zhao и др., 2013] originated from the vascular-stromal compartment of fat tissue. ADSC are used as an alternative cell source for many different cell therapies, however in ischemic

cardiovascular diseases the therapeutic benefit was modest. One of the reasons could be the use of autologous aged ADSC, which recently were found to have impaired functions. We therefore analysed the effects of age on age markers and angiogenic properties of ADSC. Hypoxic conditioning was investigated as a form of angiogenic stimulation.» «author» : [{ «dropping-particle» : «», «family» : «Efimenko», «given» : «Anastasia», «non-dropping-particle» : «», «parse-names» : false, «suffix» : «» }, { «dropping-particle» : «», «family» : «Starostina», «given» : «Ekaterina», «non-dropping-particle» : «», «parse-names» : false, «suffix» : «» }, { «dropping-particle» : «», «family» : «Kalinina», «given» : «Natalia», «non-dropping-particle» : «», «parse-names» : false, «suffix» : «» }, { «dropping-particle» : «», «family» : «Stolzing», «given» : «Alexandra», «non-dropping-particle» : «», «parse-names» : false, «suffix» : «» }], «container-title» : «Journal of translational medicine», «id» : «ITEM-1», «issue» : «1», «issued» : { «date-parts» : [[«2011»]] }, «note» : «Z», «page» : «10», «publisher» : «BioMed Central Ltd», «title» : «Angiogenic properties of aged adipose derived mesenchymal stem cells after hypoxic conditioning.» «type» : «article-journal», «volume» : «9» }, «uris» : [«http://www.mendeley.com/documents/?uud=2da5f592-9ebd-4fd6-8084-13c05af9621f»] }, { «id» : «ITEM-2», «itemData» : { «DOI» : «10.3727/096368913X667709», «ISBN» : «1555-3892 (Electronic. Поскольку разрабатываемое ЛС на основе продуктов секреции МСК-ЖТ предполагается использовать, в частности, для стимуляции заживления кожных ран, одной из моделей оценки специфической активности была выбрана оценка миграции фибробластов кожи человека на модели клеточной раны.

Фибробласты активно участвуют в синтезе внеклеточного матрикса, являющегося структурным остовом для ткани. Структура и состав внеклеточного матрикса играют ключевую роль в процессе регуляции ангиогенеза, поэтому функция данных клеток поддерживает процесс заживления ран. Миграция эндотелиальных клеток является обязательным для ангиогенеза процессом. Под влиянием множественных стимулов в эндотелиальных клетках запускаются сигнальные пути, благодаря которым в динамике происходят изменения цитоскелета, необходимые для ангиогенеза. В данной работе выбрана также модель, отражающая регенераторный эффект данного ЛС в контексте стимуляции направленной миграции эндотелиальных клеток человека в область повреждения.

Мы разработали и апробировали методики контроля качества исследуемого ЛС по группам показателей «Подлинность», «Специфическая активность» и «Биобезопасность». В процессе отработки методик была проведена оптимизация некоторых этапов технологического процесса исследуемого ЛС. На основании произведенных образцов были разработаны первичный стандартный образец и рабочий стандартный образец, оценку которых проводили по перечисленным показателям контроля качества.

Мы оценили возможность замены тестов *invitro* по выявлению специфической активности на физико-химические методы (ИФА). Результаты ИФА и тестов *invitro* были исследованы на предмет корреляционной зависимости между их результатами. Мы выявили статистически значимые корреляционные связи между концентрацией ключевых факторов и скоростью миграции фибробластов или эндотелиальных клеток, не противоречащие данным научной литературы. В ходе работы нами установлена статистически значимая корреляция между концентрацией VEGF и PEDF, что, теоретически, указывает на возможность сокращения числа исследуемых с помощью ИФА факторов из последующего анализа. Однако, низкие коэффициенты корреляции, а также недостаточный объем выборок на данном этапе работы не позволили предсказать эффективно специфическую активность комплекса экстрацеллюлярных продуктов МСК-ЖТ по концентрациям ключевых факторов.

Таким образом, мы обосновали выбор номенклатуры показателей качества ЛС на основе биологически активного экстрацеллюлярного комплекса МСК-ЖТ по группам «Подлинность», «Специфическая активность» и «Биобезопасность», создали ПСО и РСО исследуемого ЛС, разработали и апробировали методики контроля качества ЛС по группам показателей «Подлинность», «Специфическая активность» и «Биобезопасность», зафиксировали методики в соответствующих проектах стандартных операционных процедур (СОП). Данные процедуры позволили успешно стандартизовать инновационное ЛС на основе биологически активного экстрацеллюлярного комплекса МСК-ЖТ человека по исследуемым показателям.

Работа выполнена на базе Медицинского научно-образовательного центра МГУ имени М.В. Ломоносова и факультета фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (Соглашение о субсидии № 14.607.21.0045 от

22 августа 2014 г., уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI60714X0045).

Список использованных источников:

1. Ефименко А. Ю., Джояшвили Н. А., Старостина Е. Е., Калинина Н. И., Акчурин Р. С. Парфенова.Е.В. Изменения с возрастом ангиогенных свойств мезенхимальных стволовых клеток жировой ткани // Стволовые клетки и регенеративная медицина./ Под ред. В.А. Ткачука. , 2012. С. 150–166.
2. Efimenko A. и др. Angiogenic properties of aged adipose derived mesenchymal stem cells after hypoxic conditioning. // J. Transl. Med. 2011. Т. 9. № 1. С. 10.
3. Fukuoka H. et al. The latest advance in hair regeneration therapy using proteins secreted by adipose-derived stem cells // Am. J. Cosmet. Surg. 2012. С. 273–282.
4. Jayaraman P. и др. Stem cells conditioned medium: a new approach to skin wound healing management. // Cell Biol. Int. 2013. Т. 37. № 10. С. 1122–8.
5. Kim H.O., Choi S.-M., Kim H.-S. Mesenchymal stem cell-derived secretome and microvesicles as a cell-free therapeutics for neurodegenerative disorders // Tissue Eng. Regen. Med. 2013. Т. 10. № 3. С. 93–101.
6. Liang X. и др. Paracrine mechanisms of Mesenchymal Stem cell-based therapy: Current status and perspectives. // Cell Transplant. 2013. Т. 23. С. 1–32.
7. Pawitan J.A. Prospect of stem cell conditioned medium in regenerative medicine. // Biomed Res. Int. 2014. Т. 2014. С. 965849.
8. Zhao J. и др. The effects of cytokines in adipose stem cell-conditioned medium on the migration and proliferation of skin fibroblasts in vitro // Biomed Res. Int. 2013. Т. 2013.
9. Zhou B.R. и др. The effect of conditioned media of Adipose-derived stem cells on wound healing after ablative fractional carbon dioxide laser resurfacing // Biomed Res. Int. 2013. Т. 2013.

ДОКЛАДЧИК:

Свистушкин Михаил
Валерьевич
(Svistushkin Mikhail Valeryevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка способа лечения рубцовых поражений голосовых складок с применением аутологичных мезенхимальных костномозговых стволовых клеток
The development of a method for the treatment of vocal fold scars with autological mesenchymal bone marrow-derived stem cells

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ГБОУ ВПО Первый МГМУ им.
И.М. Сеченова Минздрава России
(I.M. Sechenov First Moscow
State Medical University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Свистушкин Михаил Валерьевич
(Svistushkin Mikhail Valeryevich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Наиболее частой причиной стойкого нарушения голосовой функции являются рубцовые поражения голосовых складок. Функциональный результат существующих способов лечения крайне неэффективен. Разработка и внедрение в практику новой технологии лечения с использованием аутологичных мезенхимальных костномозговых стволовых клеток позволила бы эффективно восстанавливать голос у больных данной патологией.

Annotation

Scarring of the vocal folds is the most common factor of consistent dysphonia. The treatment of scarred vocal folds is still an unresolved problem in laryngology and phonosurgery. The development of a new way of treatment using autological mesenchymal bone marrow-derived stem cells will allow to restore a voice function effectively.

Ключевые слова: рубцы голосовых складок; дисфония; стволовые клетки; фонохирургия

Keywords: vocal fold scarring; dysphonia; stem cells; phonosurgery.

Голос - основной способ общения, имеющий первостепенное значение не только для социальной адаптации, но и для обеспечения средств к существованию миллионов людей, чья профессия связана с вербальным общением. Одной из самых частых причин расстройства голосовой и дыхательной функций являются рубцовые изменения голосовых складок. Причины формирования рубцов голосовых складок многообразны, чаще всего - острое или хроническое воспаление, травма, в том числе при избыточных голосовых нагрузках, различные хирургические вмешательства и т.д.

На данный момент не существует способов лечения больных рубцовыми поражениями голосовых складок с использованием клеточных технологий, прошедших клинические испытания. Эффективность существующих методов воздействия при данной патологии крайне низкая, функциональный результат лечения рубцов голосовых складок непредсказуем и существенно ограничен, так как ни один из известных способов не обеспечивает восстановление

структуры собственной пластинки слизистой оболочки голосовой складки, которая является важнейшей составляющей в образовании голоса. Обязательным условием восстановления голоса при рубцах голосовых складок является удаление рубцовой ткани хирургическим путем, что само по себе дополнительно травмирует складку и может вести к усугублению рубцовых процессов и ухудшению голоса соответственно. Обычно лечение является многоэтапным и длительным. Разработка и внедрение в практику новой технологии лечения с использованием аутологичных мезенхимальных костномозговых стволовых клеток, имеющих доказанный высокий регенераторный потенциал, позволило бы эффективно воздействовать на сам процесс формирования рубцов, восстанавливать нормальное строение собственной пластинки слизистой оболочки голосовых складок, что имеет принципиальное значение в лечении больных данной патологией. В отличие от традиционных фонохирургических вмешательств, при имплантации собственных костномозговых клеток в дефект голосовой складки после иссечения рубцовой ткани ожидается практически полное восстановление нормальной структуры слизистой оболочки голосовых складок и собственно голоса соответственно, уже через 11 недель после вмешательства.

Целью данного исследования является изучить возможность применения аутологичных мезенхимальных костномозговых стволовых клеток (АМКСК) в лечении рубцовых поражений голосовых складок (ГС). Используя в качестве экспериментальной модели хирургический дефект ГС кролика планируется: 1) Изучить потенциал АМКСК в восстановлении реологических и морфологических характеристик поврежденных голосовых складок. 2) Оценить безопасность применения АМКСК в лечении рубцовых поражений голосовых складок. 3) Разработать новый способ лечения больных со стойкой дисфонией вследствие рубцовых повреждений голосовых складок различной этиологии.

На данный момент нами окончательно выбрана новая экспериментальная модель, разработан способ доставки и имплантации стволовых клеток в голосовые складки кролика, проработан дизайн предстоящего исследования и этапы его реализации. Первый этап работы включает проведение экспериментальных исследований с использованием лабораторных кроликов в качестве экспериментальной модели. Животным в дефект голосовой складки после иссечения рубцовой ткани, будут имплантированы аутологичные мезенхимальные костномозговые клетки с последующей оценкой гистологических, иммуногистохимических и реологических свойств голосовых складок. Результат экспериментальных исследований позволит обосновать возможность применения данной хирургической технологии в клинической практике. Второй этап работ - клиническое исследование: проведение первых 20 операций у больных рубцовыми поражениями голосовых складок с объективизацией и оценкой ближайших и отдаленных результатов.

Предполагаемым итогом нашей научно-исследовательской работы является создание новой высокоэффективной малоинвазивной технологии хирургического лечения больных рубцовыми поражениями голосовых складок, отличающейся минимальным риском осложнений, которая устраняет этиологическую причину дисфонии при рубцовых повреждениях голосовых складок, приводит к существенному улучшению анатомических и физиологических параметров голосовых складок, как следствие - функциональному восстановлению голосового аппарата и реабилитации больного.

Для использования новой технологии необходим стандартный набор микрохирургических инструментов, широко применяемый в мировой практике для эндоларингеальных хирургических вмешательств. Получение костного мозга, выделение, накопление и транспортировка аутологичных мезенхимальных костномозговых стволовых клеток осуществляется в соответствии с общепринятыми схемами. Разрабатываемая технология может широко применяться в практической деятельности врачей оториноларингологов, фониатров, фонохирургов, при проведении лечения больных рубцовыми поражениями голосовых складок.

Исследование проводится на базе кафедры болезней уха, горла и носа Первого МГМУ им. И.М.Сеченова (хирургический инструментарий, техническое обеспечение визуализации гортани, проведение всех этапов операции: забор костного мозга, формирование дефекта голосовой складки, имплантация стволовых клеток, удаление гортани для оценки результатов) совместно с отделом биомедицинских исследований НИИ Молекулярной медицины, ЦКП «Регенеративная медицина» Первого МГМУ им. И.М. Сеченова (выделение, идентификация, накопление аутологичных мезенхимальных костномозговых стволовых клеток, иммуногистохимический анализ голосовых складок).

Список использованных источников:

1. Bengt Svensson. Restoration of scarred vocal folds with stem cell implantation - analyses in a xenograft model // Karolinska institutet. – 2011. - Stockholm.
2. Current practice in injection augmentation of the vocal folds: indications, treatment principles, techniques, and complications / L. Sulica [et al.] // Laryngoscope. – 2010. - Vol. 120. – P. 319–325.
3. Vocal fold scars: current concepts and future directions. Consensus report of the phonosurgery committee of the European laryngological society. / G. Friedrich [et al.] // -2013. – Vol. 207, N 9. – P. 2491-2507.
4. Three-Dimensional Hydrogel Model Using Adipose-Derived Stem Cells for Vocal Fold Augmentation / P. Hyounghshin [et al.] // Tissue Engineering: Part A. – 2010. – Vol. 16, N 2, doi 10.1089/ten.tea.2009.0029. – P.535-543.
5. Role of circulating MSCs in vocal fold wound healing / S. Ohno [et al.] // Laryngoscope. – 2012. – Vol. 122, N 11. – P. 2503-2510.
6. In Vivo engineering of the vocal fold ECM with injectable HA hydrogels-late effects on tissue repair and biomechanics in a rabbit model / S. L. Thibeault [et al.] // J Voice. – 2011. – Vol. 25, N 2. – P. 249–253.
7. Histologic characterization of human scarred vocal folds / T. S. Hirano [et al.] // J Voice. – 2009. – Vol. 23, 399407.

ДОКЛАДЧИК:

Северинов Дмитрий Андреевич
(Severinov Dmitriy A.)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Новое поколение сосудистых имплантатов
New generation of vascular implants

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ГБОУ ВПО Курский
государственный медицинский
университет
(Kursk State Medical University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Северинов Дмитрий Андреевич
(Severinov Dmitriy A.)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В качестве сосудистых заплат все чаще применяются эксплантаты из синтетических материалов. Лавсан - один из наиболее широко используемых материалов для изготовления сосудистых эксплантатов. Многолетний опыт применения синтетических материалов в сердечно-сосудистой хирургии позволил выделить эксплантаты из лавсана в отдельную, наиболее перспективную группу. Они обладают такими ценными свойствами, как высокая биологическая и нулевая хирургическая порозность, биологическая инертность.

Annotation

As a vascular patch are increasingly used explants of synthetic materials. Dacron - one of the most widely used materials for the manufacture of vascular explants. Many years of experience in the use of synthetic materials in the cardiovascular surgery explants were allowed to allocate from a separate Dacron, the most promising group. They have valuable properties such as high biological and surgical zero porosity, biological inertness.

Ключевые слова: сосудистая заплата; имплантат; биосовместимость; физико-механические свойства; операция; брюшная аорта

Keywords: vascular patch; implant; biocompatibility; physical and mechanical properties; operation; abdominal aorta

Реконструкция артерий после травм зачастую требует наличия пластического материала для восстановления поврежденного участка. Для этих целей широко применяются сосудистые имплантаты, такие как аутовена, аутоартерия, а так же различные синтетические эксплантаты.

По мере накопления опыта использования аутолены в качестве заплаты появилась настороженность в использовании этого материала, поскольку наряду с положительными качествами в отдаленном послеоперационном периоде (после пластики артерий) наблюдались такие осложнения, как аневризматические расширения и разрывы, стенозирование и окклюзия в зоне реконструкции.

Таким образом, для целей реконструктивной хирургии, а именно – замещения или укрепления дефектов стенки полых органов или стенок полостей организма человека (например, сосудистого русла) представляется целесообразной разработка новых синтетических материалов, или линейки материалов, максимально сопоставимых по своим биомеханическим характеристикам с характеристиками органов-реципиентов. Это может быть достигнуто как за счёт разработки новых способов плетения полотна материала импланта, так и за счёт включения в нити имплантов новых типов синтетических волокон, обладающих истинной эластичностью.

В качестве материала для экспериментальных исследований были

Таблица 1 – Показатели физико-механических свойств изученных образцов сосудистых заплат

	Образец «Линтекс»	Образец «B.Braun»	P*
Толщина, мкм	523,3±3,59	415,3±6,25	<0,001
Поверхностная плотность, г/см ²	0,036±0,026	0,05±0,02	<0,05
Масса образца размером 1х1 см, г	0,038±0,0009	0,04±0,0029	<0,05
Объем ная пористость, %	44,60±0,026	5,21±0,02	<0,001
Хирургическая пористость, л/мин х см ²	1,23±0,02	0	-
Разрывная нагрузка (вдоль), Н/см	121,5±0,63	73,4±0,24	<0,001
Жесткость (вдоль), сН х мм ²	1,34±0,12	**	-
Жесткость (поперек), сН х мм ²	6,86±0,24	**	-

Рис. 1 – Схема имплантации образцов эндопротезов в стенку аорты

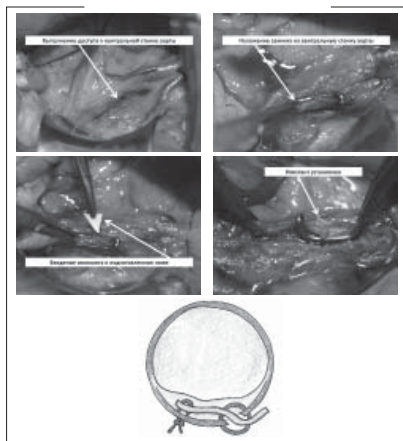


Рис. 2 – Разработанный нами продукт. 180 суток после имплантации в tunica media аорты собаки. На фотографии стрелкой указано лавсановое волокно, являющееся причиной формирования выбухания tunica intima в просвет аорты. Окраска гематоксилин-эозином. Микрофото. Ув.х400

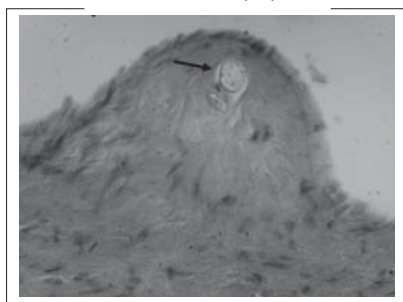
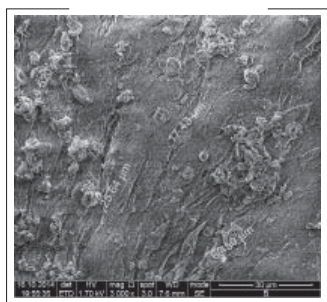


Рис. 3 – Разработанный нами продукт. 180 суток после имплантации в tunica media аорты собаки. Эндотелиоциты внутренней поверхности аорты в зоне имплантации разработанного нами протеза



использованы новые образцы сосудистых заплат, разработанные нами на базе КГМУ и представляющие собой основывающее полотно, а так же сосудистые заплаты компании «B.Braun» (Германия) – нетканая основа, пропитанная желатином.

Работа над проектом проводилась в 2 этапа.

На 1 этапе было проведено экспериментальное исследование физико-механических свойств 30 имплантатов (по 15 образцов соответственно). Данные измерений физико-механических параметров сосудистых заплат систематизированы и представлены в таблице 1.

Полученные в ходе измерений данные свидетельствуют о том, что наибольшими преимуществами среди представленных образцов имеют разработанные нами образцы сосудистых заплат.

Основной целью пропитывания образцов фирмы «B.Braun» желатином являлось снижение хирургической пористости и, соответственно, интраоперационной кровопотери. Однако данная модификация объясняет наличие у образцов этой серии ряда существенных недостатков, таких как высокая жесткость и низкая прочность, незначительная объемная пористость (одно из главных свойств, обуславливающих биологическую пористость и процессы биоинтеграции имплантата в структуру сосудистой стенки).

Имея минимальную поверхностную плотность, жесткость разработанные нами образцы обладают достаточной прочностью. По нашему мнению, данные позитивные физико-механические свойства будут наилучшим образом способствовать процессам интеграции этих заплат в сосудистую стенку, минимизировать реакцию тканей организма на имплантацию.

Чтобы проверить достоверность этой гипотезы, рассмотрим результаты гистологического исследования, которое является доказательной частью 2 этапа исследования.

Непосредственно 2 этап представляет собой имплантацию разработанных нами заплат в брюшную аорту лабораторных животных (в качестве которых выступили беспородные собаки) с дальнейшим изучением гистологических срезов зоны имплантации эксплантата.

Под общей анестезией с соблюдением международных норм гуманного обращения с животными (Европейская конвенция «О защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях», Страсбург, 1986 г.) в стерильных условиях операционного блока кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии им. профессора А. Д. Мясникова Курского государственного медицинского университета животным производилась срединная лапаротомия, затем после осуществления доступа к абдоминальному отделу аорты и наложения на него сосудистого зажима производилось продольное рассечение всех слоёв стенки аорты на протяжении 0,5 см в трех местах с интервалом в 20 мм. В последующем выполнялось эндопротезирование травмированных мест тремя образцами протезов (рис.1: А – выполнен доступ к вентральной стенке аорты; Б – на стенку аорты наложен зажим для иссечения стенки аорты и сформирована рана, размером 5 мм; В – в рану введен имплант треугольной формы вершиной в просвет аорты; Г – вершина имплантата, расположенная в просвете аорты фиксирована сквозным швом к ее стенке; аортотомическое отверстие ушито обвивным швом с одновременной фиксацией основания имплантата; Д – схематичное изображение положения имплантата после завершения операции). Стенка аорты над эндопротезом ушивалась непрерывным швом.

Животных выводили из эксперимента на 180 и 360 сутки соответственно. После выведения животных из опыта у всех животных иссекались имплантированные материалы с окружающими их тканями для гистологического исследования.

Рис. 4 - Разработанный нами продукт. 360 суток после имплантации в tunica media аорты собаки. На фотографии показаны нити протеза (В). Стрелки указывают соединительнотканые волокна и ядра фибробластов между волокнами нитей протеза. Окраска гематоксилином-эозином. Микрофото. Ув.х400

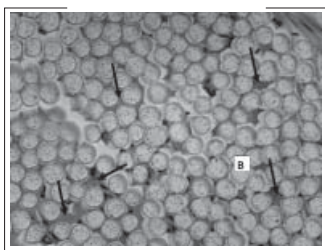


Рис. 5 - Материал «B.Braun». 180 суток после имплантации в tunica media аорты собаки. На фотографии показаны зоны инфильтрации стенки аорты лейкоцитами (И). Стрелки указывают зону сращивания эндотелия над областью стояния протеза в tunica media аорты. Окраска гематоксилином-эозином. Микрофото. Ув.х100



Рис. 6 - Материал «B.Braun». 180 суток после имплантации в tunica media аорты собаки. Фрагмент материала протеза, выбухающий в просвет аорты. Прорезающийся в просвет аорты шовный материал, не покрытый эндотелием

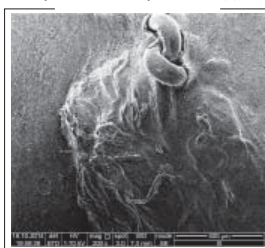
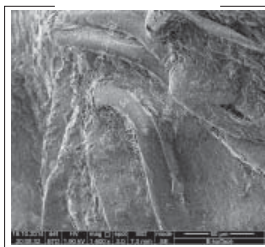


Рис. 7 - Материал «B.Braun». 360 суток после имплантации в tunica media аорты собаки. Место выхода волокон протеза в просвет аорты



Проанализировав данные, полученные в ходе 2 этапа исследования, нами был сделан вывод о том, что экспозиция сосудистых заплат в стенке аорты лабораторных животных при их размещении в средней оболочке (tunica media), состоящей из плотной волокнистой соединительной ткани (ПВСТ) приводит к пространственной реорганизации последней, с образованием за счёт функционирования резидентных клеток-механоцитов волокнистого футляра вокруг импланта в целом, а также вокруг его отдельных нитей и волокон, формирующих нити имплантированного материала. Объёмная пространственная реорганизация (реструктуризация) волокнистого каркаса стенки аорты и локальное (в зоне стояния импланта) изменение механических характеристик сосудистой стенки происходит вследствие того, что прорастающие в имплант клеточные и волокнистые элементы ПВСТ дезорганизуют пучки волокон в нитях протеза (рис.2). Поэтому отдельные волокна, а также пучки лавсановых волокон (нити импланта), особенно, располагающиеся на краях сосудистых заплат и не имеющие дополнительной стабилизации рядом расположенными элементами имплантата, меняют свою ориентацию и постепенно выбухают в просвет аорты вплоть до прободения интимы (рис.3).

Следует отметить, что наиболее стабильным и, следовательно, оказывающим наименьшее дезорганизующее воздействие на волокнистый остов стенки аорты среди исследуемых материалов является материал разработанного нами образца сосудистой заплаты (рис.4). Это подтверждается меньшей частотой выбухания и прободения интимы волокнами этого материала, а также большей сохранностью эндотелиальной выстилки по результатам электронной микроскопии.

Наихудшие результаты наблюдения показывает материал «B.Braun». Возможно, что его неудовлетворительные результаты объясняются тем, что «разборка» желатиновой пропитки, осуществляемая макрофагальной системой на ранних сроках экспозиции в стенке аорты протекает неравномерно, что приводит к неравномерной пролиферации клеточных и волокнистых элементов в стенке аорты и, следовательно, более выраженной деформации самого импланта и увеличенному по сравнению с другими имплантами количеству «мигрирующих» лавсановых волокон (рис.5).

На большом увеличении становится видно, что даже лавсановые волокна в пределах нитей протеза оказываются разобщёнными, дезориентированными, разделёнными и хаотично ориентированными вследствие неупорядоченного прорастания между ними пучков волокон и скоплений клеток ПВСТ. Общая картина напоминает взаиморасположение пучков коллагеновых волокон в плотной неоформленной соединительной ткани сетчатого слоя кожи (рис. 6-7).

Таким образом, гистологическое исследование подтвердило нашу гипотезу о том, что при имплантации в сосудистую стенку разработанного нами образца сосудистой заплаты, будут иметь место наиболее позитивные показатели клеточной реакции относительно образцов фирмы «B.Braun», а так же большая зрелость перипротезной капсулы, в структуре которой преобладают соединительнотканые элементы. Все вышесказанное позволяет считать разработанный нами образец сосудистой заплаты конкурентноспособным по отношению к уже имеющимся на рынке аналогам, а учитывая его низкую себестоимость и невысокую цену, его производство – рентабельным.

ДОКЛАДЧИК:

Сироткина М. А.
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Многофункциональная оптическая когерентная томография для индивидуализации противоопухолевой терапии: экспериментальные данные

ОРГАНИЗАЦИЯ:

1. Нижегородская государственная медицинская академия (Нижний Новгород)
2. Институт прикладной физики РАН (Нижний Новгород)
3. Университет Торонто (Торонто, Канада)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Сироткина М. А.
Буянова Н.Л.
Елагин В.В.
Карабут М.М.
Снопова Л.Б.
Кузнецов С.С.
Матвеев Л.А.
Геликонов Г.В.
Виткин А.
Загайнова Е.В.
Гладкова Н.Д.

ТЕЗИСЫ:

Индивидуализация противоопухолевой терапии является одной из важных задач современной медицины. Для решения этой проблемы необходимо контролировать ранний ответ опухоли на проведенную терапию с целью выявления предиктивных факторов эффективности лечения. Оптические методы визуализации могут стать незаменимым инструментом прижизненного мониторинга эффективности лечения.

Одним из перспективных методов является метод оптической когерентной томографии (ОКТ). ОКТ основана на приеме и анализе обратно рассеянного тканями низкокогерентного излучения ближнего ИК-диапазона, позволяет изучить внутреннюю структуру поверхностных слоев биотканей [1,2] и используется в клинической практике для диагностики широкого спектра патологических процессов [3]. Еще одним из перспективных клинических приложений ОКТ является мониторинг состояния злокачественных новообразований в процессе лечения и после его окончания [3,4]. На сегодняшний день, возможности метода ОКТ расширены, позволяют получить новые знания и сделать шаг в направлении индивидуализации лечения, в динамике судить о состоянии различных компонентов опухоли. Основной режим ОКТ (детекция обратного рассеяния зондирующего излучения тканями) направлен на оценку изменений структурного компонента опухоли; поляризационная мода выявляет изменения стромы; оценка сосудистого компонента опухоли с помощью функции ОКТ микроангиографии в динамике может рассматриваться как потенциальный критерий эффективности проведенной терапии, способный решить вопрос об индивидуализации параметров лечебного воздействия.

Методом ОКТ наша научная группа проводит исследования по изучению естественного роста прививных мышинных опухолевых моделей. В частности, получены данные о возникновении и развитии опухолевого узла с помощью кросс-поляризационной ОКТ и ОКТ микроангиографии. Выявлены характерные особенности ранних и поздних стадий развития опухолей, подтвержденные морфологическими данными. Разработаны и апробированы паттерны, позволяющие получать картину микроциркуляторного русла для разных биологических объектов. В настоящий момент наша научная группа с помощью ОКТ изучает ранний ответ прививных экспериментальных опухолей на разные виды противоопухолевой терапии, в том числе лучевую терапию и фотодинамическую терапию.

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке гранта правительства Российской Федерации № 14.B25.31.0015

1. Huang D., Swanson E.A., Lin C.P., Schuman J.S., Stinson W.G., Chang W., Hee M.R., Flotte T., Gregory K., Puliafito C.A., Fujimoto J.G. Optical coherence tomography. Science 1991; 254(5035): 1178-1181.

2. Fercher A.F., Drexler W., Hitzinger C.K., Lasser T. Optical coherence tomography—principles and applications. Rep Prog Phys 2003; 66: 239–303.

3. Масленникова А.В., Балалаева И.В., Гладкова Н.Д., Карабут М.М., Киселева Е.Б., Иксанов Р.Р., Ильин Н.И., Сокурено В.П. Прогнозирование степени тяжести мукозита слизистой оболочки полости рта методом оптической когерентной томографии. Вопросы онкологии 2009; 6: 572-579.

4. Davoudi B., Lindenmaier A., Vitkin A., Standish B.A., Allo G., Bizheva K., Vitkin A. Noninvasive in vivo structural and vascular imaging of human oral tissues with spectral domain optical coherence tomography. Biomed Opt Express 2012; 3 (5): 826-839.

ДОКЛАДЧИК:

Сунина Ангелина Олеговна
(Sunina Angelina Olegovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ГБОУ ВПО Первый Московский
государственный медицинский
университет им. И.М. Сеченова
Минздрава России
(I.M. Sechenov First Moscow
State Medical University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Сунина Ангелина Олеговна
(Sunina Angelina Olegovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка систем таргетной доставки лекарственных средств с помощью
моноклональных антител на модели эхинококкоза

Development of systems for targeted drug delivery using monoclonal antibodies
on a model of echinococcosis

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Адресная система доставки лекарственных средств, созданная на основе современных иммунологических наноконструктов, позволит снизить опасные побочные эффекты и улучшить качество жизни больных эхинококкозом и некоторыми другими паразитарными заболеваниями.

Annotation

Targeted drug delivery system, based on modern nano-immunological, will reduce dangerous side effects and improve quality of life in patients with echinococcosis and some other parasitic diseases.

Ключевые слова: паразитология; иммунология; моноклональные антитела; таргетная доставка.

Keywords: parasitology; immunology; monoclonal antibodies; targeted delivery.

Эхинококкоз – хроническое, угрожающее жизни людей заболевание паразитарной природы, ведущее к инвалидизации и смерти, характеризующееся поражением печени, реже легких и некоторых других органов кистозными образованиями. Диагностика данного заболевания на ранних стадиях крайне затруднена, так как клиническая картина неспецифична. Единственным радикальным методом лечения эхинококкозов до настоящего времени остаётся хирургический, малоэффективный в запущенных случаях заболевания и при множественной локализации паразита, всегда остается риск рецидива заболевания. Пациенты с диагнозом «эхинококкоз» вынуждены принимать противопаразитарные препараты от нескольких лет до всей жизни. Препараты, применяемые в данный момент, например, мебендазол, на 90% выводится из организма, оставшиеся 10% неравномерно распределяются по организму, накапливаясь в жировой ткани и печени. Соответственно, непосредственно в кисту проникает небольшая часть препарата, поэтому их назначают в высоких дозах. Возникает порочный круг – чем больше доза, тем сильнее кумулятивный эффект и опаснее побочные эффекты, а отказаться от приема лекарственного препарата у пациента нет возможности ввиду высокого риска рецидива. В настоящее время отсутствует система адресной доставки на моноклональных антителах препаратов для лечения паразитозов. Таргетная доставка препарата к клеткам-мишеням позволит снизить неспецифическую токсичность и другие побочные эффекты при приеме препаратов, снизить дозу принимаемого препарата.

Используя инновационные технологии с использованием современных иммунологических наноконструктов, в данном проекте будет разработана адресная система доставки противопаразитарных препаратов на модели эхинококкоза. Результатом данного проекта будет создание инновационной лекарственной формы для лечения эхинококкоза. Предлагаемая работа относится к критической технологии: «Технологии снижения потерь от социально значимых заболеваний» (п.22 Перечня критических технологий Российской Федерации, утвержденного Указом Президента Российской Федерации N 899 от 7 июля 2011г.)

Данная технология может стать основой для разработки линейки противопаразитарных препаратов последнего поколения, что позволит обеспечить импортонезависимость Российской Федерации по данному классу фармпрепаратов. Эта технология может быть использована при создании препаратов для лечения больных эхинококкозом и для профилактики у лиц группы риска: животноводы, пастухи, охотники, ветеринарные работники, работники меховых мастерских и члены их семей; туристы, выезжающие в тропические страны; жители регионов России, в которых наблюдается наибольшая заболеваемость населения эхинококкозом, например, Башкортостан, Татарстан, Республика Саха (Якутия).

ДОКЛАДЧИК:

Ташкинова Ксения Андреевна
(Tashkinova Ksenia Andreevna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Новосибирский национальный
исследовательский
государственный университет
(Novosibirsk national
research state university)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Ташкинова Ксения Андреевна
(Tashkinova Ksenia Andreevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Анализ работы системы детоксикации кишечника личинок
эктопаразитоида *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera, Braconidae) при
протекании бактериальной инфекции в организме хозяина *Galleria
mellonella* (Lepidoptera, Pyralidae)
The intestinal detoxification system of the ectoparasitoid *Habrobracon hebetor*
larvae (Hymenoptera, Braconidae) during the bacterial infection in the host
larvae *Galleria mellonella* (Lepidoptera, Pyralidae)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Изучено влияние бактериальной инфекции (*Bacillus thuringiensis* ssp. *galleria*) хозяина *Galleria mellonella* на активность детоксицирующих ферментов кишечника личинок эктопаразитоида *Habrobracon hebetor*. Работа проводилась на третий день питания личинки паразитоида. Измерения проводились в гомогенате кишечника. Были проведены измерения активности ферментов, участвующих в защите организма при окислительном стрессе и интоксикации (эстеразы, протеазы, ГСТ). Показано, что при питании личинок паразитоида на инфицированных гусеницах активность протеаз и ГСТ возрастает в 1,5 и 4 раза соответственно: происходит защита от ксенобиотиков и инактивация собственных метаболитов. Небольшое снижение активности эстераз связано с многофункциональностью этой группы ферментов.

Annotation

Influence of the host infection by *Bacillus thuringiensis* ssp. *galleria* on the intestinal detoxification system of ectoparasitoid's larvae has been investigated. Measurements of the enzymes activity participating in protection of organisms against an oxidizing stress, intoxication (esterases, proteases, GST) were taken. Intestinal homogenates were used in work. An increases of proteases and GST activity at 1.5 and 4 times respectively were shown. Small decrease of the activity of esterases is connected with multifunctionality of that group of enzymes.

Ключевые слова: *Habrobracon hebetor*; эктопаразитоид; *Bacillus thuringiensis* ssp. *galleria*; иммунитет; детоксицирующие ферменты.

Keywords: *Habrobracon hebetor*; ectoparasitoid; *Bacillus thuringiensis* ssp. *galleria*; immunity; system of the detoxication.

Введение

Habrobracon hebetor (Bracon) – космополитический вид осы-эктопаразитоида семейства Braconidae, поражающий преимущественно личинок представителей отряда Lepidoptera. Перед откладкой яиц самка *H. hebetor* вводит в тело гусеницы яд, вызывающий необратимый паралич и частично подавляющий иммунную систему хозяина (Kryukova et al. 2011). Таким образом, *H. hebetor* является хорошим агентом по биологическому контролю численности насекомых-вредителей. В настоящее время хорошо изучены особенности разведения и дальнейшего культивирования паразитоида, а также взаимодействие с энтомопатогенными микроорганизмами при совместном использовании.

Существуют работы, посвященные исследованию иммунного ответа личинок *Galleria mellonella* при одновременном действии яда *H.hebetor* и бактериальной инфекции. Однако остается не изученным механизм, позволяющий личинкам эктопаразитоида питаться и развиваться на зараженных бактериями гусеницах, т.к. токсигенные продукты метаболизма энтомопатогенных бактерий могут поступать в кишечник развивающихся личинок *H.hebetor*.

Нами проводилась работа по изучению влияния бактериальной инфекции хозяина на кишечный иммунитет паразитоида. Работа проводилась с использованием лабораторной популяции эктопаразитоида *Habrobracon hebetor* и хозяина – вошинной огневки *Galleria mellonella*. Заражение личинок *G.mellonella* проводили перорально споро-кристаллической смесью бактерий *B.thuringiensis* ssp. *galleria* из коллекции лаборатории патологии насекомых ИСиЭЖ СО РАН, в расчете 1 мл споро-кристаллической смеси на 3 гр корма. Было выявлено, что показатель активности протеаз кишечника личинок паразитоида, развивающегося на зараженном хозяине примерно в 1,5 раза выше, чем контрольных. Это связано с тем, что с пищей в кишечник личинок попадают токсигенные соединения белковой природы (результат взаимодействия бактериальных токсинов и клеток кишечного эпителия гусеницы), что является следствием повышения активности данной группы ферментов. Активность эстераз достоверно не изменялась.

Активность эстераз несколько снижается, что, вероятно, объясняется многофункциональностью данной группы ферментов: помимо катаболизма сложных эфиров жирных кислот, эстеразы отвечают за некоторые онтогенетические процессы (Li et al., 2007). Повышение активности ГСТ доказывает ее основные функции: защита от ксенобиотиков (бактериальные компоненты, в т.ч. и токсины) и инактивация собственных метаболитов.

Таким образом, в ответ на инфекцию у личинок *H. hebetor* частично интенсифицируется работа системы детоксикации. Данная работа позволяет приблизиться к пониманию процессов, способствующих выживанию личинок паразитоида при наличии бактериальной инфекции у хозяина.

Литература

1. Kryukova N.A., Dubovskiy I.M., Chertkova E.A., Vorontsova Ya. L., Slepneva I.A., Glupov V.V. The effect of *Habrobracon hebetor* venom on the activity of the prophenoloxidase system, the generation of reactive oxygen species and encapsulation in the haemolymph of *Galleria mellonella* larvae // *Journal of Insect Physiology* 2011.V57 P. 796–800.
2. Xianchun Li, Mary A. Schuler, and May R. Berenbaum Molecular Mechanisms of Metabolic Resistance to Synthetic and Natural Xenobiotics // *Annu. Rev. Entomol.* 2007. V 52 P. 231–53.

ДОКЛАДЧИК:

Тращев Ростислав
Викторович
(Trashcheev Rostislav
Viktorovich)
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Роль междисциплинарного диалога при исследовании сложных экологических объектов при недостатке информации об их свойствах

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Учреждение Российской
академии наук Институт
фундаментальных проблем
биологии РАН (ИФПБ РАН)
(Institute of basic biological
problems of Russian academy
of science (IBBP RAS))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Тращев Ростислав Викторович
(Trashcheev Rostislav Viktorovich)

ТЕЗИСЫ:

Экологические объекты являются достаточно сложными объектами для изучения. Например, если взять отдельную популяцию, то её динамика определяется многими факторами: взаимодействием с кормовыми ресурсами, внутривидовыми механизмами, влиянием болезней, заканчивая погодными условиями. Наряду с этим, изучение таких объектов осложняется, зачастую, недостатком информации, вплоть до отсутствия регистрации некоторых показателей.

Изучение таких объектов требует привлечения специалистов различного профиля и в том числе – организации междисциплинарных исследований [1]. Однако, здесь возникает проблема общего языка междисциплинарного общения. Зачастую, специалисты различного профиля оперируют различным понятийным аппаратом, что затрудняет их взаимопонимание [1]. Рассмотрим конкретный объект – популяцию леммингов. Отличительной особенностью данного объекта является наличие колебаний численности. Однако, практически полностью отсутствует информация в зимний период (включая размножение), что существенно осложняет изучение. Один из известных исследователей леммингов Ф.Б. Чернявский [2] сформулировал гипотезу о многофакторной модели лемминговых циклов: «популяционные циклы – это результат многоуровневых адаптивных реакций и связей, явление, в котором организменные и популяционные механизмы связаны с процессами, происходящими в биоценозе». Более подробные выводы о характере колебаний леммингов, путем многолетних практических наблюдений, включая выявление ведущих факторов и формулирование количественных зависимостей, по всей видимости, сделать невозможно. Организация междисциплинарных исследований сложных экологических объектов в условиях недостатка информации об их свойствах, в том числе, с использованием математического моделирования – это необходимость, другого пути, по всей видимости, нет.

В данном сообщении рассматривается метод комплексных исследований [3], который можно применять для изучения сложных экологических объектов при недостатке информации об их свойствах. Данный подход включает в себя полный набор операций, позволяет объединить возможности имитационных и аналитических методов моделирования, и эффективно организовать междисциплинарный диалог. При построении математических моделей экологических объектов тоже существуют сложности – нет установившихся уравнений (аналогов уравнений классической механики). В такой ситуации для каждого объекта необходимо обосновывать соответствующие математические зависимости в тесном контакте со

специалистами экологами.

Данный подход на, первом этапе, подразумевает построение имитационной модели (в формализме Дж. Форрестера). На этом этапе производится формализация всей имеющейся биологической информации, и обсуждение имитационной модели с экспертами – экологами. В данном случае наглядность имитационной модели позволяет осуществить междисциплинарное общение. На следующем этапе производятся вычислительные эксперименты, анализ имитационной модели и построение аналитической модели. На завершающем этапе производится совместный анализ полученных моделей и формулирование гипотез о ведущих механизмах исследуемого объекта.

В результате проведенных исследований удалось выявить ведущие механизмы, формирующие колебания численности леммингов, и особенности этих колебаний. Установлено, что определяющими факторами, формирующими колебания численности леммингов, являются: интенсивность выедания растительности леммингами в течение года, и выживаемость после подрыва кормовой базы. Было показано, что популяции леммингов характерны как регулярные, так и нерегулярные колебания численности; области параметров с нерегулярными колебаниями численности значительно уже областей с регулярными колебаниями.

Литература

1. Бушковская Е.А. Феномен междисциплинарности в зарубежных исследованиях / Вестник Томского государственного университета. Выпуск № 330. 2010г. С. 152 -155.
2. Чернявский Ф.Б. Лемминговые циклы/ Ф.Б. Чернявский // Природа. 2002. №10. С. 23-34.
3. Трапеев Р.В., Люлякин О.П., Саранча Д.А., Юрезанская Ю.С.. Метод комплексных исследований на примере моделирования популяций леммингов. ВЦ РАН, МОСКВА. 2014. 115с. ISBN 978-5-91601-107-4.

ДОКЛАДЧИК:

Тутанов Олег Сергеевич
(Tutanov Oleg Sergeevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Сравнительное протеомное исследование экзосом крови здоровых женщин и больных раком молочной железы

Proteomic profiling of blood-derived exosomes from healthy donors and breast cancer patients

ОРГАНИЗАЦИЯ:

1Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН
Новосибирский национальный исследовательский государственный университет
Международный томографический центр СО РАН

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Тутанов Олег Сергеевич
(Tutanov Oleg Sergeevich)
Тамкович Светлана Николаевна
(Tamkovich Svetlana Nikolaevna)
Дужак Татьяна Григорьевна
(Duzhak Tatyana Grigorevna)
Рябчикова Елена Ивановна
(Ryabchikova Elena Ivanovna)
Григорьева Алина Евгеньевна
(Grigoreva Alina Evgenyevna)
Лактионов Павел Петрович
(Laktionov Pavel Petrovich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В данной работе исследованы особенности состава, свойств и циркуляции экзосом крови человека в норме и при развитии рака молочной железы: разработан протокол выделения экзосом крови человека (циркулирующих свободно и связанных с поверхностью форменных элементов), проанализировано распределение экзосом в полученных препаратах по диаметру, концентрации белка, проведён масс-спектрометрический анализ белкового состава экзосом в норме и при развитии рака молочной железы. Полученные результаты включают в себя как новые актуальные фундаментальные данные, так и сведения, перспективные для дальнейшей разработки методов ранней неинвазивной диагностики рака молочной железы.

Annotation

In this research we investigate features of the composition, properties and circulating of exosomes from human blood in both healthy donors and breast cancer patients: we developed method of exosome obtaining and purification (exosomes from plasma and cell-surface bound exosomes), analyzed the distribution of exosomes diameter, concentration of proteins, conducted the mass-spectrometric analysis of the protein composition of exosome samples in both healthy state and during the development of breast cancer. The results include both new topical fundamental data and information, promising to further develop non-invasive methods for early diagnosis of breast cancer.

Ключевые слова: экзосомы; микровезикулы; биомаркеры; межклеточная коммуникация; протеомные маркеры; рак молочной железы.

Keywords: exosomes; microvesicles; biomarkers; intercellular communication; proteomic markers; breast cancer

Целью исследования является выявление белков экзосом, специфичных для рака молочной железы и последующее исследование диагностического потенциала измерения концентрации этих белков в крови для диагностики

злокачественных новообразований молочной железы.

Кровь 30 здоровых женщин и 12 больных раком молочной железы была разделена на плазму и форменные элементы крови, элюаты с поверхности клеток крови были получены по разработанному в нашей лаборатории протоколу (патент РФ 2556825 от 18.06.2015). Препараты экзосом из плазмы и элюатов с поверхности клеток крови были получены путем фильтрации через фильтры с диаметром пор 100 нм и последующего ультрацентрифугирования при 100 000 g в течение 1,5 ч. Полученные препараты были далее охарактеризованы при помощи трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) и окрашивания конъюгатом белка А с наночастицами золота комплексов первичных антител против тетраспанинов на наличие маркеров экзосом CD-9, CD-24 и CD-63. Белки полученных препаратов экзосом разделяли при помощи электрофореза в градиентном ПААГ и идентифицировали при помощи масс-спектрометрического анализа.

В результате экспериментов при помощи ТЭМ было показано, что экзосомы диаметром 30-100 нм присутствуют как в плазме, так и на поверхности клеток крови, при помощи иммунохимического окрашивания подтверждено наличие характерных для экзосом антигенов CD-9, CD-24 и CD-63. В результате оценки диаметра 14 950 частиц показано, что в крови больных раком молочной железы наиболее представлены экзосомы диаметром от 50 до 70 нм, в крови здоровых женщин – диаметром от 30 до 50 нм. Вследствие исследования концентрации белка в составе препаратов обнаружено, что 61% экзосом крови связаны с поверхностью форменных элементов. По данным время-пролетной MALDI TOF/TOF и maXis 4G масс-спектрометрии достоверно идентифицированно что в крови больных раком молочной железы наиболее представлены экзосомы 65 белков в составе экзосом крови здоровых женщин (n=4) и больных раком молочной (n=2), из которых 42 обнаружены в составе экзосом впервые (согласно базе данных Exocarta на июль 2015). от 50 до 70 нм, в крови здоровых женщин – диаметром от 30 до 50 нм.

ДОКЛАДЧИК:

Цветкова Зоя Евгеньевна
(Tsvetkova Zoya Evgenevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка состава и технологии гранулированной лекарственной формы гепатопротективного действия для гериатрии

Development of structure and technology of granular formulation hepatoprotective action for geriatrics

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГАОУ ВПО Белгородский
государственный национальный
исследовательский университет
(НИУ «БелГУ»)
(Belgorod National Research
University (NRU «BSU»))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Цветкова Зоя Евгеньевна
(Tsvetkova Zoya Evgenevna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В статье дается обоснование использования метионина, извлечения из плодов *Silybum marianum* и витамина B12 в качестве компонентов гериатрического лекарственного средства для лечения и профилактики неалкогольного стеатогепатоза и атеросклероза. Изложены результаты разработки состава, технологии и аналитического обеспечения лекарственной формы гепатопротективного действия.

Annotation

The article gives a justification for the use of methionine, extraction from the fruit of *Silybum marianum* and vitamin B12 as components geriatric medicament for the treatment and prevention of atherosclerosis and nonalcoholic steatogepatosis. The results of development of structure, technology and analytical support were set out for the development of hepatoprotective action for the formulation hepatoprotective action.

Ключевые слова: фармацевтическая технология; гериатрические лекарственные средства; полиморбизм; метионин; плоды *Silybum marianum*; флаволигнаны

Keywords: pharmaceutical technology; geriatric medicines; polymorbism; methionine; fruit *Silybum marianum*; flavolignans

Одной из важнейших демографических тенденций современности является старение населения. По данным Росстата на ноябрь 2014 г. количество жителей Российской Федерации пожилого возраста и старше составляло около 19% от общей численности населения [3]. Старение населения является одной из наиболее актуальных проблем современности, что находит отражение и в фармации, а именно: в необходимости оказания рациональной фармакотерапевтической помощи лицам пожилого и старческого возраста.

Особенностью гериатрической терапии является наличие полиморбидных

Рис. 1 - Динамика изменения количественного содержания флаволигнанов, извлеченных из плодов *S. marianum* в зависимости от концентрации экстрагента и режима измельчения лекарственного растительного сырья

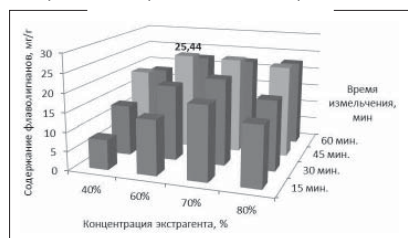


Рис. 2 - Динамика изменения количественного содержания флаволигнанов, извлеченных из плодов *S. marianum* в зависимости от концентрации экстрагента и режима измельчения лекарственного растительного сырья

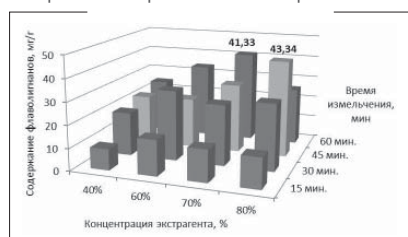


Рис. 3 - Динамика изменения количественного содержания флаволигнанов, извлеченных из плодов *S. marianum* в зависимости от концентрации экстрагента и режима измельчения лекарственного растительного сырья. Измельчение в дисковой мельнице, без обработки ультразвуком

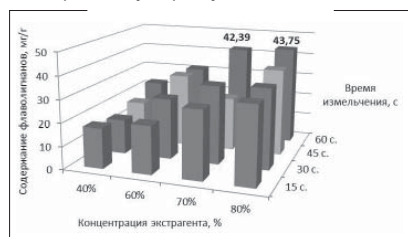
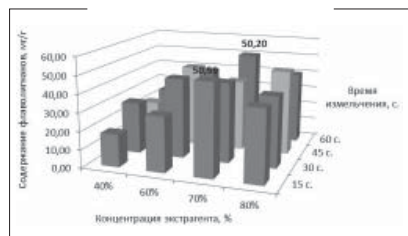


Рис. 4 - Динамика изменения количественного содержания флаволигнанов, извлеченных из плодов *S. marianum* в зависимости от концентрации экстрагента и режима измельчения лекарственного растительного сырья. Измельчение в дисковой мельнице, с обработкой ультразвуком



состояний у пациентов, что, как правило, сопровождается использованием комбинаций различных лекарственных средств. Однако одновременный прием нескольких лекарственных препаратов может приводить к изменению их фармакологических свойств в организме, и как следствие к проявлению побочных действий. Риск нежелательных последствий лекарственной терапии у пациентов старше 60 лет в 2-3 раза выше, чем у пациентов возрастной группы 30-40 лет [1]. Исходя из этого, одним из основных положений гериатрической фармакологии является необходимость избегать больших нагрузок лекарственными препаратами.

Целесообразно применение в терапии пожилых пациентов гериатрических препаратов (витаминов, минералов, аминокислот и экстрактов из лекарственного растительного сырья). Преимуществом таких препаратов является низкая токсичность и, как следствие, возможность длительного применения без существенных побочных эффектов.

Следует отметить, что неалкогольный стеатогепатоз и атеросклероз относятся к патологиям, которые наиболее часто развиваются в пожилом и старческом возрасте [5]. В группе риска развития данных патологий находятся пациенты возрастной группы 40-70 лет.

Проанализировав данные по фармакотерапии этих патологий, была отмечена схожесть механизмов действия лекарственных средств, применяемых для лечения и профилактики неалкогольного стеатогепатоза и атеросклероза, а именно: снижение уровня свободного холестерина и одновременное повышение синтеза лецитина. Такими биохимическими эффектами обладают незаменимая аминокислота метионин и витамин цианокобаламин. Кроме того, известно, что флаволигнаны плодов *Silybum marianum* обладают гепатопротективной активностью [2].

Таким образом, рациональным решением проблемы дефицита комбинированных лекарственных препаратов, направленных на лечение и профилактику наиболее распространенных гериатрических патологий, является разработка комбинированного препарата в форме гранул для комплексного лечения и профилактики неалкогольного стеатогепатоза и атеросклероза на основе метионина, флаволигнанового комплекса, входящего в состав густого экстракта *Silybum marianum* и витамина B12.

Цель исследования – разработка состава и технологии лекарственной формы гепатопротективного действия для гериатрии.

Материалы исследования: действующие вещества: метионин, экстракт плодов *Silybum marianum*; вспомогательные вещества: вода очищенная, крахмал картофельный, натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ), гидроксипропилметилцеллюлоза (ГПМЦ), поливинилпирролидон с молекулярной массой 12600±2700 (ПВП (12600±2700)), полиэтиленгликоль-6000 (ПЭГ-6000), микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ).

Методы исследования: контент-анализ литературных данных, фармако-технологические, физические и физико-химические методы; структурный, сравнительный, графический анализы.

Одним из объектов исследования является комплекс флаволигнанов плодов *Silybum marianum* (L.), а именно: силибин, силикрестин, силидианин и их стереоизомеры. Известно, что они обладают гепатопротективной активностью. Механизм их гепатопротективного действия заключается в том, что силибин нейтрализует свободные радикалы, препятствуя разрушению клеточных структур, специфически стимулирует РНК-полимеразу А и активирует синтез структурных и функциональных белков и фосфолипидов в поврежденных гепатоцитах. Стабилизация мембраны гепатоцитов, предотвращает выход трансаминаз, что ускоряет регенерацию печени [4].

На данном этапе работы был проведен подбор оптимальных условий экстракции флаволигнанов из плодов *Silybum marianum*. Сравнивали выход биологически активных веществ (БАВ) в зависимости от способа и режима измельчения сырья, концентрации экстрагента и метода экстракции.

Сравнение способов измельчения проводилось сопоставлением выхода БАВ из ЛРС, измельченного в шаровой вибрационной и дисковой мельницах. Флаволигнановый комплекс экстрагировали из плодов *S. marianum* водно-спиртовыми растворами различных концентраций методом перколяции, определяя зависимость выхода БАВ от обработки сырья и экстрагента ультразвуком (УЗ) на стадии намачивания.

По результатам количественного определения суммы флаволигнанов, были построены диаграммы, представленные на рисунках 1-4, иллюстрирующие динамику количественного содержания флаволигнанов в извлечениях в зависимости от концентрации экстрагента, режима и способа измельчения

сырья.

Обобщив полученные результаты, представленные на рисунках 1-4, сделан вывод о том, что наибольшее количество биологически активных веществ (50,59 мг/г) извлекается из плодов *S. marianum*, измельченных в течение 15 секунд в дисковой мельнице, обработанных на стадии настаивания ультразвуком, экстрагируемых этанолом 70%-ой концентрации.

Густой экстракт плодов расторопши пятнистой, полученный в данных условиях, используется в качестве АФС комплексного гепатопротективного лекарственного средства.

Далее в ходе исследования были определены технологические характеристики метионина как субстанции-порошка. Установлено, что метионин относится к лёгким порошковым веществам, с изодиаметрическими частицами размером 1,0 мм и обладает хорошей сыпучестью. В воде субстанция практически не растворима. Это определяет необходимость подбора вспомогательного вещества, улучшающего растворимость метионина в воде, но при этом обеспечивающего оптимальные свойства гранул как твердой лекарственной формы.

Для определения оптимального вспомогательного вещества были изготовлены модельные смеси (МС) с различным составом. В качестве вспомогательных веществ в модельной смеси №1 использовался крахмал, №2 – смесь пролонгаторов – натрий-КМЦ, ГПМЦ, №3 – ПВП, №4 ПЭГ-6000 и №5 МКЦ.

Для определения технологических характеристик модельных смесей проводили анализ сыпучести, распадаемости, прочности на истирание и растворимости по методикам общих фармакопейных статей (ОФС) фармако-технологических испытаний.

Обобщив результаты анализа сделан вывод, что наиболее подходящим вспомогательным веществом для производства гранул на основе метионина является ПВП.

Однако отмечено, что МС №3 обладает самой низкой прочностью, что в дальнейшем может отрицательно повлиять на фасовку, транспортировку и хранение конечной лекарственной формы. В качестве решения данной проблемы было предположено повышение прочности МС за счет увлажнения гранулируемой массы раствором ВМС.

Поэтому на следующем этапе работы было сформировано еще 4 МС по составу аналогичные МС №3, но в качестве увлажнителей использовались растворы ПВП 3%, 5%, 7% и 10% концентраций.

В ходе анализов установлено, что все полученные МС обладают достаточно схожими оптимальными фармако-технологическими и физическими характеристиками. Следует отметить, что путем увлажнения гранулируемой массы раствором ВМС, увеличилась прочность МС гранул, но сохранилась высокая степень высвобождения метионина.

Однако, с увеличением концентрации ВМС, масса для гранулирования хуже протирается через перфорированную поверхность, что создает трудности в процессе формования гранул, поэтому в качестве увлажнителя предпочтение отдано увлажнителю с наименьшей концентрацией ВМС – раствору ПВП 3%.

Таким образом, экспериментально обоснован выбор вспомогательного вещества и концентрации раствора-увлажнителя и разработана модельная смесь гранул с рабочим названием «Метсилив».

На следующем этапе работы были разработаны нормы качества полученной гранулированной модельной смеси, включающие разработку методов количественного анализа действующих веществ и определение технологических характеристик гранул. Так, количественное содержание метионина проводили методом спектрофотометрии по реакции с раствором нингидрина. Количественное содержание флаволигнанов проводили методом спектрофотометрии по реакции комплексообразования с раствором алюминия хлорида.

На заключительном этапе работы были определены органолептические, физические и технологические показатели полученной модельной смеси.

Установлено, что МС гранул «Метсилив», представляющая собой удлиненные частицы размером более 1,0 мм, относится к лёгким порошковым веществам и обладает удовлетворительной сыпучестью. Гранулы анализируемой модельной смеси обладают прочностью, распадаемостью, а также высвобождением соответствующими показателям фармакопеи.

Кроме того, гранулы данной МС растворимы в воде и 0,1 н. растворе соляной кислоты, что является важным показателем, для лекарственной

формы, требующей предварительного растворения в жидкости, а также содержащей вещества, всасывающиеся преимущественно в желудке.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что модельная смесь гранул «Метсилев» по всем показателям отвечает требованиям ГФ на лекарственную форму «Гранулы».

Список использованных источников:

1. Банькова, Е.М. Острый тубулоинтерстициальный нефрит у лиц пожилого и старческого возраста / Е.М. Банькова, С.А. Петров // Вопросы гериатрии в практическом здравоохранении: Материалы Республиканской научно-практической конференции, посвященной дню пожилых людей «Вопросы гериатрии в практическом здравоохранении» (16 окт. 2014 г., г. Минск). – Минск БелМАПО, 2014. – С. 16-18.
2. Звенигородская, Л.А. Применение гепатопротекторов в лечении неалкогольной жировой болезни печени / Л.А. Звенигородская, Е.А. Черкашина // Фарматека. К VI Национальному конгрессу терапевтов. – 2011. – №15 (228). – С. 58-63.
3. Официальные данные Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/demography/#>. – Загл. с экрана.
4. Щекатихина, А. С. Получение биологически активных веществ из семян расторопши пятнистой (*Silybum marianum* (L.)) / А. С. Щекатихина, Т. М. Власова, В. П. Курченко // Труды БГУ. – 2008. – Т.3, ч.1.
5. Ярыгина, В.Н. Руководство по геронтологии и гериатрии: Т. 1. Основы геронтологии. Общая гериатрия / В.Н. Ярыгина, А.С. Мелентьева. – М. : ГЭОТАРМедиа, 2010. – 720 с.

ДОКЛАДЧИК:

Шаповалова Елена
Григорьевна
(Shapovalova Yelena G.)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Биосовместимые композиционные материалы на основе полиэфиров и минерального наполнителя
Biocompatible composite materials based on polyesters and mineral filler

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ГБОУ ВПО Курский
государственный медицинский
университет
(Kursk State Medical University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Шаповалова Елена Григорьевна
(Shapovalova Yelena G.)
Лыткина Дарья Николаевна
(Lytkina Daria N.)
Рассказова Людмила Алексеевна
(Rasskazova Liudmila A.)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Актуальность исследования заключается в необходимости создания новых материалов, которые применяются в медицине для замещения поврежденной костной ткани. Целью работы является получение биосовместимых композиционных материалов на основе полилактида (ПЛ) и гидроксиапатита (ГА) и пилотное исследование взаимодействия ПЛ, ГА и композита ПЛ-ГА с первичными моноцитами человека *in vitro*. Пилотные эксперименты с культивированием моноцитов человека на поверхности образцов показали, что композит ПЛ-ГА может стимулировать выделение противовоспалительных цитокинов, что указывает на наличие противовоспалительных свойств композита.

Annotation

Relevance of the work is due to the need for new materials that are used in medicine as a substitute for natural bone tissue injuries, fractures, etc. The aim of the work is to obtain composites with improved biocompatible properties based on poly-L-lactide (PL) and hydroxyapatite (HA) and to perform pilot analysis of interaction PL, HA, composite PL-HA with primary human monocytes-derived macrophages *in vitro*. The pilot experiments using human primary monocytes cultivated on the surface of the samples demonstrated that PL-HA can stimulate release of anti-inflammatory cytokines that indicates the presence of potential anti-inflammatory properties of the composites.

Ключевые слова: биосовместимость; композиционные материалы; полилактид; гидроксиапатит; противовоспалительная активность; моноциты; макрофаги

Keywords: biocompatibility; composite materials; polylactide; hydroxyapatite; anti-inflammatory activity; monocytes; macrophages

Задача сохранения жизни и укрепления здоровья человека является первоочередной для современной биомедицинской науки. Уровень травматизма в Российской Федерации составляет 8730,3 случаев на 100 тыс. взрослого населения, то есть каждый год на 100 человек приходится примерно 9 травм. Среди всех причин первичной инвалидности и смертности травмы занимают третье место, а у лиц трудоспособного возраста – первое место. Несмотря на успешное внедрение технологии имплантации, отторжение имплантатов вызванное как хроническим

воспалением, так и ремоделингом ткани неизвестной природы является одной из основных проблем регенеративной медицины. Наиболее актуальной междисциплинарной задачей является создание новых материалов для имплантатов или их покрытий и разработка недорогих технологий их получения. В качестве материалов, способных заменять и восстанавливать поврежденную костную ткань в настоящее время, используется большое количество различных материалов и композитов, таких как металлы и их сплавы, керамика, специальные виды стекла и различные полимеры. До 40% металлических имплантатов от разных производителей требуют замены после пяти лет службы, поэтому в последние годы стремительно распространяются идеи полной регенерации костной ткани. Подход, основанный на принципе естественной регенерации, включает поиск и разработку биоматериалов, полностью резорбируемых в организме без сохранения инородных частей имплантата и без риска проведения повторных операций.

В настоящее время активно проводятся разработки биокомпозитов на основе полилактида и гидроксиапатита, обладающих всеми требуемыми для применения их в качестве костных заменителей свойствами [1], важнейшими из которых являются близкая к прочности кости механическая прочность и отсутствие отрицательных реакций организма на инородный материал. Кроме того, материалы на основе ПЛ и ГА деградируют со скоростью, достаточной для заживления костного дефекта, а нетоксичные продукты их распада естественным путём выводятся из организма.

Уникальным подходом к созданию композитов является осуществление новых способов синтеза индивидуальных компонентов и приготовления их смесей. В качестве основных научно-технических результатов будут получены биоразлагаемые материалы медицинского назначения, из которых можно легко формовать биосовместимые изделия с заданным комплексом функциональных свойств. Материалы на основе полилактида снижают риск отторжения имплантата и могут обладать противовоспалительными свойствами. Однако наиболее актуальным является усовершенствование свойств данных материалов и тщательное исследование их взаимодействия с иммунной системой человека, и прежде всего с клетками врожденного иммунитета как находящихся в тканях (резидентными), так и мигрирующими в ткани из кровотока в ответ на травматические повреждение и в результате присутствия в ткани чужеродного тела (имплантата) или продуктов его деградации.

Важной оценкой биосовместимости синтетических материалов является реакция клеток иммунной системы на композит. Методика [2] позволяет быстро и достоверно оценить наличие воспалительных реакций на материал клеток иммунной системы человека – макрофагов. В зависимости от окружения макрофаги могут модифицировать свою активность и исполнять роль про- и противовоспалительных агентов. М1 макрофаги на действие чужеродных агентов отвечают классической активацией, т.е. продукцией цитокинов провоспалительного профиля, для макрофагов М2 характерна альтернативная активация – продуцирование противовоспалительных цитокинов. После контакта клеток иммунной системы с материалом методом иммуноферментного анализа (ИФА) можно определить уровень высвобождаемых цитокинов, что позволяет судить об активации клеток и их реакции на исследуемый материал.

Цель работы заключается как в создании композитов на основе ПЛ и ГА, так и в исследовании их противовоспалительной активности на макрофагах крови человека.

Гидроксиапатит получали жидкофазным способом по методике [3]. Реакция протекает согласно уравнению:



Полилактид получали из лактида [4] ионной полимеризацией с раскрытием циклов L-лактида в присутствии октаноата олова:

Молекулярную массу полилактида определяли, используя метод гель-проникающей хроматографии. М полилактида составила 60000.

Композит ПЛ-ГА получали смешением раствора полилактида в хлороформе и порошка гидроксиапатита, затем полученную суспензию обрабатывали ультразвуком с частотой 40кГц и высушивали до полного испарения растворителя при комнатной температуре.

Для оценки способности композита образовывать новый кальций-фосфатный слой на своей поверхности провели SBF-исследование. Для этого образцы композита ПЛ-ГА и таблетки, сформованные из ГА и ПЛ, поместили в SBF раствор, который по своему минеральному составу и

Рис. 1 - Кинетические кривые накопления ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} на поверхностях ПЛ (1), композита ПЛ-ГА (2) и ГА (3) из SBF раствора

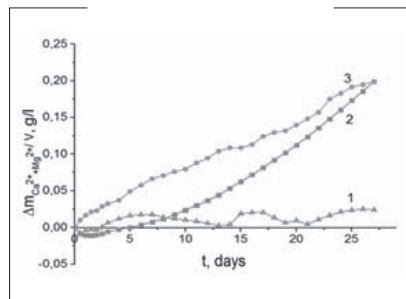


Рис. 2 - Динамика роста кальций-фосфатного слоя на поверхности композита ПЛ-ГА: 1 – до выдерживания в SBF растворе, 2 – после 7 суток; 3 – после 14-и; 4 – после 21-х; 5-6 – после 28-и суток выдерживания в SBF растворе. Увеличение $\times 1000$ (1-5) и $\times 3000$ (6)

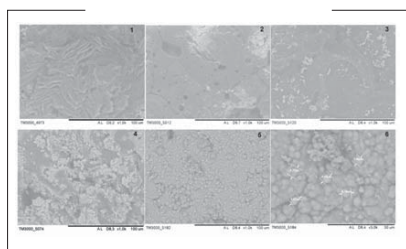
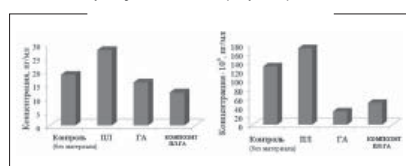


Рис. 3 - Влияние ПЛ, ГА и композита ПЛ-ГА на выделение макрофагами $\text{TNF}\alpha$ в присутствии $\text{IFN-}\gamma$ (слева), CCL18 в присутствии IL-4 (справа).



концентрации ионов идентичен плазме крови человека [5].

Подложки выдерживали в SBF растворе при 37°C в течение 28 суток с ежедневным обновлением раствора. Скорость формирования кальций-фосфатного слоя на поверхности подложек оценивали по уменьшению суммарной концентрации ионов кальция и магния ($\Delta\text{C}(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$, ммоль/л) в SBF растворе. По результатам измерений суммарной концентрации ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в растворе строили кинетические кривые ($\Delta\text{C}(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$, ммоль/л – т, сут) их накопления на поверхностях подложек из SBF раствора (рис. 1).

Анализ кинетических кривых показывает, что на поверхности чистого ГА (Рис. 1, 3) происходит активная адсорбция ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} из SBF раствора в течение всего времени выдерживания подложек в растворе. Заметная убыль ионов кальция с поверхности композита ПЛ-ГА (Рис. 1, 2) в первые 48 часов выдерживания подложек в растворе обусловлена относительно высокой растворимостью гидрофосфата кальция CaHPO_4 . Появление фазы гидрофосфата кальция объясняется частичным разложением ГА под влиянием кислой среды, которая образуется при гидролизе ПЛ. Начиная со вторых суток, происходит адсорбция ионов кальция из раствора на поверхности подложек композита ПЛ-ГА, что связано с наличием фазы ГА в составе композита. Скорость процесса формирования кальций-фосфатного слоя на поверхности чистого ГА выше, чем на поверхности композита 1, о чем свидетельствует большее значение угла наклона зависимости 3. На поверхности чистого ПЛ (Рис. 1, 1) происходят незначительные процессы адсорбции-десорбции ионов кальция из SBF раствора, о чем свидетельствуют небольшие изменения концентрации ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в растворе. Формирование кальций-фосфатного слоя на поверхности подложек происходит согласно механизму, предложенному в [6].

Биосовместимость и противовоспалительную активность ГА и композитов ПЛ-ГА изучали на клеточно-опосредованный иммунный ответ индивидуальных доноров *in vitro*, используя CD14^+ моноциты человека.

Для исследования воспалительной реакции на материал композитов *in vitro* CD14^+ моноциты крови человека выделяли из лейкоцитарной пленки [2] и культивировали на поверхности образцов в бессывороточной среде в течение 6 дней. На 6-ые сутки культивирования отбирали пробы и измеряли концентрации $\text{TNF-}\alpha$, CCL18 по методике иммуноферментного анализа. Результаты ИФА представлены на рис. 1.

Результаты ИФА показали, что незначительное выделение цитокинов провоспалительного типа ($\text{TNF}\alpha$) (Рис. 3) наблюдается в контрольном образце (без материала), а также в присутствии ГА, ПЛ и композита ПЛ-ГА. Количество цитокинов, выделившееся макрофагами в присутствии ГА и композита ПЛ-ГА, не превышает концентрации $\text{TNF}\alpha$ в контрольном образце, т.е. эти материалы не вызывают отрицательного клеточного ответа. Концентрация провоспалительных цитокинов в присутствии ПЛ выше, чем в контрольном образце, но не превышает нормы (более 40 пг/мл). Выделению противовоспалительных цитокинов (CCL18) способствует ПЛ на 6-ой день культивирования, что может свидетельствовать о проявлении потенциальных противовоспалительных свойств полимерного материала.

Таким образом, получены биосовместимые композиты на основе полилактида и гидроксиапатита путем смешения раствора полимера с последующим диспергированием ультразвуком. Проведена оценка биологической активности гидроксиапатита, полилактида и композита ПЛ-ГА в модельном SBF-растворе при 37°C в течение 28 суток. На поверхности композита в SBF растворе происходит рост нового кальций-фосфатного слоя, что подтверждают данные СЭМ. Подложка из чистого ПЛ не способствует росту кальций-фосфатного слоя. Композит ПЛ-ГА в сравнении с чистыми материалами ПЛ, ГА исследовали на клеточно-опосредованный иммунный ответ индивидуальных доноров *in vitro*, используя CD14^+ моноциты человека. Установлено, что чистый полилактид способствует выделению как про-, так и противовоспалительных цитокинов макрофагов. Гидроксиапатит является инертным материалом, не вызывающим выделения цитокинов. Композит ПЛ-ГА стимулирует выделение только противовоспалительного цитокина, что говорит о потенциальном наличии противовоспалительных свойств у композитов.

Предлагаемый проект является актуальным как с медицинской, так и социальной точек зрения. Результаты проведенных исследований позволяют разработать новые научные и технологические подходы к созданию новых композиционных биоматериалов на основе полимеров на основе полилактида, полигликолида, сополимеров лактида и гликолида, которые

положительно скажутся на развитии травматологической отрасли отечественной медицины.

Исследования проведены при поддержке Лаборатории каталитических исследований ТГУ, Лаборатории трансляционной клеточной и молекулярной биомедицины. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта Российского фонда фундаментальных исследований РФФИ # 15-08-05496_а.

Список литературы:

1. Goswami J. Processing and characterization of poly(lactic acid) based bioactive composites for biomedical scaffold application // J. eXPRESS Polymer Letters. – 2013. – V.7. – №. 7. – P. 767–777.
2. Kzhyshkowska J. Stabilin-1 localizes to endosomes and the trans-Golgi network in human macrophages and interacts with GGA adaptors // J. of Leukocyte Biology. – 2004. – V. 76. – P. 1151–1161.
3. Рассказова Л.А. СВЧ-синтез гидроксиапатита и физико-химическое исследование его свойств // Журнал прикладной химии. – 2013. – Т.86. – №5. – С. 744–748.
4. Поздняков М.А. Синтез и идентификация лактида и гликолида // Материалы X международной конференции студентов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук». – Томск. 23–26 апреля, 2013. – С. 421–423.
5. Kokubo T. Bioactive glass ceramics: properties and applications // Biomaterials. – 1991. – № 12. – P. 155–163.
6. Tanahashi M. Surface functional groups dependence on apatite formation on self-assembled monolayers in a simulated body fluid / M. Tanahashi, T. Matsuda // J Biomed Mater Res. – 1997. – № 34. – P. 305–315.

ДОКЛАДЧИК:

Шляхтин Дмитрий Евгеньевич
(Shlyakhtin Dmitry)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка энергосберегающей и малогабаритной установки для очистки судовых балластных вод в соответствии с международной конвенцией.

Development of energy-saving and compact installation for the cleaning of ships ' ballast water in accordance with the international Convention

ОРГАНИЗАЦИЯ:

«Волжский государственный университет водного транспорта»
(Volga state university of water transport)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Шляхтин Дмитрий Евгеньевич
(Shlyakhtin Dmitry)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Одной из экологических проблем в нашей современности является перенос чужеродных видов живых организмов в другие части света вместе с балластными водами судов. При попадании в новую среду обитания живые микроорганизмы быстро размножаются, нанося опустошительный урон экосистемам, местным экономикам и здоровью людей. В связи с этой проблемой Международная морская организация (ИМО) приняла Конвенцию о контроле судовых балластных вод, осадков и операций с ними, в соответствии с которой в ближайшее время поэтапно будут внедряться требования по обеззараживанию балластной воды.

Annotation

One of the environmental problems in our time is the transfer of alien species in other parts of the world together with the ballast water of ships. When released into a new environment living microorganisms multiply rapidly, causing devastating damage to ecosystems, local economies and human health. In connection with this problem, the international Maritime organization (IMO) adopted the Convention on the control of ships ' ballast water, sediment and transactions, according to which in the near future will be gradually introduced requirements for disinfection of ballast water.

Ключевые слова: энергосберегающая и малогабаритная установка; очистка судовых балластных вод; международная конвенция; экология.

Keywords: energy saving and compact installation; cleaning of ships ' ballast water; international Convention; ecology.

Анализ существующей ситуации: большинство судов мирового флота не имеет установок очистки балластных вод, поэтому в борьбу за рынок этих установок включились Германия, США, Япония, Китай, Великобритания, Россия и т.д. Предложенные устройства содержат 19 методов очистки балластных вод (одобренные ИМО), которые имеют общие для всех недостатки в виде высоких массогабаритных показателей

и энергопотребления, сложны, требуют сменных фильтров и химических реагентов, отсутствует контроль на стадиях обработки.

Новизна решения: в составе установки очистки балластных вод впервые предлагается совмещенные в один корпус, два функциональных элемента очистки воды: эжектор и кавитатор нового типа. Это позволит уменьшить энергопотребление и габариты.

Оценка рынка.

- Потенциальные потребители
- судоходные и судостроительные компании;
- судоремонтные предприятия;
- предприятия, изготавливающие и поставляющие судовое и экологическое оборудование;
- речные и морские порты.

Существуют запросы на поставку данного оборудования на нефтеналивные суда от российской компании «Волга - Флот - Танкер», и от международной компании «Совкомфлот», которая готова оснастить подобным видом оборудования 149 действующих судов и 50 строящихся, в том числе на международных верфях.

По данным Минтранса РФ 2011 года - потребность в оснащении подобного типа устройствами для российских судов – 4500 установок.

Мировой рынок таких установок компания Intesco Research Group в 2014 году – оценивает в 50 млрд. рублей, в 2015 - 70 млрд.рублей.

Технико-экономическое обоснование проекта.

Для изготовителей устройств очистки балластных вод

широкий рынок реализации установки;

низкая стоимость изготовления;

отсутствие прямых конкурентов на российском рынке.

Для потребителей устройств очистки балластных вод

отказ от услуг портов по приемке балластных вод;

низкая стоимость системы по сравнению с аналогами;

высокая эффективность устройства, малое энергопотребление и массогабаритность.

План реализации проекта

1. Изготовление опытного образца устройства, содержащего акустический кавитатор.
2. Проведение испытаний двух опытных образцов при различных параметрах и режимах работы очистных устройств.
3. Осуществление лабораторных исследований качества очистки балластных вод от патогенных микроорганизмов сертифицированной лабораторией.
4. Разработка и установка опытного образца установки на действующее судно.
5. Исследование особенностей работы установки на действующем судне.

Назначение научно-технического продукта (изделия и т.п.): создание конкурентоспособной импортозамещающей очистки судовых балластных вод имеющих пониженную стоимость и затраты при её эксплуатации.

Новизной проекта является оптимизация рабочих характеристик по энергопотреблению и массогабаритным показателям, которые позволяют создать универсальную установку для строящихся и модернизирующихся существующих судов.

На данный момент российские суда не обладают либо малоэффективно используют установки, обеспечивающие очистку балластных вод, поэтому при заходе в акватории, судовладельцы вынуждены прибегать к услугам портов, где принимают балластную воду, что является высокзатратным процессом. У существующих систем для очистки балластных вод высокое энергопотребление и крупногабаритность.

ДОКЛАДЧИК:

Щулькин А. В.
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Роль белка-транспортера гликопротеина-Р в рациональной фармакотерапии

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ГБОУ ВПО РязГМУ
Минздрава России

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Щулькин А. В.

ТЕЗИСЫ:

Гликопротеин-Р (Рgp) – АТФ-зависимый мембранный белок-транспортер, обеспечивающий транспорт липофильных эндогенных и экзогенных веществ из клетки. Рgp локализуется в эпителии кишечника, клетках печени, почек и эндотелии гистогематических барьеров, поэтому считают, что он играет ключевую роль в процессах всасывания, распределения и выведения лекарственных веществ, являющихся его субстратами, то есть в фармакокинетике лекарственных препаратов.

Многие лекарственные препараты могут влиять (повышать или понижать) на функциональную активность Рgp, что может изменять фармакокинетику веществ-субстратов данного белка-транспортера и приводить к развитию нежелательных лекарственных реакций.

В ходе наших научных исследований мы разработали способ оценки влияния лекарственных препаратов на активность Рgp на уровне целостного организма, а также способ оценки принадлежности лекарственных препаратов к субстратам данного белка-транспортера. С помощью данных методов, мы установили, что оригинальный отечественный лекарственный препарат мексидол не является субстратом Рgp, но в тоже время, способен ингибировать активность белка-транспортера.

Кроме того, объектом наших научных исследований является функциональная активность и экспрессия Рgp при различных патологических состояниях: нарушении мозгового кровообращения, гипотиреозе, гипертиреозе, сахарном диабете. Полученные данные позволят оптимизировать фармакотерапию данных патологий с использованием веществ-субстратов Рgp.



**НАУКИ О ЗЕМЛЕ И РАЦИОНАЛЬНОЕ
ПРИРОДО-ПОЛЬЗОВАНИЕ**

ДОКЛАДЧИК:

Брюханов Илья Дмитриевич
(Bryukhanov Iliia Dmitrievich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный
исследовательский Томский
государственный университет,
радиофизический факультет,
кафедра оптико-электронных
систем и дистанционного
зондирования
(National Research Tomsk State
University, Faculty of Radiophysics,
Department of Optoelectronic
Systems and Remote Sensing)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Брюханов Илья Дмитриевич
(Bryukhanov Iliia Dmitrievich)

Волков Сергей Николаевич
(Volkov Sergey Nikolaevich)

Коношонкин Александр
Владимирович
(Konoshonkin Alexander
Vladimirovich)

Насонов Сергей Владимирович
(Nasonov Sergey Vladimirovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Оценка параметров микроструктуры перистых облаков аномальным обратным рассеянием по данным лазерного поляризационного зондирования

Estimation of the parameters of cirrus with anomalous backscattering from the data of laser polarization sensing

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Описано получение оптических характеристик облаков. Обсуждена обработка данных экспериментов по поляризационному лазерному зондированию атмосферы. Описано приведение экспериментальных и теоретических параметров перистых облаков к общему базису.

Annotation

Methodology for determination of the optical characteristics of clouds is described. Problems of processing data obtained in atmosphere polarization laser sensing experiments are discussed. Reduction of the parameters of high-level clouds obtained experimentally and theoretically to the common basis is described.

Ключевые слова: перистые облака; матрица обратного рассеяния; лазерное поляризационное зондирование.

Keywords: cirrus; phase matrix; polarization laser sensing.

Современные достижения в области науки и техники открывают исследователям всё более широкие возможности для решения всё большего круга задач. Тем не менее, большое количество проблем остаются без решений. Так, существующие модели микроструктуры атмосферы Земли не учитывают ряд процессов и явлений, протекающих в ней. Среди таких факторов следует отметить пространственную ориентацию несферических ледяных кристаллов в облаках верхнего яруса (ОВЯ). Отсутствие её учёта в математических моделях атмосферы приводит к неточностям при расчёте радиационного баланса Земли, а они, в свою очередь, влекут за собой ошибки прогнозов погоды и климата. Среди таких облаков наиболее часто наблюдаются перистые облака. Они оказывают существенное влияние на радиационный баланс земной атмосферы, поскольку имеют большую горизонтальную протяжённость. Она может принимать значения от сотен до тысячи километров, вследствие чего такие облака постоянно покрывают до 30% земной поверхности.

Важная роль перистых облаков в системе климата Земли обусловлена способностью задерживать уходящее в космос длинноволновое излучение и отражать солнечное. Радиационное воздействие этих облаков связано с совместным влиянием этих эффектов и определяется свойствами облачных слоёв, такими как толщина, высота и температура [1]. При некоторых метеоусловиях несферические кристаллы льда в облаках принимают строго горизонтальную пространственную ориентацию. Это приводит к аномально высоким значениям коэффициента обратного рассеяния таких облаков при малых значениях их оптической толщ. Такие облака получили название «зеркальных». Анизотропия рассеяния света преимущественно рассеянными кристаллами льда в облаках ярко иллюстрируется известными оптическими явлениями, такими, как световые столбы и другие виды гало. Пропускание солнечной радиации перистыми облаками существенным образом зависит от ориентации кристаллов льда в них. Таким образом, важно знать, когда, при каких условиях и как ориентированы в пространстве кристаллические частицы в таких облаках.

Научно-исследовательская работа И.Д. Брюханова посвящена определению параметров микроструктуры перистых облаков с анизотропным обратным рассеянием. Целью работы является экспериментальное исследование оптических характеристик ОВЯ и выявление связей между оптическими характеристиками перистых облаков с аномальным обратным рассеянием и параметрами функций распределения кристаллических частиц в таких облаках. Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

проведение экспериментов по поляризационному лазерному зондированию перистых облаков и обработка их результатов;

адаптация программного обеспечения для приведения МОПС ОВЯ к собственному базису к методике работы высотного поляризационного лидара Национального исследовательского Томского государственного университета (НИ ТГУ);

разработка программного обеспечения для расчёта МОРС полидисперсных облаков с заданными параметрами функций распределения частиц по размерам и углу ориентации.

Для решения поставленных задач использовались высотный поляризационный лидар НИ ТГУ, база экспериментальных данных по поляризационному лазерному зондированию атмосферы кафедры оптико-электронных систем и дистанционного зондирования (ОЭС и ДЗ) радиофизического факультета (РФФ) НИ ТГУ и база данных по МОРС ориентированных ледяных пластинок Института оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН (ИОА СО РАН), г. Томск. В качестве метода исследования был выбран натурный эксперимент.

Выгодным отличием используемого лидара является возможность экспериментального получения с его помощью полных МОРС облаков, в отличие от альтернативных, в том числе, и зарубежных, установок. Известные аналоги, которые позволяют получить полные МОРС, в действительности обеспечивают измерения лишь части из элементов матриц. Остальные элементы находятся с учётом свойств симметрии МОРС. Однако, этими свойствами можно пользоваться только в случае полной уверенности в точности юстировки оптических элементов лидара, зондирования атмосферы строго в зенит и пренебрежимо малого влияния многократного рассеяния на мощность обратно рассеянного излучения. Поскольку соблюсти перечисленные тонкости в реальном эксперименте весьма сложно, преимущество непосредственного определения лидаром НИ ТГУ всех 16 элементов полной МОРС весомо.

Информация о микроструктуре исследуемого облака содержится в его МОРС [2], однако необходим инструментарий для её достоверного и надёжного извлечения. Способ её получения связан с совместным анализом экспериментально и теоретически полученных МОРС облаков. В качестве таких расчётных параметров в работе использована база данных [3] ИОА СО РАН по МОРС ориентированных ледяных пластинок. Матрицы в ней рассчитаны для гексагональных ледяных пластинок в зависимости от их размеров и пространственной ориентации. При её составлении численно решалась задача рассеяния света ориентированными кристаллами льда в приближении физической оптики [4]. Каждая матрица в базе рассчитана для фиксированной комбинации значений размеров и угла ориентации пластинки, что позволяет говорить о матрицах монодисперсных облаков. Был проанализирован ряд экспериментальных работ [4–9], на основании которых выбраны функции распределения гексагональных пластинок в перистых облаках по размерам и ориентации, а также значения параметров этих функций. Был разработан и программно реализован алгоритм аппроксимации МОРС из указанной базы данных с использованием описанных законов распределений и их параметров [10]. Таким образом, были получены МОРС полидисперсных облаков для различных углов преимущественной ориентации пластинок. При этом принимался во внимание факт, что чем пластинка больше, тем меньше изменяется её пространственная ориентация.

Задача сопоставления результатов экспериментов по поляризационному лазерному зондированию атмосферы с результатами численного моделирования связана с рядом трудностей. Особое место среди них занимает необходимость приведения тех и других МОРС облаков к единому базису. Она вызвана тем, что теоретические матрицы рассчитаны базисе, связанном с зенитным направлением и плоскостью падения зондирующего излучения на ледяной кристалл. В то же время, элементы экспериментальных МОРС зависят от азимутальной ориентации приёмного базиса лидара. Разрешение этой трудности состоит в преобразовании экспериментально полученных матриц в блочно-диагональный вид, в котором их элементы лишены азимутальной зависимости. Выполнить такое преобразование позволяет выполнение операции приведения МОРС к плоскости вертикальной симметрии [11]:

$$\mathbf{M}'(h) = \mathbf{R}(\varphi) \mathbf{M}(h) \mathbf{R}(\varphi), \quad (1)$$

где $\mathbf{M}'(h)$ – преобразованная МОРС облака, расположенного на высоте h , $\mathbf{R}(\varphi)$ – матрица поворота на азимутальный угол φ плоскости зеркальной симметрии ансамбля частиц с плоскостью референции, $\mathbf{M}(h)$ – МОРС облака, определённая экспериментальным путём и нормированная на элемент M_{11} . Матрица поворота имеет вид:

$$\mathbf{R}(\varphi) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 2\varphi & \sin 2\varphi & 0 \\ 0 & -\sin 2\varphi & \cos 2\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Такое приведение представляет собой нетривиальную задачу, поскольку сводится к поиску угла, на который нужно повернуть лидарный базис, при котором она принимает блочно-диагональный вид. Сложность состоит в том, что этот угол определяется элементами МОРС следующим образом:

$$\varphi = \arctg \left(-\frac{M_{21}}{M_{31}} \pm \sqrt{\left(\frac{M_{21}}{M_{31}} \right)^2 + 1} \right).$$

Для выполнения операции приведения при обработке экспериментальных данных существует программное обеспечение, разработанное для лидара Ханбатского национального университета (Тэджон, Респ. Корея) [12]. Однако, его использование для обработки данных, поставляемых лидаром НИ ТГУ невозможно. Это связано с различиями методик работы обоих лидаров. Так, лидар НИ ТГУ выполняет все 16 измерений, необходимые для получения полной МОРС облака, а корейский лидар обеспечивает только 9. Следует отметить, что он разработан совместно сотрудниками НИ ТГУ и ИОА СО РАН, а затем аппаратно реализован при участии корейских коллег. Для применения описанного программного продукта для обработки данных лидара НИ ТГУ была выполнена его адаптация, благодаря чему стало возможным сопоставление между собой результатов различных экспериментов, а также и с результатами теоретических расчётов [13].

Для сопоставления с теоретическими данными МОРС ОВЯ из базы данных кафедры ОЭС и ДЗ РФФ НИ ТГУ были разделены на три группы: матрицы облаков с малыми значениями оптической толщи и большими значениями коэффициента обратного рассеяния (такие облака классифицировались как «зеркальные»), матрицы облаков с промежуточными значениями параметров и матрицы оптически плотных облаков с малыми значениями указанного коэффициента. Были установлены зависимости изменений диагональных элементов МОРС от указанных параметров. Выявлено, что к блочно-диагональному виду наиболее близки матрицы «зеркальных» облаков.

В ходе работы пополнена база данных лазерного поляризационного зондирования ОВЯ кафедры ОЭС и ДЗ НИ ТГУ в течение 2011–2014 гг. Разработанное программное обеспечение для приведения экспериментально получаемых МОРС ОВЯ к блочно-диагональному виду адаптировано к методике проведения экспериментов с помощью лидара НИ ТГУ, что сделало возможным сопоставление между собой матриц, получаемых в ходе различных экспериментов, а также с рассчитанными теоретически. Разработан и программно реализован алгоритм расчёта МОРС полидисперсных облаков с заданными значениями параметров функций распределения кристаллов льда в них по размерам и углам ориентации на основе базы данных ИОА СО РАН по МОРС ориентированных ледяных гексагональных пластинок.

Накопленный массив экспериментальных данных и разработанное программное обеспечение могут быть использованы для создания микрофизической модели перистых облаков с учётом пространственной ориентации несферических ледяных частиц в них. Это позволит улучшить точность прогнозов погоды и климата. Кроме того, программное обеспечение для обработки экспериментальных данных может быть использовано непосредственно в ходе выполнения экспериментов для оперативного контроля настроек аппаратуры лидара.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках «Программы повышения конкурентоспособности ТГУ», Фонда Д. Зимина «Династия», Благотворительного фонда В. Потанина и Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

Список использованных источников

1. Seifert P., Ansmann A., Müller D., et al. // J. Geophys. – 2007 – Vol. 112. DOI: 10.1029/2006JD008352.
2. Розенберг Г.В. Сумерки – М.: Физматгиз, 1963 – 380 с.
3. ftp.iao.ru/pub/GWDT/Physical_optics/Backscattering/Quasi-horisontally_oriented_plate/partially_averaged/M_0.532_0.dat.
4. Borovoi A., Konoshonkin A., Kustova N., et. al. // Opt. Exp. – 2012 – Vol. 20, No. 27 – P.28222–28233.
5. Auer A., Veal D. // J. Atm. Sci. – 1970 – Vol. 27, No. 6 – P.919–926.
6. Волковицкий О.А., Павлова Л.Н., Петрушин А.Г. Оптические свойства кристаллических облаков – Л.: Гидрометеиздат, 1984 – 198 с.
7. Зуев В.Е. Распространение лазерного излучения в атмосфере – М.: Радио и связь, 1981 – 288 с.
8. Sato K., Okamoto H. // J. Geophys. Res. – 2006 – Vol. 111.

9. Alkezweeny A. // J. Rech. Atm. – 1970 – Vol. 4, No. 4 – P.173–179.
10. Самохвалов И.В., Насонов С.В., Брюханов И.Д., Боровой А.Г., Кауль Б.В., Кустова Н.В., Коношонкин А.В. // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 8/3. – С. 281–283.
11. Кауль Б.В. Оптико-локационный метод поляризационных исследований анизотропных аэрозольных сред : дис. докт. физ.-мат. наук. Томск, 2004. – 219 с.
12. Volkov S.N., Samokvalov I.V., Cheong H.D., et al. // Appl. Opt. – 2015 – Vol. 54, No. 11 – P. 3095–3105.
13. Самохвалов И.В., Волков С.Н., Брюханов И.Д. и др. // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: Материалы XXI Международного симпозиума [Электронный ресурс]. – Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2015. – 1 CD-ROM. – С. С-44–С-47.

ДОКЛАДЧИК:

Гальфингер Ольга
Александровна
(Galfinger Olga)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка атласной информационной системы «туристическое ставрополье»
Development atlas information system "travel stavropol region"

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Северо-Кавказский федеральный
университет
(North-Caucasus federal university)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Гальфингер Ольга Александровна
(Galfinger Olga)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Разработка типовой атласной системы региона «Туристическое Ставрополье», включающей в себя интерактивную туристскую карту региона, модули «Туристские объекты», «Туристская инфраструктура». Реализация возможна в виде интернет-версии туристского геопортала.

Annotation

Development of the region's typical atlas information sistem "Travel Stavropol region" including interactive tourist map of the region. moduls "Tourist facilities", "Tourist infrastructure", Implementation is possible in the form of the Internet version of the tourist region geoportal.

Ключевые слова: Туристские объекты и маршруты; инвестиционная привлекательность территории; геоинформационные технологии; мониторинг; трехмерное моделирование; геоportal

Keywords: Sights and tourist destinations; the investment attractiveness of the territory; GIS technology; monitoring; three-dimensional modeling; geoportal

Современные российские города в целях устойчивого и сбалансированного развития все чаще пытаются сформировать новые экономические направления. Чаще всего одним из них является сфера туризма и гостеприимства. Особенно актуален этот вопрос и для городов Ставропольского края, с одним из крупнейших в стране туристско-рекреационным комплексом КМВ и туристским потоком в 1,2 млн. чел.

Однако развитие данного направления требует особого подхода, ориентированного на умение преподнести территорию, подчеркнув ее уникальность и самобытность. Решение этих задач лежит в плоскости географические информационные системы (ГИС). Объединяя геоинформационные и атласные информационные системы (АИС), появляется возможность эффективно собирать, хранить, обрабатывать и распространять информацию.

В настоящее время ведется работа по созданию атласной информационной системы «Туристическое Ставрополье». Эта работа направлена на решение сложных технологических задач, связанных с получением, обработкой и предоставлением специализированной информации, разработкой программных модулей, обеспечивающих моделирование туристско-рекреационного пространства края.

Использование ГИС как полноценного инструмент анализа территории позволяет снизить временные и финансовые издержки по доступу к комплексной информации по территориальному (в первую очередь инвестиционно-туристскому) развитию городского пространства. Наличие исчерпывающей информации о территориях и инфраструктуре позволяет значительно ускорить процесс получения нужных данных и сводит к минимуму количество дополнительных запросов для принятия решения.

Основными преимуществами использования ГИС-технологий в развитии туристского пространства города являются:

- комплексная и систематизированная информация (в том числе географические данные) консолидирована в единой системе и постоянно доступна для использования;
- картографические сервисы максимально точно и актуально описывают городское пространство, во всем его многообразии;
- сокращение времени по поиску и получению информации о туристских возможностях городской территории и инфраструктуре;
- снижение количество дополнительных запросов в органы власти и профильные организации по всем вопросам, связанным с инвестиционно-туристским развитием города.

В структурном отношении разрабатываемая АИС состоит из тематических блоков, характеризующих тот или иной тип потенциала развития, информационно-статистической базы, базовой технологической основы, вспомогательного программного обеспечения, а также информационных аналитических продуктов [1].

Тематические блоки АИС реализуются по крупным направлениям:

Интерактивная туристская карта региона.

Модуль «Туристские объекты». Содержит текстовую, графическую и картографическую информацию о природных и историко-культурных достопримечательностях городских территорий.

Модуль «Туристская инфраструктура». Содержит текстовую, графическую и картографическую информацию о гостиницах, предприятия общественного питания, сувенирные магазины и т.д.

Модуль «Туристские маршруты города». Реестр туристских маршрутов по городской территории и их интерактивная визуализация посредством трехмерного моделирования.

Краудсорсинговый сервис «Сообщество путешественников» (мнения, советы, отзывы, фото и видео о путешествиях по территории региона)

Модуль «Велогород». Содержит информацию о городских веломаршрутах, велоинфраструктуре, велотреки с профилями высот.

На данный момент создана картографическая основа Ставропольского края, разработана структура базы геоданных, содержащая сведения о туристических объектах, производится ее наполнение. Разработана технология создания туристской карты Ставропольского края, картографирования туристских маршрутов по территории районов (рис. 1).

Сочетание историко-культурного наследия и природного ландшафта, бальнеологических ресурсов в Ставропольском крае позволяет в перспективе развивать практически все виды туризма, в том числе рекреационный, культурно-познавательный, оздоровительный и экологический туризм, а также сельский туризм и др. Использование геоинформационных систем, разработка атласной информационной системы позволит быстро и оптимально решать проблемы, связанные с организацией, развитием, функционированием и мониторингом туристской отрасли на основе реальной ситуации и ее прогноза. Это повысит эффективность в области выработки государственной политики в сфере туризм и будет способствовать привлечению инвестиций в туристско-рекреационный комплекс.

Список литературы

1. А.Н. Панин, Р.К. Махмудов, Р.А. Приходько, А.А. Умеренко Геоинформационное и картографическое обеспечение развития туризма в регионах России//Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение: материалы международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС – 20»; под ред. В.С. Тикунова. – Белгород, 2014, – с. 297 – 302.

Рис. 1 - Макет туристской карты Ставропольского края



ДОКЛАДЧИК:

Глухов Михаил Сергеевич
(Glukhov Michael Sergeevich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Казанский (Приволжский)
федеральный университет, (КФУ)
(Kazan (Volga) Federal
University (KFU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Глухов Михаил Сергеевич
(Glukhov Michael Sergeevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Магнетитовые микрочастицы в осадочных породах предуральского прогиба (на примере разреза Усолка)

Magnetite microparticles from sedimentary rocks of the pre-uralian foredeep (for example usolka section)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Впервые приведены морфологическое описание и анализ химического состава магнетитовых микросфер из осадочных пород разреза Усолка. Главные элементы микросфер это Fe и O. В микросферах равномерно распределен Mn (до 0.68%); в некоторых образцах содержатся Cr и Ni, в малом количестве содержатся Si, Al, Ca, K, отсутствует Ti. Сопоставление палеозойских магнетитовых микросфер Предуральского прогиба и Прикаспийской впадины подтвердило их единый генезис как космических образований. Находки микросфер можно использовать для расчленения и корреляции полифациальных толщ.

Annotation

The first time the morphological description and analysis of the chemical composition of magnetite microspheres of sedimentary rocks Usolka section. The main elements of the microspheres are iron and oxygen. In microspheres uniformly distributed Mn (to 0.68%); in some samples contain Cr and Ni, in small quantities of Si, Al, Ca, K, no Ti. Comparison of Paleozoic magnetite microspheres Pre-Uralian foredeep and the Caspian Depression confirmed their genesis as a single space education. Findings of the microspheres can be used for subdivision and correlation polyfacies deposits.

Ключевые слова: космическая пыль; микросфера; магнетит; стратиграфия; корреляция; нефтегазоносные отложения

Keywords: cosmic dust; microsphere; magnetite; stratigraphy; correlation; petroleum deposits

В последнее время, благодаря использованию микрозондового анализа, у отечественных исследователей резко возрос интерес к редким для осадочных пород металлическим микрочастицам размером до 1 мм.

Генезис исследуемых объектов вызывает споры в научном сообществе. Среди основных гипотез их происхождения рассматривают природные земные (эндогенная активность [Астахова и др., 2014; Голева и др., 2014; Карпов, Мохов, 2010], гидротермальные и флюидные эманации в осадочных толщах [Енгальцев, 2013]), космические (метеоритная бомбардировка [Грачев, 2010; Корчагин, 2010]) и искусственные (техногенные [Осовецкий, Меньшикова, 2006]).

Настоящее сообщение посвящено исследованию металлических микросфер и капель из каменноугольных пород разреза Усолка, который расположен в осевой части Бельской впадины Предуральского прогиба и характеризуется непрерывностью седиментации, хорошей обнаженностью, обилием конодонтовой фауны. Разрез детально изучен в биостратиграфическом и литологическом аспектах [Мизенс, 1997, Чувазов и др., 1990, и др.] и предлагается в качестве эталонного стратиграфического объекта для верхнекаменноугольных отложений. В разрезе Усолка проведено абсолютное датирование по циркону [Schmitz and Davydov, 2011]. В последнее время здесь изучен изотопный состав углерода [Сунгатуллина и др., 2014].

Обнаруженные нами микрочастицы имеют диаметр, при среднем значении, 135 мкм, что значительно (в 3-6 раз) превосходит аналогичные объекты из других регионов [Грачев и др., 2008, Корчагин и др., 2007, Корчагин и др., 2010 и др.]. Однако микросферы разреза Усолка вдвое меньше микросфер из палеозойских пород Прикаспийской впадины [Сунгатуллин и др., 2015]. Изученные микрообъекты обладают разнообразной рельефной поверхностью (такыры, таблички, выступы и др.), что, наряду с почти идеальной сферичностью, считается одним из определяющих критериев их космогенности [Грачев, 2010, Корчагин, 2010, Цельмович и др., 2013].

Анализ химического состава микрочастиц показал, что главными элементами являются железо и кислород, на долю которых приходится 98,5-99,5% от веса всех элементов. Отсюда, минеральный состав микрочастиц представляет собой агрегат магнетита (преобладает) и вюститита; возможно, присутствует небольшая доля самородного железа. Подобный примитивный химический и минеральный состав характерен для каменных метеоритов [Адушкин, Попель, 2012, Грачев, 2010], что отличает их

от более сложных земных минералов.

В микрочастицах равномерно распределено незначительное (максимально до 0,68%) количество марганца; в единичных образцах содержания хрома и никеля достигают, соответственно, 0,14 и 0,13%. В микрочастицах отсутствует титан, что подтверждает их внеземную природу [Корчагин, 2010], в незначительном количестве присутствуют Si, Al, Ca, K, указывающее на их формирование в результате абляции каменных метеоритов [Finkelman, 1970]. Сопоставление содержаний кислорода и железа в магнетитовых микросферах разреза Усолка и Прикаспийской впадины [Сунгатуллин и др., 2015] выявило общие направления их трендов, что свидетельствует о едином генезисе данных образований. Таким образом, по вышеуказанным химическим и минералогическим параметрам микросферы разреза Усолка, с большой вероятностью, можно отнести к объектам космического происхождения.

Интересно внутреннее строение магнетитовых микрочастиц. Наряду с цельными магнетитовыми шариками с доменной структурой, встречаются полые микросферы с магнетитовой коркой толщиной до $\frac{1}{2}$ радиуса. На поверхности микросфер встречены выделения барита, возле которых на расплавленном участке четко проявлена сложная структура магнетитовой корки.

Данные по изотопному составу углерода в разрезе Усолка [Сунгатуллина и др., 2014] вполне согласуются с результатами предшественников [Nelson, Ritter, 1999, Zeng et al., 2012]. Сравнение изотопных данных в касимовских и гжельских карбонатах разреза Усолка с глобальной углеродной шкалой [Saltzman, Thomas, 2012], изотопными данными по нижнему и среднему карбону Уральского региона и Подмосковья [Bruckschen et al., 1999, Buggisch et al., 2011, Grossman et al., 2008, Mii et al., 2001], позволяет отметить аномально низкие значения $\delta^{13}\text{CPDB}$ (до -13 ‰) в Предуралье [Nelson, Ritter, 1999, Zeng et al., 2012], которые не связаны с диагенетическими изменениями [Чувазов и др., 1990, Nelson, Ritter, 1999].

Ранее возможными причинами подобной аномалии $\delta^{13}\text{C}$ рассматривались глубоководные условия осадконакопления, местные климатические и тектонические особенности [Nelson, Ritter, 1999]. Аномалии стабильных изотопов углерода в морских карбонатных породах обычно интерпретируются как изменения глобального баланса между массой органического и неорганического углерода. С. Т. Нельсоном и С. М. Риттером [Nelson, Ritter, 1999] для аномалии углерода в разрезе Усолка была предложена гипотеза о внедрении большого объема окисленных органических веществ в растворенный неорганический углерод Уральского палеобассейна в условиях ограниченного сообщения с открытым океаном. Совместный анализ результатов изотопных исследований каменноугольных пород в разрезе Усолка и распределения микросфер указывает на то, что наличие в данном районе локальной космической бомбардировки метеоритами на границе московского и касимовского веков с последующей «импактной зимой» в позднекаменноугольную эпоху. Подобные явления известны в геологической истории и, наряду с земными процессами, отражаются на изотопном составе углерода [Бараш, 2012]. С учетом последней версии Международной хроностратиграфической шкалы [International Chronostratigraphic Chart 2014/10] и данных абсолютного датирования цирконов из разреза Усолка [Schmitz, Davydov, 2011], временная разница между космическим событием и климатическим откликом в изученном регионе могла составлять от первых сотен тысяч лет до 1-2 миллионов лет. Данное событие приходится на интервал 306-308 млн. лет назад и относится к середине самого экстремально холодного времени в фанерозойской летописи – 290-330 млн. лет назад [Герман, 2009, Frakes, Sankaran, 2008]. В свою очередь, климатические изменения в позднекаменноугольную эпоху могли привести к «стефанскому вымиранию» фауны.

Отметим, 312 млн. лет назад начался палеомагнитный суперхрон обратной полярности Киама, который отвечает стабилизации внутренних земных процессов на протяжении последующих 50 млн. лет. Поэтому изотопные аномалии в Предуралье могут быть связаны с внешними космическими событиями [Gillman, Erenler, 2008] и импактными бомбардировками [Бараш, 2012], что находит подтверждение в повышенном содержании магнетитовых микрочастиц в осадочных породах разреза Усолка. Интервал между отрицательными аномалиями $\delta^{13}\text{C}$ на границе карбона и перми составляет около 18 млн. лет, что, возможно, отражает влияние на изотопную систему пород периодических космических событий, например, строгую повторяемость движения Солнечной системы в Галактике [Гончаров, Орлов, 2003].

На основе совпадения максимальной концентрации микрочастиц с возникновением отрицательной аномалии углерода в разрезе Усолка, нами выдвинуто предположение, что выпадения космической пыли за счет метеоритных бомбардировок (и/или импактных событий) могли произойти в середине серпуховского яруса и на границе сакмарского-артинского ярусов.

Таким образом, нахождение микрочастиц в осадочных толщах, независимо от их генезиса, может выступить новым инструментом для региональной корреляции, привести к пересмотру моделей биотических кризисов. Необходимо продолжить специальные литолого-геохимические, минералогические, палеонтологические, палеомагнитные и космологические исследования по поиску импактных структур в верхнепалеозойских отложениях и специфических минералов-спутников, способных помочь расшифровке генезиса микросфер.

Список литературы

1. Адушкин В.В., Попель С.И. Мелкодисперсные частицы в природных и техногенных геосистемах // Физика Земли. 2012. № 3. С. 81-92.
2. Астахова Н.В., Колесник О.Н., Съедин В.Т. Рудная минерализация в вулканических породах подводных возвышенностей Японского моря // Геохимия. 2014. № 2. С. 158-177.
3. Бараш М.С. Причины и первопричины массовых вымираний биоты в фанерозое // Доклады Академии наук. 2012. Т. 445, № 4. С. 424-427.
4. Герман А.Б. Палеоботаника и климат Земли: взгляд в будущее из геологического прошлого // Вестник РАН. 2009. Т. 79, № 5. С. 387-393.
5. Голева Р.В., Луговская И.Г., Мельников М.Е. О генезисе «космических шариков» в железомарганцевых рудах Мирового океана // Отечественная геология. 2014. № 1. С. 55-61.
6. Гончаров Г.Н., Орлов В.В. Глобальные повторяющиеся события в истории Земли и движение Солнца в Галактике // Астрономический журнал. 2003. Т. 80, № 11. С. 1002-1012.
7. Грачев А.Ф. К вопросу о природе космической пыли в осадочных породах // Физика Земли. 2010. № 11. С. 3-13.
8. Грачев А.Ф., Корчагин О.А., Цельмович В.А., Коллманн Х.А. Космическая пыль и микрометеориты в переходном слое глин на границе мела и палеогена в разрезе Гамс (Восточные Альпы): морфология и состав // Физика Земли. 2008. № 7. С. 42-57.
9. Енгальчев С.Ю. Признаки проявления эндогенных процессов в верхнедевонских отложениях на северо-западе Московской синеклизы и их минерагеническое значение // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Геология. 2013. № 1. С. 75-88.
10. Карпов Г.А., Мохов А.В. Микрочастицы самородных металлов, сульфидов и оксидов в андезитовых пеплах Карымского вулкана // Вулканология и сейсмология. 2010. № 3. С. 19-35.
11. Корчагин О.А. Присутствие металлических микросфер и микрочастиц в раннем сеномане Крыма – «космическое пылевое событие» // Доклады Академии наук 2010. Т. 431, № 6. С. 783-787.
12. Корчагин О.А., Цельмович В.А., Дубинина С.В. Метеоритные микросферы и частицы из глубоководных известняков верхнего кембрия (Батырбай, Южный Казахстан) // Известия вузов. Геология и разведка. 2007. № 3. С. 17-22.
13. Корчагин О.А., Цельмович В.А., Поспелов И.И., Цяньтао Бянь Космические магнетитовые микросферы и металлические частицы вблизи границы пермь-триас в точке глобального стратотипа границы (слой 27, Мэйшань, Китай) // Доклады Академии наук. 2010. Т. 432, № 2. С. 232-238.
14. Мизенс Г.А. Верхнепалеозойский флиш Западного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 230 с.
15. Осовецкий Б.М., Меньшикова Е.А. Природно-техногенные осадки. Пермь: Пермский государственный университет, 2006. 209 с.
16. Сунгатуллин Р.Х., Сунгатуллина Г.М., Глухов М.С., Осин Ю.Н., Воробьев В.В. Возможности использования космических микросфер при корреляции нефтегазоносных отложений // Нефтяное хозяйство. 2015. № 2. С. 16-19.
17. Сунгатуллина Г.М., Сунгатуллин Р.Х., Закиров М.И., Гареев Б.И., Баталин Г.А. Изотопный состав углерода каменноугольных отложений разреза Усолка, Южный Урал // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2014. № 4. С. 13-16.
18. Цельмович В.А., Гиндилис Л.М., Шевелев Г.Н. Магнитные микрочастицы из пылевой компоненты Челябинского метеорита. Предварительные материалы // Материалы V Всероссийской молодежной конференции

- «Минералы: строение, свойства, методы исследования». Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН. 2013. С. 196-199.
19. Чувашов Б.И., Дюпина Г.В., Мизенс Г.А., Черных В.В. Опорные разрезы верхнего карбона и нижней перми западного склона Урала и Приуралья. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 402 с.
 20. Bruckschen P., Oesmann S., Veizer J. Isotope stratigraphy of the European Carboniferous. Proxy signals for ocean chemistry, climate, and tectonics // *Chemical Geology*. 1999. V. 161. P. 127–163.
 21. Buggisch W., Wang X., Alekseev A.S., Joachimski M.M. Carboniferous–Permian carbon isotope stratigraphy of successions from China (Yangtze platform), USA (Kansas) and Russia (Moscow Basin and Urals) // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2011. V. 301. P. 18–38.
 22. Finkelman R.B. Magnetic particles extracted from manganese nodules: suggested origin from stony and iron meteorites // *Science*. 1970. V. 167. P. 982–984.
 23. Frakes L.A. *Climates throughout Geologic Time*. Amsterdam, N.Y.: Elsevier Scientific, 1979. 322 p.
 24. Gillman M., Erenler H. The galactic cycle of extinction // *International Journal of Astrobiology*. 2008. V. 7, № 1. P. 17–26.
 25. Grossman E.L., Yancey T.E., Jones T.E., Bruckschen P., Chuvashov B., Mazullo S.J., Mii S.J. Glaciation, aridification, and carbon sequestration in the Permo-Carboniferous: The isotopic record from low latitudes // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2008. V. 268. P. 222–233.
 26. International Chronostratigraphic Chart 2014/10 / <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>
 27. Mii Horng-Sheng, Grossman E.L., Yancey T.E., Chuvashov B., Egorov A. Isotopic records of brachiopod shells from the Russian Platform - evidence for the onset of mid-Carboniferous glaciations // *Chemical Geology*. 2001. V. 175. P. 133–147.
 28. Nelson S.T., Ritter S.M. A large carbon isotope anomaly at the Carboniferous–Permian boundary: the Usolka River section of Russia // *Permophiles*. 1999. V. 33. P. 19–21.
 29. Saltzman M.R., Thomas E. Carbon Isotope Stratigraphy // *The Geologic Time Scale*. 2012. P. 207–232.
 30. Sankaran A.V. Galactic triggering of geologic events in earth,s history // *Current science*. 2008. V. 95, № 6. P. 714–716.
 31. Schmitz M.D., Davydov V.I. Quantitative radiometric and biostratigraphic calibration of the Pennsylvanian–Early Permian (Cisuralian) time scale and pan-Euramerican chronostratigraphic correlation // *Geological Society of America Bulletin*. 2012. V. 124, № 3-4. P. 549–577.
 32. Zeng Jun, Cao Chang-qun, Davydov V.I., Shen Shu-zhong Carbon isotope chemostratigraphy and implications of palaeoclimatic changes during the Cisuralian (Early Permian) in the southern Urals, Russia // *Gondwana Research*. 2012. V. 21. P. 601–610.

ДОКЛАДЧИК:

Павел Яковлевич Гройсман
Руководитель экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Международные исследования изменений окружающей среды в Северной Евразии на примере десяти лет работы Партнерской Инициативы в Области Наук о Земле в Северной Евразии

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Университетская Корпорация по Исследованиям Атмосферы при Национальном Центре Информации об Окружающей Среде, Эшвилл, Северная Каролина, США и Институт Океанологии Российской Академии Наук, Москва, Российская Федерация

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Павел Яковлевич Гройсман

ТЕЗИСЫ:

Функционирование глобальной системы Земли может быть представлено как взаимодействие трех основных типов процессов (циклов):

Биогеохимические Циклы, влияющие на состав атмосферы и океана, образование почв и эволюцию биомов;

Циклы Энергии и Воды, влияющие на перенос энергии, воды, аэрозолей и малых газовых примесей между атмосферой, земной поверхностью, гидросферой и криосферой;

Деятельность Человека, влияние которой на региональном уровне существенно проявляется в связи с процессами сельскохозяйственного освоения земель, расширения промышленного производства и лесопользования, сейчас уже оказывает влияние на всю глобальную систему Земли.

Изучение этих циклов и деятельности человека требует анализа взаимодействия каждой из указанных компонент с другими компонентами и неравновесного характера существующих взаимодействий.

Любая страна заинтересована в исследованиях изменений климата и окружающей среды на своей территории. Интерес к соседним (и не очень близким) регионам возникает только если изменения там оказывают критическое влияние на условия жизни и хозяйственной деятельности нации. Наука обеспечивает эти условия, используя современные модели общей циркуляции атмосферы и океана и взаимодействующими с ними биосферы и антропосферы (т.е., хозяйственной деятельности человека). Последние две компоненты глобальной системы Земля сугубо региональны и их изучение требует привлечения информации и специалистов из этих регионов. Поэтому, когда перед учеными была поставлена задача о будущем состоянии земной биосферы и климата (т.е., о глобальных изменениях), оказалось, что существующие модели нуждаются в детальной вводной информации о всех трех основных циклах, представленных в Северной Евразии. Этой информации было недостаточно для дальнейшего движения вперед ввиду сильных воздействий, которые изменения в регионе оказывают на Глобальный Климат. Такова была логика большой группы американских и российских ученых, которые собрались 12 лет назад в Москве и решили подготовить Научный План программы NEESPI. Работа продолжалась в течение года, прошла международное рецензирование и была утверждена на Международной Конференции в Ливадии осенью 2003 (<http://neespi.org/science/>). Уже в середине 2004 первая группа NEESPI проектов была запущена в США и России.

Фундаментальный научный вопрос программы NEESPI был сформулирован следующим образом:

Каким образом происходит взаимодействие наземных экосистем Северной Евразии с биосферой, атмосферой и гидросферой Земли?

Прагматической задачей программы NEESPI определялась так:

Как разработать методы прогнозирования динамики наземных экосистем Северной Евразии в 21 веке для поддержки принятия взвешенных и обеспеченных информацией решений по вопросам окружающей среды и климата в глобальном масштабе, а также реализации практических приложений в регионе?

Очень быстро NEESPI перестала быть двухсторонней Инициативой. За последнее десятилетие над ее реализацией работало более чем 750 ученых из 30 стран в рамках 172 Международных проектов. Опубликовав за 10 лет около 1480 статей в рецензируемых журналах и 40 книг, эти ученые создали международное сообщество, которое в значительной мере выравнивало ситуацию с научной базой знаний о Северной Евразии и ее роли в современных изменениях климата. Здесь надо отметить, что требование «выровнять ситуацию», возникшую в науке о Земле в республиках бывшего СССР из-за экономических трудностей с финансированием здесь научной деятельности, было одним из доводов при продвижении NEESPI. И этот довод находил отклик во всем мировом научном сообществе.

В докладе будут представлены основные положения Научного Плана NEESPI и дан обзор результатов, полученных в рамках работы по его реализации.

Полезные ссылки:

1. <http://neespi.org>; <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2014EO160001/epdf>;
2. http://www.gewex.org/gewex-content/files_mf/1438893730Aug2015.pdf (pp. 10-12).

ДОКЛАДЧИК:

Гучмазова Тамара
Константиновна
(Guchmazova Tamara
Konstantinovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Донецкий национальный
университет
(Donetsk National University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Гучмазова Тамара Константиновна
(Guchmazova Tamara
Konstantinovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Оценка влияния на окружающую природную среду восточной Украины
утечек диоксида углерода из геологических хранилищ
Assessing the impact on the environment of eastern Ukraine leakage of carbon
dioxide from geological storage

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

С помощью географических информационных систем, где представлены субъекты утечек CO₂ (стационарные источники эмиссии CO₂, трубопроводы для транспортировки CO₂ и перспективные участки геологического хранения CO₂), исследовано влияние утечек CO₂ на следующие объекты окружающей природной среды: поверхностные и подземные водные ресурсы; типы почв и уровень урожайности; виды растительности и видовое разнообразие животных.

Полученные оценки влияния утечек CO₂ на объекты окружающей природной среды предлагается использовать для организации долгосрочного мониторинга перспективных участков геологического хранения CO₂ в восточных регионах Украины.

Annotation

With the help of geographic information systems, which shows the subjects of CO₂ leakage (stationary sources of CO₂ emissions, pipelines for CO₂ transport and promising areas of geological storage of CO₂), to study the effect of CO₂ leakage to the following objects of the environment: surface and underground water; soil types and level of productivity; vegetation types and species diversity of animals.

The resulting assessment of the impact of CO₂ leakage to the objects of the environment proposed for the organization of long-term monitoring sites promising geological storage of CO₂ in the eastern regions of Ukraine.

Ключевые слова: географические информационные системы; перспективные участки геологического хранения CO₂; поверхностные и подземные водные ресурсы; типы почв и уровень урожайности; виды растительности и видовое разнообразие животных.

Keywords: geographic information systems; prospective sites for geological storage of CO₂; surface and underground water; soil types and level of productivity; vegetation types and species diversity of animals.

ВВЕДЕНИЕ

Глобальное изменение климата сейчас уже стало неоспоримой угрозой для мирового развития, а главным виновником этих изменений признаны выбросы парниковых газов в атмосферу и, в первую очередь, эмиссия диоксида углерода (CO₂) из стационарных источников. Внедрение процессов улавливания и хранения углерода (УХУ) в энергетике и других отраслей промышленности позволит временно смягчить последствия изменения климата до разработки благоприятных для климата источников энергии [1]. Но при использовании технологий УХУ возникают риски утечки CO₂, которые могут оказывать неблагоприятное влияние на человека и окружающую природную среду.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка и ранжирование этих экологических рисков утечки CO₂ при внедрении процессов УХУ в восточных областях Украины является целью этого исследования, которое состоит в выполнении следующих задач:

- создание географических информационных систем (ГИС) объектов утечки CO₂: источников CO₂, возможных путей транспортировки и перспективных участков геологического хранения CO₂, а также субъектов воздействия CO₂: бассейнов подземных и поверхностных водных ресурсов, различных типов почвы и уровней урожайности, видов растительности и видового разнообразия животных с учетом географических, демографических и экологических параметров;
- на основе созданных слоев ГИС выполнить оценки экологических рисков влияния возможных утечек CO₂ из объектов, участвующих в процессах УХУ, на указанные субъекты окружающей природной среды в восточных регионах Украины;
- проанализировать полученные показатели экологических рисков для целей организации долгосрочного мониторинга перспективных участков геологического хранения CO₂ в восточных регионах Украины.

Необходимые для проведения этого исследования ГИС созданы на базе

Интернет-сервиса Google Earth Pro, где построены слои объектов и субъектов утечки CO₂.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализовалась ранее созданная ГИС [2] (рис. 1), которая содержит слой источников CO₂, расположенные на территории Днепропетровской, Донецкой, Запорожской, Луганской и Харьковской областей и представляют: 12 угольных тепловых электростанций (1 на рис. 1), 13 металлургических заводов (2), 14 коксохимических заводов (3), 1 газовую теплоэлектроцентраль (4), 3 химических завода (5), 8 цементных заводов (6) и 39 действующих угольных шахт (7), а также слой с элементами существующей на территории этих областей газотранспортной системы Украины, которые могут быть использованы для транспортировки CO₂: магистральные газопроводы (8), распределительные газопроводы (9), компрессорные станции (10) и подземные газовые хранилища (11). Анализ геологических структур [3] этих территорий с учетом демографических факторов позволил дополнить анализируемую ГИС слоем из 8 перспективных участков (12-19 на рис. 1) геологического хранения CO₂.

Возможные утечки CO₂ в процессах улавливания и транспортировки будут носить характер аварийной ситуации, поэтому должны быстро идентифицироваться и устраняться. А вот утечки из подземных хранилищ CO₂ являются непредсказуемыми и сложными в обнаружении. В связи с этим территория, на которой будут располагаться подземные хранилища CO₂, имеет риски негативного воздействия на человека и окружающую среду.

Принимая во внимание географические и демографические характеристики территорий с помощью созданной ГИС был изучен рейтинг перспективных участков геологического хранения CO₂ [4]: 1 место занял участок под номером 19 на рис. 1 с полезной площадью в 10522 км²; 2 – участок 14 – 2336; 3 – участок 13 – 4749; 4 – участок 12 – 4490; 5 – участок 15 – 1808; 6 – участок 17 – 3661; 7 – участок 18 – 2626; 8 – участок 16 – 3693. Основными параметрами для анализа были: площадь участка; количество человек, проживающих на участке; средняя плотность населения на участке; количество населения крупных населенных пунктов, расположенных на участке.

Влияние возможных утечек CO₂ на окружающую природную среду было проанализировано на основе созданных дополнительных слоев ГИС, которые включали в себя информацию о подземных водных ресурсах (рис. 2) и бассейнах поверхностных (рис. 3), о типах поверхностного слоя почвы (рис. 4) и уровнях урожайности (рис. 5), о видах растительности (рис. 6) и видового разнообразия животных (рис. 7).

Из-за добавления CO₂ химический состав подземных вод может изменяться, так как вода становится более кислой и элементы из горных пород и минералов водоносного горизонта могут высвободиться и попадать в воду. Закисление грунтовых вод может привести к растворению пород, снижению структурной целостности и образованию провалов [1].

В связи с этими воздействиями для наглядного представления и выполнения оценочных исследований, ГИС подземных вод совместили с перспективными участками геологического хранения CO₂ (рис. 2), и определили конкретный процент от общей площади зоны, который будет подвержен влиянию CO₂ при возможных утечках из его геологических хранилищ: 1 - Причерноморский бассейн – не будет поражен при утечках CO₂; 2 - Украинский щит – 5,3%, 3 - Днепровско-Донецкий бассейн – 16,4%, 4 - Донецкая провинция – 43,3%.

В водных экосистемах основным эффектом от утечки CO₂ становится местное понижение pH и связанное с этим влияние, в первую очередь, на животных, которые живут на дне водоемов и не могут покинуть мест обитания. Учитывая продолжительные сроки, связанные с геологическим хранением CO₂, необходимым может оказаться мониторинг данного места в течение длительных периодов времени [1].

Влияние на водную систему в целом можно оценить с помощью совмещения созданного слоя ГИС, содержащего бассейны рек восточных областей Украины, с объектами влияния утечек CO₂ (рис. 3). Анализируя полученную ГИС определяем конкретный процент от общей площади зоны, который будет подвержен влиянию CO₂: 1 - бассейн рек Днепра – 20,7%, 2 - бассейн рек Северского Донца – 34,0%. То есть, наиболее уязвим бассейн рек Северского Донца.

При реализации различных сценариев миграции CO₂ из подземных хранилищ может происходить кислование почв и замещение кислорода в почве [1]. Следовательно, важно изучить влияние утечек CO₂ на почву, и

Рис. 1 - ГИС источников, путей транспортировки и геологического хранения CO₂

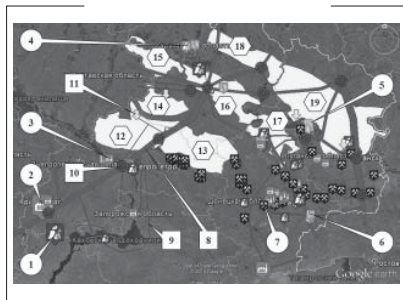


Рис. 2 - Слои подземных вод, совмещенные с объектами утечек CO₂

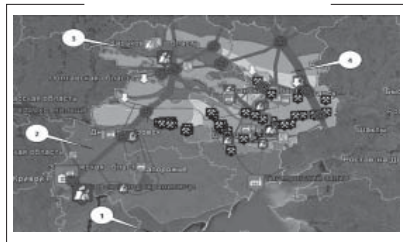


Рис. 3 - Слои бассейнов рек, совмещенные с объектами утечек CO₂

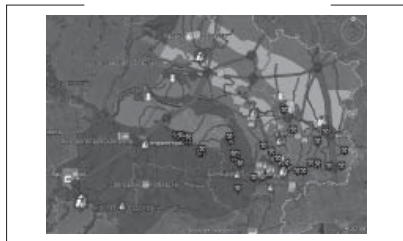


Рис. 4 - Слои типов почв, совмещенные с объектами утечек CO₂

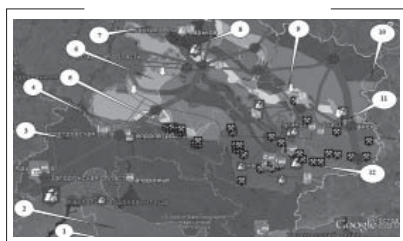


Рис. 5 - Слои уровней урожайности, совмещенные с объектами утечек CO₂

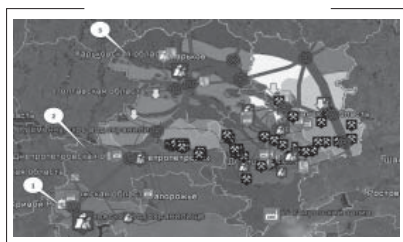
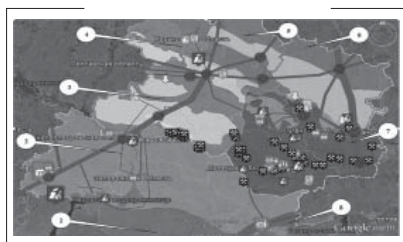


Рис. 6 - Слои видов растительности, совмещенные с объектами утечек CO₂



для данного исследования построенные слои ГИС типов почв восточных областей были совмещены со слоями возможными утечек CO₂: источники CO₂, пути транспортировки и перспективные участки геологического хранения CO₂, что показано на рис. 4. Оценивая данные слои ГИС был получен конкретный процент от каждой зоны, которая будет подвержена влиянию CO₂ при его утечках из перспективных участков геологического хранения: 1 - Каштановые и темно-каштановые черноземы – 0,0%; 2 - Черноземы южные и черноземы осолоделые (болотные) – 0,0%; 3 - Черноземы обычные – 15,2%; 4 - Лугово-черноземные и луговые – 100,0%; 5 - Черноземы на тяжелых глинах – 0,0%; 6 - Черноземы типичные – 25,5%; 7 - Светло-серые, серые и темно-серые оподзоленные – 78,0%; 8 - Дерново-подзолистые – 43,0%; 9 - Черноземы реградованные и Дерново-оподзоленные – 80,6%; 10 - Черноземы и дерновые карбонатные – 26,0%; 11 - Дерновые песчаные – 80,6%; 12 - Черноземы южные – 26,0%. С помощью такой многослойной ГИС оцениваются перспективы изменения эродированности земли и плодородия почв.

Соответственно при утечках CO₂ ухудшится плодородие почв. Для данного исследования, ГИС урожайности почв восточных регионов была совмещена с местами возможных утечек CO₂ как это показано на рис. 5. Анализируя полученные слои ГИС можно сделать вывод, что для пяти восточных областей Украины на высокую степень урожайности (3 на рис. 5) будет влиять утечки CO₂ при геологическом хранении на 28,0% от общей площади зоны, на среднюю степень (2) урожайности приходится 14,0% площади влияния CO₂, на урожайность выше средней степени (1) – 16,0%.

Хоть наличие газообразного CO₂ в почве при его концентрации до 20-30% на самом деле может благоприятно влиять на плодородность и увеличивать скорость роста определенных растений, значения выше этого порога могут оказаться смертельными для некоторых, но не для всех растений [4]. Таким образом, используя слои ГИС (рис. 6) получили конкретный процент от площади данного подтипа растительности к площади возможного влияния утечек CO₂ при его геологическом хранении: 1 - Среднестепные равнинные и лугово-степные низменные и (8) Северостепные равнинные – 0,0%; 2 - Северостепные возвышенные и склоновые – 1,8%; 3 - Северостепные низменно-равнинные – 56,0%; 4 - Возвышенные в сочетании с лугостепными – 37,0%; 5 - Лесостепные возвышенные расчлененные – 23,0%; 6 - Северостепные равнинно-возвышенные – 41,7%; 7 - Северостепные возвышенные с фрагментами лесостепи – 15,7%.

При внедрении технологий УХУ интенсивные потоки утечек CO₂ в сочетании со стабильными атмосферными условиями могут стать причиной высоких местных концентраций CO₂ в воздухе, которые могут причинить ущерб животным [1]. Для минимизации этого ущерба, слой ГИС разнообразия видового состава животных был совмещен со слоем ГИС объектов возможных утечек CO₂ и получена ГИС, изображенная на рис. 7.

При изучении этой ГИС выявлено, что на зону степной фауны (1 на рис. 7) животных приходится 15,3% площади подверженной влиянию утечек CO₂, на зону лесостепной фауны (3) приходится 25,4% площади, а на зону заповей (2) – 33,9% площади.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. С помощью геологических данных из открытых источников информации определены количественные значения критериев процесса геологического хранения CO₂ с учетом горно-геологических и гидрогеологических условий геологических районов восточной Украины.

2. Проведен анализ данных слоев ГИС объектов утечки CO₂: кластеров источников CO₂, возможных путей его транспортировки и перспективных участков геологического хранения CO₂ с учетом географических, демографических и экологических параметров.

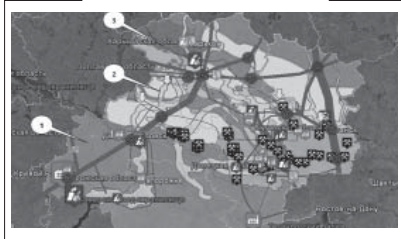
3. Созданы и исследованы слои ГИС субъектов воздействия CO₂: подземные и поверхностные водные ресурсы, различные типы почв и уровни урожайности, виды растительности и видовое разнообразие животных.

4. На основе наложения созданных слоев ГИС субъектов воздействия CO₂ на слои ГИС объектов утечки CO₂ выполнена оценка экологических рисков для окружающей природной среды восточных регионов Украины при утечках CO₂ на перспективных участках геологического хранения CO₂.

5. Даны рекомендации по организации оперативного контроля возможных утечек CO₂ из подземных хранилищ с помощью комбинированной системы мониторинга на базе аналитических и биологических методов.

Выполненное исследование обосновало возможность и перспективность использования технологий УХУ на предприятиях и территориях восточных

Рис. 7 - Слои разнообразия животных, совмещенные с объектами утечек CO₂



регионов Украины для уменьшения эмиссии парниковых газов и смягчения последствий глобальных изменений климата.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Специальный доклад МГЭИК: Улавливание и хранение двуокиси углерода – Резюме для лиц, определяющих политику и Техническое резюме [Текст] / Ред.: Берт Метц [и др.]. – МГЭИК. – 2005. – 66 с. – ISBN 92-9169-419-3.
2. Беспалова, С. В. Оценка возможностей внедрения низкоуглеродных открытых инноваций в промышленных регионах Украины [Текст] / С. В. Беспалова, Н. С. Шестакин // Проблемы экології та охорони природи техногенного регіону. – 2012. – № 1 (12). – С. 10-25.
3. Жикаляк, Н. В. Оценка возможностей улавливания и хранения CO₂ в палеозойских осадочных отложениях Донбасса [Текст] / Н. В. Жикаляк, В. В. Осетров, Н. С. Шестакин // Збірник наук. праць Інст. геол. наук НАН України. – 2012. – Вип. 5. – С. 53-61.
4. Юрченко, В. В., Ранжирование экологических рисков утечки CO₂ в процессах улавливания и геологического хранения диоксида углерода [Текст] / В. В. Юрченко, Т. К. Гучмазова, Ф. В. Недопекин, Н. С. Шестакин // Екологічний інтелект – 2014: збірник матеріалів доповідей IX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, 14-15 квітня 2014 р. – Дн-ськ: Дн-ський нац. універ. залізн. трансп. ім. акад. В. Лазярана, 2014. – С. 99-101.

ДОКЛАДЧИК:

Дубровский Юрий Викторович
(Dubrovskiy Yuriy)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Архитектурные решения для птиц: экогород. Адаптация и развитие среды города

Architectural solutions for birdfriendly cities: ecocity. Improvement and development of urban space

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Место обучения: Московский архитектурный институт (государственная академия) (Moscow institute of architecture (state academy))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Дубровский Юрий Викторович
(Dubrovskiy Yuriy)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В работе рассматривается значение птиц в городе, психосоциальные аспекта птиц в городе, методы формирования пригодного для птиц пространства архитектурными методами, развитие данной темы как проблематики восстановления городской среды и совершенствования городского универсально техно-экологического пространства.

Annotation

The research is devoted to the meaning of birds as the element of urban environment. The ways of the city architectural adaptation were reviewed in research. Finally, the problem of urban birds was defined as a problem of urban environment regeneration and multipurpose city eco-tech environment developing.

Ключевые слова: градостроительство, орнитология, факторы восприятия городской среды, развитие городской среды, методы адаптации городского пространства, эко-хорды, эко-коридоры, строительные материалы, малые архитектурные формы, городская мебель, гнездование, Сокол-Сокольники.

Keywords: urban planning, ornithology, perception factors of the urban space, city eco-tech environment developing, ways of the city architectural adaptation, eco corridor, eco link, building materials, street furniture, mobilier urbain, nesting, Sokol-Sokolniki.

Городская среда – сложная многоуровневая система, состоящая из значительного количества элементов, включающая в себя природную среду города, антропогенные объекты, транспортную систему города, объекты благоустройства, городскую навигацию. Городская среда – это способ общения города с горожанами, это интерфейс города, одновременно это пространство нашей жизни и жизни наших детей. Именно сохранение и устойчивое развитие благоприятной среды города является средством обеспечения благополучного детства и формирования любознательных и заинтересованных граждан. И важную роль в этом играет восприятие городской среды детьми.

Восприятие города основывается в первую очередь на зрительной и слуховой информации, поэтому так важны в городе объекты культурного наследия, сохранение разнообразия подлинных деталей, разнообразная городская мебель, причём разнообразие является гарантом повышения внимания и интереса, а, следовательно, и стимуляции к познанию. При этом природная часть городской среды обеспечивается системой озеленения, но не только – ключевым фактором в городе становятся птицы.

Значение птиц в городе можно разделить на две категории: санитарное и психосоциальное. С точки зрения санитарного подхода очень важным является контроль птицами распространения насекомых и мелких грызунов. Употребляя их в пищу птицы не позволяют им широко распространяться, что позволяет делать пространство города более безопасным и благоприятным.

С точки зрения психосоциального подхода – крайне важное воздействие птицы оказывают на человека: обширная распространённость птиц в городе позволяет им принимать участие в формировании визуальной и звуковой среды в городе. Как правило, в городе выделяют несколько масштабов: масштаб человека, сооружений сомасштабных человеку (человеческого масштаба), крупномасштабные сооружения, гигантские сооружения – деление на эти масштабы условно, но модулем в них является человек. То есть самая малая естественная (не математическая) модульная единица городского масштаба – человек. Однако по сути, птицы формируют свой, микромасштаб (от 1/10 до 1/25 человека). В классической архитектуре этому масштабу соответствуют декоративные элементы, лепнина на зданиях, шрифтовые композиции. В свою очередь микромасштаб позволяет нам воспринимать окружающую среду более детально и менее угнетающе. Особенно в районах новой и массовой застройки, где количество членений на зданиях значительно меньше, а сами здания – крупные, и человеку не сомасштабны. В дополнение к этому – птицы находятся в постоянном движении – в поисках корма, в полёте, что создаёт эффект постоянно изменяющейся, хоть и незначительно, картинки. Достаточно сравнить фотографии городского района с птицами и без, одна и та же обстановка воспринимается по-разному.

Различные цветовые схемы оперения так же увеличивают количество различных элементов в поле зрения. Даже птицы одного размера, например, трясогузка и воробей, создают достаточное количество зрительных разностей, благодаря различному оперению и различиям в поведении. Таким образом, следует заключить, что птицы значительно улучшают восприятие города, особенно за счёт формирования среды меньшего масштаба, чем человек.

Так же процесс развития человека, ребёнка – сопровождается высокой наблюдательной активностью. И здесь, птицы вследствие упомянутых выше причин необходимы. Даже фоновое наблюдение за птицами (когда птицы не являются предметом наблюдения) повышает количество зрительной информации, для развития ребёнка можно сопоставить значение птиц со значением развития мелкой моторики.

Вторым фактором является звуковая среда создаваемая птицами. В условиях города все звуки кроме человеческой речи являются искусственными, либо производимыми предметами. Общее количество искусственных, технических звуков столь велико (перечисление их может быть бесконечным: транспортные средства, искусственный голос (радио, телевидение), сигналы, звонок мобильного телефона, скрип двери и многое другое), что активно способствует развитию стресса. Тогда как источников природных звуков в городе не так много, к относительно постоянным отнести можно два – шелест листьев и пение птиц. При этом шелест листьев – распространён значительно меньше, из-за снижения количества городского озеленения в жилой и офисно-деловой зоне по санитарным требованиям (нормы инсоляции, защита от падения деревьев), так и в целях увеличения парковочных площадей. Остаётся пение птиц – этот тип звука наиболее характерен для весеннего и летнего сезонов, но всё же даже в зимний период воркование голубей и карканье ворон создаёт некоторую живую звуковую среду.

К психосоциальным, так же можно отнести, уже независимое на прямую от птиц – наше психологическое и фольклорное их восприятие. На языке ментальных пиктограмм птицы как раз ассоциируются с уютом, природной средой, зелёными насаждениями, майскими или июньскими днями. Недаром, при разработке современных брендовых логотипов используется символ птицы. Например, птичка зашифрована в новом логотипе Парка культуры имени Горького.

Здесь стоит упомянуть о священном значении символа птицы. Вопреки современному восприятию Сизого голубя, в мифологии разных стран голубь был символом благополучия, в Исламе – голубь на плече пророка Мухаммеда символ божественного вдохновения. В США, как известно, лоббистов военных методов называют «ястребами», но мало известно, что сторонников мирных процессов называют «голуби». Символ голубя как божественной птицы и миротворца восходит к Библии, ведь Ной выпускал голубя. Согласно мифам Вавилона о Великом потопе вместе с голубем и

вороном летала ещё и ласточка. То есть всё, выше перечисленное говорит о птице, как о ментальном символе не только уюта, но и пригодности для жизни, человеческого благополучия.

С благополучием и пригодностью для жизни, приходится заметить, дела сейчас обстоят сурово. Современный, динамично развивающийся город, и его атрибуты: стеклянные башни небоскрёбов, многополосные дороги, отсутствие зелёных насаждений, загрязнённая атмосфера, световое загрязнение – становится агрессивной и опасной средой теперь и для птиц. Если не предпринимать никаких мер – рано или поздно город останется пристанищем людей и крыс, что способствует значительному снижению уровня и качества жизни.

Для разных городов характерны разные примеры опасности для птиц. Более того, в разных странах в следствие различий в подходах к строительству городов различаются опасности для птиц. В городах США и Канады сплошное остекление фасадов крупных зданий приводит к повышенной смертности птиц от столкновений, в большинстве городов на губительное воздействие на птиц оказывает неправильное распространение искусственного освещения улиц и различные световые конструкции. К негативным последствиям приводят и большое количество шумов, электромагнитных волн, взаимодействие птиц с неизолированными электропроводами.

Однако заявить, что птицы покидают города достаточно сложно. Дело в том, что во многих городах даже увеличивается численность птиц, которые питаются кормами антропогенного происхождения, способных выскидывать корм на свалках, использующих проблемы количества бытовых отходов и выделяемого тепла в своих целях. К таким видам можно прежде всего отнести ворон, количество которых в Москве за XX век изменилось в разы. До Войны вороны редко гнездились в Москве, а в 1980-ых годах количество достигало 800 000 ворон. Совсем не в таких масштабах как вороны, но к таким птицам можно отнести и крапивку. Утки не улетают на юг, либо наоборот пролетающие мимо оседают в Москве, пользуясь большим количеством незамерзающих водоёмов.

Но, факторы городского влияния, перечисленные выше, не способствуют видовому развитию птиц, эти факторы приводят к сокращению видового разнообразия. Так же есть такое понятие как «город ворон» или «город сорок», связанные с тем, что город с резким ростом популяции одной из этих птиц переходит под контроль этой популяции. Москва – город ворон. В результате виды, гнездящиеся открыто, уходят из нашего города.

В западных странах составляются ежегодные рейтинги и антирейтинги пригодности городов для птиц; города, определённые как самые непригодные – имеют в своём арсенале не более двух видов птиц. На первом месте мирового антирейтинга (самый непригодный) – город Торонто. В работе рассматриваются методы адаптации городского пространства для птиц, вовлечения в город новых видов, создания благоприятной и безопасной среды обитания для птиц. Целью решения этой проблемы является город значительно более пригодный для птиц, для возвращения и привлечения новых видов птиц в города. Город с восстановленными и развитыми экосистемами. Задача – формирование методами благоустройства, архитектурными, градостроительными, орнитологическими, технологическими методами городской среды, приспособленной для разных видов птиц, избавление от доминирования конкретных популяций. Очень важно на пути к удобному для птиц городу не делать ошибок, не потерять оставшихся птиц и не сделать его удобным только для ворон.

Прежде чем предлагать конкретные пути решения, следует привести две схемы. Первая (схема 1) – схема значимости факторов ресурсов и безопасности, схема 2 – это попытка классификации птиц по местам обитания.

Из схем 1 и 2 следует сделать вывод о характере расселения птиц и сформулировать задачу по сдвигению птиц по этой лесенке: что бы птицы парков пришли в скверы, а из скверов – в районы города.

Методы приспособления городов для птиц в нашем случае можно условно поделить на две группы (схема 3):

Зарубежный опыт. На основе исследований факторов, влияющих на птиц, в США и Канаде были подготовлены руководства и нормативы (guideline) по развитию пригодной для птиц среды, в которых приводятся данные о популяциях птиц, ареалах обитания, маршрутах миграции; предлагается целый ряд советов по проектированию удобной для птиц среды от изменения конструкций фасадов зданий до правил расстановки и

Рис. 1 - схема 1, схема 2



Рис. 3 - схема 3



сортаментов безопасных для птиц фонарей уличного освещения.

Основным градостроительным решением, способствующим восстановлению и развитию экосистем, приходу новых видов в город, являются эко-русла и эко-коридоры. Так же эко-коридоры в структуре города способствуют безопасной миграции видов через город, в случае если поселение и преобразованные территории имеют очень большие площади и сильно разрывают естественный ландшафт. Организация экологических русел и коридоров – это градостроительная задача многих современных мегаполисов. В условиях сложившейся застройки, как правило, за основу берут существующие зелёные насаждения, парки, лесные массивы, и предлагают меры по их связи. Учитывая характер планировки Москвы оптимальным является создание эко-хорд и эко-колец, основанных на связях и соподчинении различных объектов зелёного каркаса города с различной степенью антропогенности благоустройства («дикое» или «городское» благоустройство). В работе рассматриваются возможности создания эко-хорд на территории Москвы, а также зелёного эко-кольца на территории СВАО.

К архитектурным и конструктивным методам адаптации городской среды относится разработка строительных и отделочных материалов, конструктивных ходов, способствующих снижению смертности птиц или повышающих возможность гнездования на зданиях. Так, для защиты от столкновений применяются различные сетчатые конструкции, или микросетки на окнах, неразличимые для человеческого глаза, но считываемые птицами; системы пористого и сетчатого остекления фасадов зданий. Приводятся примеры проектов, в которых применяются подобные решения, некоторые из этих проектов выполнены всемирно известными архитекторами. Другим примером строительных решений могут являться карнизные системы или ячейки, в особенности на небоскрёбах, которые будут использоваться для гнездования соколами или орлами, привыкшими размещать свои гнёзда на значительной высоте (пример, Соколы МГУ).

Рассматриваются различные примеры малых архитектурных форм и элементов благоустройства для гнездования и кормления, которые дополнительно позволяют создать выразительные композиции в городе, стать элементами дизайна города. Рассматриваются павильоны в парках с карнизами для гнездования, стальные фермы на фасадах зданий, строительные блоки – гнёзда, декоративные модульные конструкции и др. Отдельное внимание уделяется многообразию возможных архитектурных решений голубятен, отличных от московских сараев, предлагаются авторские решения голубятен и городских кормушек.

Таким образом, работа представляет собой формулирование значимости птиц в городе с выявлением наиболее характерных аспектов, а также обширное рассмотрение методов адаптации городского пространства для птиц, от макромасштаба (градостроительные методы) до микромасштаба (благоустройство, кормушки). Данные подходы позволяют вернуть птицам их значение, как элемента городской среды, среды нашего обитания, развивающей среды для детей. Птицы – стимул для развития человеческой мысли, поиска архитектурных решений, исследований учёных. Птицы способны заинтересовать человека, расширить наше представление о мире и об устройстве тех или иных процессов в обществе. Многие архитекторы, например, Сантьяго Калатрава, создают проекты, основанные на образах птиц; урбанисты и техники автомобильных фирм изучают принципы движения стаи птиц, для создания системы автоматического управления частным автотранспортом, которая сможет помочь в решении проблем пробок.

Результаты исследований в данной работе, были включены в последующие работы, что позволяет говорить о развитии работы в течение 2013-2015 гг. В дипломном проекте альтернативной организации Экспо-2020 в Екатеринбурге применялись эко-коридоры, и учитывались подобные решения в рамках общего восстановления городской среды Екатеринбурга. Именно на принципах эко-хорды основывается инициативный проект создания в Москве северного прогулочного пространства от Сокола до Сокольников, элементом эко-кольца является инициативный проект большая Яуза, оба проекта находятся в стадии редакции и планируются к опубликованию осенью-зимой 2015-2016 года.

Многие рекомендации и стандарты по обустройство городов в т.ч. пригодных для птиц, являются муниципальными расширениями требований зелёных стандартов в области градостроительства (LEED ND, BREEAM Communities), однако советская практика проектирования и строительства городов в значительной степени опережала требования современных зарубежных стандартов, тоже можно сказать и о пригодности среды для

птиц, т.к. как указывалось выше – городская среда – многоуровневая и сложная система. Таким образом, применительно к российским городам следует говорить о восстановлении городской среды. Сложность городской среды позволяет рассматривать её как городское (внешнее) универсальное пространство, как среду для формирования техно-экологической культуры, повышения уровня взаимодействия города и жителей, то есть формирования культуры через городскую техно-экологическую среду. Комплексный подход городской среды как универсального техно-экологического пространства способствует развитию и восстановлению российских городов и российского общества, как общества универсальной культуры и универсальных знаний.

В работе использованы материалы ряда электронных ресурсов:

1. Archtober building of the day #7: IAC headquarters // Architect's newspaper: AN blog [электронный ресурс] URL: http://blog.archpaper.com/2011/10/archtober-building-of-the-day-7-iac-headquarters/#.VdPAIc_tIHw
2. Bird friendly building design: [guideline] / American bird conservancy [электронный ресурс] URL: http://abcbirds.org/wp-content/uploads/2015/04/Bird-friendly_Building_Guide_WEB.pdf
3. Bird-Friendly Building Design / New-york city Audubon [электронный ресурс] URL: <http://www.nycaudubon.org/our-publications/bird-safe-buildings-guidelines>
4. Bird-safe building guidelines / New-york city Audubon [электронный ресурс] URL: <http://www.vogelglas.info/public/nyc-birdSafeGuidelines-2007.pdf>
5. Bird-Safe Building guidelines: [guideline] / Audubon Minnesota [электронный ресурс] URL: <http://mn.audubon.org/birdsafe-buildings>
6. Bird-safe building: design guide for new construction and renovation / Chicago Department of Environment, Chicago Department of Planning and Development [электронный ресурс] URL: <http://chicagobirder.org/wp-content/uploads/2013/05/ChicagoBirdSafeDesignGuide.pdf>
7. Building bird-friendly cities // Phys.org [электронный ресурс]: URL: <http://phys.org/news/2012-11-bird-friendly-cities.html>
8. Hattam J. Artists Build a Shanty Town for Evicted Urban Birds // Treehugger ENVIRONMENTAL CARPE DIEM [электронный ресурс] URL: <http://www.treehugger.com/culture/artists-build-shanty-town-evicted-urban-birds.html>
9. <http://greenarchitecturenotes.com/2009/04/ningbo-eco-corridor/>
10. Ningbo East New Town Eco-Corridor // SWA: [официальный сайт архитектурного бюро SWA: электронный ресурс] URL: <http://www.swagroup.com/project/ningbo-east-new-town-eco-corridor.html>
11. Noise control Acrylite soundstop Bird guard / Armtech [электронный ресурс] URL: http://files.armtec.com/Downloads/Categories/Noise-Control/Paraglas/AcryliteSoundstop_BirdGuard_TG-2011-09-E.pdf
12. Ornilux: bird protection glass: innovation by Arnold glass [электронный ресурс] URL: <http://ornilux.com/>
13. Standards for Bird-Safe Buildings / San Francisco planning department [электронный ресурс] URL: http://www.sf-planning.org/ftp/files/publications_reports/bird_safe_bldgs/Standards_for_Bird-Safe_Buildings_8-11-11.pdf
14. Standen A. Architecture for the Birds: audioreport // QUEST [электронный ресурс] URL: <http://science.kqed.org/quest/audio/architecture-for-the-birds/>
15. Things to do: green spaces // City of London [электронный ресурс] URL: <http://www.cityoflondon.gov.uk/things-to-do/green-spaces/Pages/default.aspx>
16. URL: <http://ecocorridorsinlondon.blogspot.ru/>
17. Городские [птицы] // Птицы России: о птицах России и ближнего зарубежья [электронный ресурс] URL: <http://pticyrus.info/gorod>
18. Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы: [официальный сайт]: URL: <http://www.eco.mos.ru>
19. Программа птицы Москвы и Подмосковья [электронный ресурс] URL: <http://www.birdsmoscow.net.ru/>
20. [Публикации на тему архитектуры для птиц] // 51% Studios: [электронный ресурс, лицензированный RIBA] URL: <http://www.51pct.com/topic/urban-birds/>

ДОКЛАДЧИК:

Дюбанов Михаил Викторович
(Dyubanov Mikhail Viktorovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московский государственный
университет дизайна и технологий
(Moscow State University of
Design and Technology)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Дюбанов Михаил Викторович
(Dyubanov Mikhail Viktorovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Система непрерывного управления химической безопасностью на
предприятиях легкой промышленности
System of continuous control of chemical safety at light industry

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Данная работа посвящена разработке системы непрерывного управления химической безопасностью на предприятиях легкой промышленности в рамках концепции национальной системы химической и биологической безопасности Российской Федерации.

Annotation

This work devoted to the development of A System of Continuous chemical safety management at the enterprises of light industry in the concept of a national system of chemical and biological safety of the Russian Federation.

Ключевые слова: система; предприятие легкой промышленности; управление; динамика; химическая безопасность

Keywords: system; company of light industry; control; dynamics; chemical safety

По мере того, как возрастает актуальность сохранения и улучшения качества окружающей среды и защиты здоровья людей, организации любого масштаба обращают все большее внимание на потенциальное воздействие своей деятельности, продукции или услуг на окружающую среду. Экологическая эффективность организации приобретает все большее значение для внутренних и внешних заинтересованных сторон. Для достижения высокой экологической эффективности требуется, чтобы организация приняла на себя обязательства применять систематический подход и постоянно улучшать систему охраны окружающей среды.

Данная работа посвящена разработке системы непрерывного управления химической безопасностью на предприятиях легкой промышленности в рамках концепции национальной системы химической и биологической безопасности Российской Федерации.

Сохранение и оздоровление окружающей среды входит в национальные приоритеты России в соответствии со стратегией национальной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 года № 537.

По заказу Минпромторга России Институтом химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (далее – ИХФ РАН) в течение 2009-2014 годов проводилась работа по экспертному сопровождению Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009 - 2014 годы)».

Проведенный анализ состояния охраны окружающей среды на предприятиях химической и легкой промышленности показал, что существующая в настоящее время законодательная база по обеспечению химической и биологической безопасности предприятий не полностью учитывает специфику данных отраслей промышленности. Одной из причин сложившегося положения представляется отсутствие эффективной системы взаимодействия между государственными структурами и организациями различных форм собственности. Установленный действующим законодательством размер административных санкций и уровень преференции от государства экономически не мотивирует субъекты хозяйственной деятельности к строгому соблюдению законодательства в области обеспечения химической и биологической безопасности производства.

По поручению Минпромторга России в период с сентября по октябрь были проведены выездные круглые столы под председательством региональных министров экологии в субъектах Российской Федерации с целью проведения конкурса по выбору лучшего инвестиционного проекта по использованию территорий и инфраструктуры выведенных из эксплуатации предприятий, ранее производивших опасные химические вещества (в том числе токсичные химикаты и взрывчатые вещества). На 7 объектах, расположенных в следующих регионах: Нижний Новгород, Кемерово, Смоленск, Пермь, Тверь, Московская область (г. Шатура, г. Орехово-Зуево) были проведены комплексные проверки выполнения мероприятий по охране окружающей среды. По результатам проверок был сформирован перечень предприятий на которых зафиксированы случаи нарушения законодательства и нормативных документов в области

охраны окружающей среды. Причиной выявленных нарушений является не соблюдение субъектами хозяйственной деятельности требований к безопасной эксплуатации источников химической опасности. Присутствие на территориях данных объектов сдерживает инновационное развитие регионов. В заседаниях приняли участие представители потенциальных инвесторов, которые представили различные предложения по реализации проектов на существующих площадках, не действующих предприятий, выведенных из эксплуатации или находящихся в аварийном состоянии, но обладающих развитой инфраструктурой (транспортные пути, ТЭЦ, коммуникации и др.). В результате были сформированы перечни потенциальных инвестиционно привлекательных площадок на которых ранее находились предприятия, выведенные из эксплуатации, производившие опасные химические вещества. Данный перечень, был отранжирован по степени неотложности принимаемых мер и экономической целесообразности. Предварительные расчеты показывают, что в настоящее время для приведения территорий в безопасное состояние необходимо затратить сумму порядка 200 млрд. рублей. При этом стоит заметить, что экономический эффект от привлечения инвестиции для приведения территории в безопасное состояние и дальнейшей реализации предложенных проектов на порядок выше. Кроме того решаются социальные вопросы территорий (создание новых рабочих мест).

В этой связи предлагается разработать «Систему непрерывного управления химической безопасностью на предприятиях легкой промышленности» (далее – СНУБ). СНУБ является совокупностью взаимосвязанных элементов, используемых для установления политики в области химической и биологической безопасности, целей в этой области и инструментов для достижения поставленных целей. В основе СНУБ лежит презумпция химической и биологической опасности объектов химического комплекса (далее – ОХК).

СНУБ включает в себя:

- организационную структуру ОХК,
- деятельность по планированию,
- распределенную ответственность,
- практику,
- процедуры,
- процессы,
- ресурсы.

Разработка СНУБ для конкретных объектов химического комплекса (ОХК) состоит из следующих основных этапов:

- первоначальный анализ состояния химической и биологической безопасности ОХК. Принадлежность объекта к ОХК определяется классификатором деятельности и государственным реестром химически опасных объектов;
- выработка политики в области химической и биологической безопасности;
- планирование;
- внедрение и функционирование СНУБ;
- проверка СНУБ и корректирующие действия (измерение и оценка);
- анализ функционирования СНУБ;
- уточнение политики и планов (постоянное улучшение).

Результаты проделанной работы использованы в материалах отчета Минпромторга России Правительству Российской Федерации. По результатам рассмотрения данного отчета был дан ряд поручений Президента и Правительства, утверждены Основы государственной политики в области обеспечения химической и биологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу, подписана концепция Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2015 - 2020 годы)», в стадии утверждения находится Паспорт программы, принято решение о разработки Федерального закона о химической безопасности. Стоит отметить, что вышеизложенный материал использован при разработке Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2015 - 2020 годы)». Дальнейшее развитие этой системы в прикладном плане ляжет в основу моей диссертации.

ДОКЛАДЧИК:

Егоров Арсений Владимирович
(Egorov Arsenii Vladimirovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Российский государственный
университет нефти и газа имени
И. М. Губкина (РГУНГ)
(Gubkin Russian State Oil and Gas
University (Gubkin University))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Егоров Арсений Владимирович
(Egorov Arsenii Vladimirovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Влияние параметров трещиноватости среды на её фильтрационно-
емкостные свойства

The impact fracture parameters of the continuum at its reservoir properties

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Для описания явлений, связанных с процессами переноса в микронеоднородной среде, можно использовать пространственные решеточные модели, проводимость связей в которых описывается некоторой функцией плотности распределения. Получить аналитические решения в таких задачах позволяет теория перколяции.

Annotation

We can use spatial lattice models to describe the phenomena that is associated with the transport processes in microinhomogeneous continuum. Conductivity of connections in that models describe as a function of the density distribution. The percolation theory allows to get analytical solutions of these problems.

Ключевые слова: трещиноватость, теория перколяции, функция распределения, абсолютная проницаемость, относительная фазовая проницаемость

Keywords: fracture, percolation theory, distribution function, absolute permeability, relative permeability

В работе представлена модель трещиноватой среды с хаотически распределенными в ней тонкими дисковыми трещинами. Трещины имеют раскрытие b , изотропно ориентированы в пространстве, их радиусы r имеют плотность распределения $f(r)$, причем $b \ll r$. Учитывается корреляция между радиусом трещины и ее раскрытием.

Модель построена на основе теории перколяции. При этом используются свойства 3D-решетки, в которой трещины являются связями, а пересечение 2 трещин образует узел.

Основным результатом расчета модели является зависимость проницаемости от функции распределения плотности вероятности, раскрытия и густоты трещин.

В качестве иллюстрации приведены расчеты абсолютной проницаемости с использованием модельных функций плотности распределения трещин по радиусам вида:

А также построены кривые относительных фазовых проницаемостей.

Показано, что проницаемость среды в наибольшей степени определяются средним размером трещин. Установлен нелинейный характер зависимости проницаемости от характерного радиуса и густоты трещин. Отмечается, что для трещиноватых пластов справедлив традиционный характер взаимосвязи проницаемости и пористости: $K \sim m^3$

Список использованных источников:

1. Кадет, В.В. Перколяционный анализ гидродинамических и электрокинетических процессов в пористых средах / В.В. Кадет – Москва: НИЦ Инфра-М, 2014 – 256 с.
2. Кадет, В.В. Методы теории перколяции в подземной гидромеханике / В.В. Кадет – Москва: ЦентрЛитНефтеГаз, 2008 – 94 с.

ДОКЛАДЧИК:

Ершова Ксения Владимировна
(Ershova Kseniya Vladimirovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Нижегородский государственный педагогический университет им. Козьмы Минина
(Nizhny Novgorod state pedagogical university of Kozma Minin)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Ершова Ксения Владимировна
(Ershova Kseniya Vladimirovna)
Самойлов Андрей Викторович
(Samoylov Andrey Victorovich)
Бахирева Мария Владимировна
(Bakhireva Mariya Vladimirovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Географические исследования озёр нижегородской области: научные открытия и перспективы природопользования

Geographical researches of lakes of the nizhny novgorod region: discoveries and perspectives of environmental management

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В проекте проведён пространственный анализ распространения озёр различных генетических групп на территории Нижегородской области. Для выяснения генезиса озёр установлены основные морфометрические и гидрологические характеристики, созданы батиметрические карты ряда озёр.

Annotation

In project the spatial analysis of distribution of lakes of various genetic groups in the territory of the Nizhny Novgorod Region is carried out. For clarification of genesis of lakes were defined the main morphometric and hydrological characteristics, were created batimetrical maps, of lakes.

Ключевые слова: озеро; Нижегородская область; генезис; морфометрия; батиметрия; ГИС; классификация; природопользование.

Keywords: lake; Nizhny Novgorod Region; genesis; morphometry; batimetry; GIS; classification; environmental management.

Цель исследования: комплексное изучение и классификация типичных и наиболее известных озёр Нижегородской области для организации рационального природопользования.

Задачи исследования:

1. Установление морфометрических характеристик типичных и наиболее известных озёр Нижегородской области на основе полевых исследований.
2. Создание батиметрических карт озёр с помощью геоинформационных систем.
3. Определение основных гидрологических характеристик озёр (максимальная и средняя глубина, площадь зеркала, объём воды и пр.) с помощью геоинформационных систем.
4. Комплексное описание озёр и супераквальных комплексов на основе полевых исследований.
5. Классификация озёр Нижегородской области по генезису на основе геолого-геоморфологических и ландшафтных характеристик.
6. Сравнительная оценка туристско-рекреационной ценности озёр Нижегородской области и определение перспектив их вовлечения в туристско-рекреационную деятельность.
7. Опубликование цикла статей, отражающих результаты научных исследований озёр Нижегородской области.

Объект исследования – озёра Нижегородской области; предмет исследования – комплексные исследования озёрных котловин и прибрежных территорий.

История научных исследований озёр. Впервые в поле зрения учёных озёра Нижегородской области попали ещё в конце XVIII в. – в ходе экспедиций И.И. Лепёхина, П.-С. Палласа, И.Г. Георги. Изучением озёр Нижегородской области с конца 19 века занимался В.В. Докучаев – «Озёра Нижегородской области» (1886 г.), он же составил первую генетическую классификацию озёр и проанализировал пространственные закономерности их размещения. В XX в. исследования озёр стали более массовыми, однако работы, проводившиеся многими исследователями, как правило, были отрывочными и не имели комплексного характера. Серьёзная попытка обобщить современные научные данные о генезисе, рельефе, флоре, фауне и проблемах охраны озёр была предпринята коллективом нижегородских учёных (Ф.М. Баканина, В.П. Воротников, Е.В. Лукина, Б.И. Фридман) в научном издании «Озёра Нижегородской области» (2001). Систематическая работа в области геоморфологии и гидробиологии озёр проводится Н.Г. Баяновым. Вопросы охраны озёр как уникальных экосистем разрабатываются в экоцентре «Дронт» (С.В. Бакка, Н.Ю. Киселёва и др.). Продолжаются исследования морфологических и гидрологических характеристик озёр на кафедре географии, географического и геоэкологического образования НГПУ им. К. Минина (А.Е. Асташин, М.М. Бадьин, А.А. Мазурин, А.В. Самойлов, К.В. Ершова, М.В. Бахирева, Д.Ф. Чебурков и др.).

В данной работе представлены результаты исследований, выполненных в

2012-2015 годах. За это время было изучено более 60 озёр. Исследования охватывают территории шести муниципальных районов Нижегородской области: Павловского, Вадского, Арзамасского, Воскресенского, Лысковского и Воротынского (карта 1).

Исходные методы и материалы. Кроме классических научных методов (анализ литературы, статистический, математический и другие) в ходе исследования были применены специальные методы: картографический, экспедиционный, палеогеографический, геоинформационный, анализ тематических карт и данных дистанционного зондирования Земли. Использована географическая литература, статистические данные, космические снимки, тематические и топографические карты, результаты комплексных полевых работ на территории исследуемых районов, данные администрации Нижегородской области и отдельных районов.

Методика проведения полевых работ. В зимнее время батиметрическая съёмка проводилась со льда озёр. Промер глубин производился с помощью лота. В летнее время измерительные работы на озёрах проводятся с лодки при помощи эхолота, совмещённого с навигатором. В тёплое время года в полевых условиях были изучены ландшафты озёрных районов. Благодаря сотрудничеству с нижегородскими дайверами удалось получить фото- и видеоматериалы, образцы воды и грунта со дна озёр, представляющих особый интерес.

Оборудование. В ходе проведения работ было использовано специальное оборудование: надувная лодка, эхолот, совмещённый с GPS-навигатором, дайвинг-компьютер, GPS-навигатор, аппаратно-программный комплекс: компьютер и ГИС-обеспечение (Quantum GIS 2.5, ArcWiew 3.2 и другие), а также авторские разработки (бур для отбора керна со дна озёр).

Публикации и апробации. По результатам исследования авторами подготовлены и опубликованы более 10 статей, в том числе в зарубежных изданиях.

Результаты исследований докладывались авторами на научно-практических конференциях в городах Нижний Новгород, Гомель (Беларусь) в 2010-2015 гг. Материалы исследования были использованы для подготовки курсовых, дипломных и научно-исследовательских работ, а также творческих проектов, представленных на Всероссийской студенческой олимпиаде по географии в г. Горно-Алтайске и занявших 1 место (2014 г.) и 2 место (2015 г.).

Результаты исследования.

Впервые выполнены комплексные географические исследования озёрных котловин и прилегающих территорий: гидрологические, палеогеографические, ландшафтные.

Впервые созданы авторские тематические карты Воротынского, Лысковского, Павловского районов (карты физические, гидрографической сети, растительности, особо охраняемых природных объектов, ландшафтные). С применением ГИС и графических редакторов оцифрован ряд тематических карт (карты дочетвертичных и четвертичных отложений, почвенные карты).

На основе материалов, полученных в ходе полевых работ, впервые созданы батиметрические карты и профили котловин изученных озёр. С помощью ГИС Quantum GIS, ArcWiew и других созданы 3D-модели ряда озёрных котловин.

В процессе исследования были сделаны научные открытия:

- открыто самое глубокое озеро Нижегородской области – оз. Шумское (36 м), которое находится в Воротынском районе;
- обнаружен и исследован самая большая подземная река, разгружающаяся в восточной части карстового озера Ключик (Павловский район). Глубина карстовой воронки с ворониной составляет 14 м, температура воды в воронке 7 °С, в воде зафиксировано высокое содержание сульфатов, расход воды составляет 2200 м³/с.

Впервые предложены или уточнены гипотезы происхождения котловин исследуемых озёр. Факторы, учитывавшиеся при выдвижении гипотезы генезиса котловины озера: геологическое строение и история развития вмещающего ландшафта; морфометрические характеристики озера; характер и динамика береговой линии (на основе сравнительно-географического анализа ряда топографических карт начиная с 1850 года); отбор проб донных отложений с целью их датировки и определения ландшафтных условий на различных этапах развития озера.

По результатам выполненных работ озёра территории Нижегородской области нами были объединены в несколько групп, и выдвинуты предположения о времени возникновения озёр и механизме их

формирования.

Старичные. Старичные озёра – остатки бывших русел рек. Равнинные реки, широко меандрируя по пойме, разделяются на рукава, после отделения которых от русла возникают старицы – старичные притоки, староречья, затоны и озёра.

Ландшафты, в пределах которых расположены озёра данной группы, охватывают, как правило, поверхность поймы и первой надпойменной террасы. Эти территории имеют наименьший возраст и испытывают или испытывали до недавнего времени большое влияние русловых процессов Волги и Оки. Озёра этой группы быстро деградируют вследствие активной эвтрофикации.

Нами были исследованы старичные озёра долины реки Волги: Макарьевское, Нюжминское, Хохолёвское, а также долины реки Оки: Искра, Кусторка, Лисёнковские озёра, Лебедяк. На основе морфометрических, физико-географических и ботанических характеристик озёр был сделан вывод, что они имеют старичное происхождение.

Майтужные. Майтужные озера (от слова «майтуга» – реликтовое русловое понижение, ныне часто заболоченное или занятое озером) представляют собой водоёмы, образованные в русловых врезках древних рек. Термин предложен Н.И. Николаевым (1935), затем использовался другими исследователями (Москвитин, 1958; Дедков, 1977); в Нижегородской области впервые применён нижегородским геологом Б.И. Фридманом.

К числу майтужных нами отнесены озёра: Окуни, Кривое, Милово, Чёрное, Озерошное, Кривое, Попово, Дерябино, Мантурово, Песочное, Большое и Малое Полюшкино, Малые Язы, Малый Культей, Рыжан.

В пользу майтужной гипотезы происхождения говорит положение объектов в полосе заболоченных понижений, вытянутая форма, небольшие глубины (до 4 м), изрезанная береговая линия и зарастающие растительностью берега с образованием славин. Кроме того, озёра Мал. Язы, Бол. и Мал. Полюшкино на карте 1905 г. показаны как единое озеро – Телюшкино, имеющее характерную вытянутую дугообразную конфигурацию.

К категории торфяно-просадочных озёр, относится оз. Невское в Воротынском районе. Котловина этого озера возникла, вероятно, при просадках торфа, возможно, вследствие выгорания торфа, либо частичного его разложения, либо уплотнения торфяной массы. Об этом свидетельствуют небольшие глубины озера (менее 2 м), близкая к правильной овальной форма котловины, мощные толщи ила на дне, положение озера в пределах обширной полосы низинных болот и высокая степень заболоченности берегов озера.

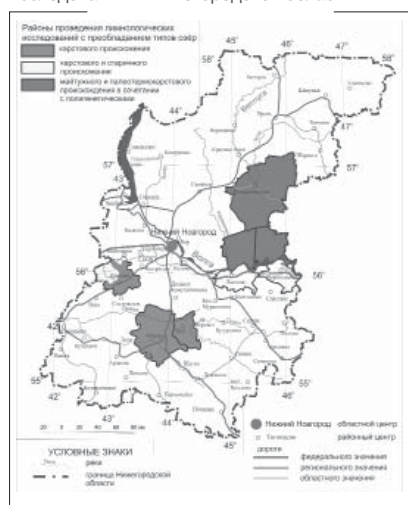
Палеотермокарстовые озёра расположены в пределах III и IV надпойменных террас долины р. Волга. Озёра этой группы имеют, вероятно, термокарстовое происхождение, образовавшись в раннем голоцене или на рубеже голоцена и плейстоцена в результате вытаивания бугров пучения, сформировавшихся во время оледенений позднего плейстоцена. К этой группе мы относим озёра Кузьмийяр, Рябиновское, Красное, Безрыбное, Шумское, Глубокое (Культейчик) (Воротынский район), Камское и Глубокое (Лысковский район) и ряд других озёр, самым известным из которых является оз. Светлояр.

Карстовые озера возникают в результате растворения карстующихся пород подземными водами и образования карстовых провалов. Котловины карстового типа отличаются значительными глубинами (10-20 м), воронкообразной формой, повышенной минерализацией воды.

Благодаря близкому залеганию карстующихся пород на территории Правобережья Нижегородской области расположено большое количество карстовых озёр: Тосканка (Ворсменское), Ключик, Святое Тумботинское, система Пустынских озёр и многие другие. Часто на дне карстовых озёр расположены воклюзы – выходы подземных карстовых вод. Так, на дне оз. Ключик расположен выход крупнейшей в Нижегородской области подземной реки, воды которой заполняют чашу озера и изливаются из него рекой Суринь. Эти воды насыщены сульфатами и имеют постоянную температуру 7°C. Глубина воклюсы, из которой поднимается вода, составляет 14 м, а расход воды – 2200 м³/с.

В процессе исследования озёр Нижегородской области мы выделили несколько озёрных районов с выраженной спецификой генезиса котловин (карта 1). В Левобережье Нижегородской области (Лысковский, Воротынский, Воскресенский районы) преобладают озёра майтужного, палеотермокарстового, старичного и торфяно-просадочного происхождения. В междуречье Волги и Оки (Павловский район) преобладают карстовые и старичные озёра. В Правобережье

Рис. 1 - Районы проведения лимнологических исследований в Нижегородской области



Нижегородской области (Арзамасский, Вадский, Вачский Павловский районы) расположены в основном карстовые озёра.

Многие из типичных и уникальных озёр Нижегородской области взяты под охрану в статусе памятников природы регионального и федерального значения или лежат в пределах заказников и природного парка. Озёра вовлечены в стихийную рекреацию, зачастую с нарушениями природоохранного режима – нарушаются запреты на проезд, стоянку и мытьё автомобилей, разведение костров, разбивку биваков и рубку деревьев.

Как правило, наибольшей популярностью у туристов пользуются озёра, расположенные недалеко от крупных населённых пунктов и имеющие хорошие подъездные пути. Наиболее популярны карстовые озёра, обладающие, к тому же, высокой эстетичностью пейзажей и прозрачной водой. Сдерживающим фактором для рекреантов является холодная вода в зоне выхода подводных родников. На втором месте – палеотермокарстовые озёра, также живописные, с высокими сухими берегами и чистой водой. Сдерживающий фактор – худшая, по сравнению с карстовыми озёрами, транспортная доступность, т.к. палеотермокарстовые озёра лежат на слабозаселённых надпойменных террасах долин рр. Волга и Ока. Майтужные и старичные озёра наименее популярны у рекреантов в силу заболоченности берегов, эвтрофикации и почти всегда илистого или торфяного дна. Торфяно-просадочные озёра рекреантами не используются. Наши исследования имеют практическое значение и позволяют создавать проекты в области рационального природопользования на территории выделенных районов по следующим направлениям: рекреационное использование озёр, природоохранная деятельность, рыбохозяйственное использование.

Теоретическое значение заключается в возможности использования материалов исследования образовательными учреждениями для организации учебной и научно-исследовательской деятельности студентов и школьников.

ДОКЛАДЧИК:

Жаровский Егор Романович
(Zharovskiy Egor Romanovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Филиал МГУ имени
М.В.Ломоносова в г.Севастополе
(Department of Lomonosov's
MSU in Sevastopol)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Жаровский Егор Романович
(Zharovskiy Egor Romanovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Прикладные аспекты применения георадиолокационных исследований на территории города Севастополя

Practical aspects of providing georadar's researches in sebastopol area

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Данная работа посвящена аспектам использования георадарного оборудования в г. Севастополе при исследованиях проблем в различных научных областях. Непосредственно в работе, рассматриваются наиболее актуальные сферы применения данного геофизического метода и подробно описана не только теоретическая основа для каждого конкретного объекта георадарных изысканий, но и обозначена практическая методика проведения подобного обследования с рекомендациями с целью достижения наиболее достоверного результата.

Ключевые слова: георадиолокационный комплекс, геопрофиль, геофизическая съемка, отраженный электромагнитный импульс, водоносные горизонты, антенный блок

Keywords: georadar's tools, geoprofile, geophysical pattern, electromagnetic impulse, water-layer horizons, aerial unit

Георадарное исследование (или георадиолокация) является геофизическим методом радиоволнового зондирования, основанным на анализе импульсов, отраженных от границ сред с различной диэлектрической проницаемостью. Одной из особенностей данной методики является неразрушающее обследование среды, позволяющее получить объемную картину с высокой степенью достоверности при анализе пространства для развертывания аппаратуры и может эффективно применяться в условиях тесной городской застройки с интенсивным движением, а также при наличии сильных помех со стороны объектов радио- и электромагнитного излучений, которые серьезно затрудняют использование других геофизических методов.

По состоянию на первое полугодие 2015 г. (январь-июнь 2015 г.) основными приоритетными направлениями, при работе по которым необходима георадиолокационная съемка в Севастополе являются:

1. Определение уровня грунтовых вод;
2. Измерение толщины и целостности дорожного покрытия;
3. Выявление карстовых образований, подземных выемок и суффозионных явлений;
4. Археологические изыскания при исследовании историко-культурного наследия Севастополя

Георадар способен успешно справиться с каждой из вышеперечисленных задач, предоставляя ценнейшие аналитические материалы для научных исследований и устранения возникающих проблем при интерпретации фактического материала.

Целью данного исследования является составление общих рекомендаций по использованию георадаров для решения актуальных геоэкологических, строительных и инженерных проблем, которые, вероятно, будут актуальными в грядущем 2015 году. Методика исследования приводится в качестве примера использования георадарного устройства при поиске французских невоскрытых захоронений времен Крымской войны 1853-1856 гг.

В данном исследовании георадарная съемка проводилась в два этапа: в период с 11.07.2013 г. по 20.07.2013 г. и 13.11.2013г. Конечной целью съемки являлось выявление невоскрытых захоронений на межкотлованном участке в створе корпусов № 1 и №2 по адресу: улица Правды, д.33, а также на придомовой территории на границе строительного участка и СТО «Риал-Авто». Исследования проводились при помощи георадарного комплекса ОКО-2, состоящего из антенного блока АБ-400 (излучатель+приемник), работающего на частоте 400 МГц и блока управления. В качестве регистрирующего устройства использовался ноутбук с предварительно установленным на него программным обеспечением GeoScan. Данная конфигурация позволила получить приемлемую разрешающую способность по вертикали (до 10 см) при заданной глубине зондирования (до 2 м). Необходимо отметить, что высокая чувствительность приемника антенны не позволила проводить исследования вблизи источников электромагнитного излучения: как активных (электрооборудование, кабели), так и пассивных (массивные металлические конструкции, фундаменты зданий). Исходя из

Рис. 1 - Георадарный комплекс «ОКО-2» с антенным блоком АБ-400



этого, работы проводились только на свободных от застройки участках территории.

Первой и наиболее важной проблемой в г. Севастополе является острая нехватка водных ресурсов, особенно питьевой воды, в результате истощения запасов воды Чернореченского водохранилища в декабре 2014 года. По состоянию на 01.03.14 г. экспертной комиссией подсчитано, что водопотребление жителей Севастополя составляет примерно 220-230 тыс. м³/сут. на различные нужды, при этом разведанные запасы подземных вод на территории города могут добавить дополнительные 90-110 тыс. м³/сут. чистой питьевой воды, что необходимо в условиях дефицита воды. Многолетние гидрогеологические исследования на территории Севастополя помогли выявить два наиболее водообильных участка. Первый из них – участок в устье р. Кача вблизи с. Орловка с возможными эксплуатационными запасами сарматского водоносного горизонта около 80 тыс. м³/сут. [3, с.182]. Второй участок находится в устье р.Бельбек около с. Любимовка с эксплуатационными запасами единого аллювиального (сарматского) водоносного горизонта приблизительно 16,6 тыс. м³/сут. Учитывая эти данные, следует провести георадиолокационную съемку в пойменных участках и вдоль русел рек Кача и Бельбек для нахождения водных ресурсов. Также следует обратить внимание на пойменные участки р. Черная, т.к. там тоже может быть скрыто некоторое количество запасов воды.

В то же время, следует учитывать несколько затрудняющих факторов, связанных с радиолокационной съемкой в гидрогеологических исследованиях. Во-первых, это высокая трудоемкость и достаточно длительное время проведения съемки из-за локального распространения подземных вод. Во-вторых, трудности, связанные с поисками предполагаемого места залегания подземных вод, т.к. они основаны, в основном, на теоретических расчетах, которые довольно часто не оправдываются на практике. В-третьих, рельеф местности также может помешать точности проводимых измерений, хотя сейчас разработаны модели приемных антенн, которые слабо чувствительны к сильной шероховатости в полевых условиях при движении георадара на неровной поверхности.

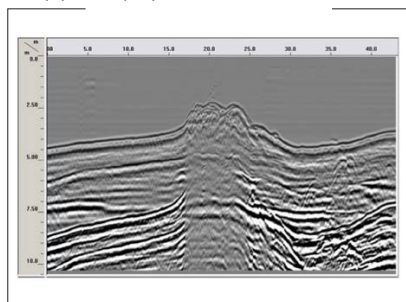
Не менее важную и значительную роль георадар играет в археологических исследованиях. Его область применения в данном направлении деятельности фактически безгранична и устройство становится универсальным. Эффективность георадарного исследования при проведении археологических исследований во много раз превышает по качеству и достоверности эффективность традиционно используемых при проведении раскопок методов.

Георадарная съемка помогает выявлять древние и современные антропогенные и природные структуры, разрабатывать маршруты разведок для проверки полученных сведений и новые площади для раскопок. При проведении георадарной съемки отпадает необходимость проведения разрушающих методов изучения обследуемого пласта грунтов, во много раз снижается риск разрушения древних памятников и реликвий. Кроме того, георадарная разведка довольно экономична по времени. При этом, можно выделить не только контуры поселенческих структур, но и границы некрополей, очертания отдельных построек, ям, могил, колодцев, перекопов, установить разницу и глубину залегания культурного слоя или материкового грунта, следы древнего аграрного размежевания, дренажных и ирригационных каналов, близость грунтовых вод.

Важным моментом при проведении археологических раскопок является также и то, что георадарная съемка позволяет проводить исследование через почвенные горизонты со значительным содержанием грунтовых вод, а также с поверхностями, покрытыми снегом или льдом. В рамках проведения исследования клер Херсонеса при помощи георадара можно обнаружить множество артефактов, которые были недоступны при раскопках, т.к. георадар способен посылать импульс на глубину до 30 метров. Однако при работе с любой моделью георадарных устройств требуется помнить, что чем больше глубина измерения, тем ниже разрешающая способность георадара, и наоборот. Так, большинство антенных блоков георадара ОКО-2 (например, АБДЛ-Тритон; АБ-250) при измерениях на глубине 1 м имеют среднюю разрешающую способность в 0,02-0,03 м, а на глубине измерений около 20 м - разрешающая способность уже падает до 1,8-2 м, что уже является очень плохим показателем, вследствие чего измерения имеют малую точность и достоверность [2,с.101].

Важнейшей проблемой Севастополя является проверка качества дорожных полотен, которые напрямую связаны с геолого-гидрогеологическими

Рис. 2 - Пример геопрофиля в рабочем интерфейсе программы GeoScan



условиями местности и транспортной нагрузкой на саму дорогу. Основные разрушения автомобильных дорог вызываются недостаточным знанием геологического строения и поведения грунтовых вод на участке проектирования. Ошибки, допущенные из-за неправильной оценки грунтово-гидрогеологических условий, очень дорого обходятся дорожникам, и их устранением приходится заниматься ежегодно. Наиболее распространенными методами ремонта автомобильных дорог являются расчистка водоотводных канав и усиление дорожных одежд – очень дорогостоящие мероприятия, которые дают результат на срок не более 2-3 лет. В новом покрытии появляются старые дефекты, т.к. причина образования просадок и трещин была не выявлена.

Проведение георадарного обследования на дорожном покрытии позволяет провести комплексную оценку и определить:

- 1) толщину конструктивных слоев дорожных одежд;
- 2) типы, влажность и плотность грунтов земляного полотна и подстилающего основания;
- 3) положение уровня грунтовых вод;
- 4) положением кривой скольжения на оползневых участках;

Таким образом, георадиолокационная съемка является одним из наиболее перспективных геофизических методов исследования глубинной структуры подповерхностных слоев земной поверхности, т.к. технические модули георадара непрерывно совершенствуются (Например, электромагнитный импульс недавно разработанной модели георадара «Грот-12» способен проникать на глубину уже до 100 метров!), а потребность изучения природных и искусственно созданных твердых сред только расширяет сферу применения данного устройства [1,с.19]. Своевременное использование георадара оказывает исключительно положительный социально-экономический эффект, т.к. не просто экономит денежные средства бюджета города, но и буквально спасает личное имущество и жизни жителей Севастополя, предоставляя ценнейшие данные о негативных природных и антропогенных процессах и явлениях. Кроме того, будущее за георадиолокацией при проведении археологических раскопок в клерах Херсонеса Таврического, т.к. этот метод не нарушает некоторые побочные культурные слои, которые также могут содержать важную информацию об античном городище.

Список используемых источников

1. Гринев А.Ю. Вопросы подповерхностной радиолокации. – 2005. – 415 с.
2. Изюмов С.В., Дручинин С.В., Вознесенский А.С. Теория и методы георадиолокации. – 2008. – 196 с.
3. Сидоренко А.В. Гидрогеология СССР. – 1971. – Т. VIII. – 364 с.

ДОКЛАДЧИК:

Землянская Ольга Андреевна
(Olga A. Zemlyanskaya)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Волгоградский государственный
аграрный университет
(Volgograd State Agrarian University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Землянская Ольга Андреевна
(Olga A. Zemlyanskaya)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование эффективности применения минеральных адсорбентов (клиноптилолитов) для очистки сточных вод с целью их использования при поливе сельскохозяйственных культур волгоградской области
Research of efficiency of mineral adsorbents for sewage treatment with a view to their use in crop irrigation volgograd region

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

На основании предварительных исследований в практику проектирования и строительства будет внедрена принципиально новая технология очистки животноводческих сточных вод, отличительной особенностью которой является сорбционное удаление аммонийного азота и поглощение ионов тяжелых металлов, а также получение азотосодержащих минеральных удобрений, которые имеют огромное значение для сельскохозяйственного комплекса. Данная технология дает возможность замещения импортной продукции на более качественный очистной материал отечественного происхождения.

Annotation

Based on preliminary research into the practice of design and construction will be implemented principally new technology of livestock wastewater treatment, the distinguishing feature of which is the removal of ammonia nitrogen sorption and TDG polishing of heavy metal ions, as well as obtaining nitrogen fertilizers, which are of great importance for the agricultural sector. This technology enables the replacement of imported product to a higher quality cleaning material of domestic origin.

Ключевые слова: минеральный адсорбент; цеолит; очистка; сточные воды; импортозамещение; сельское хозяйство

Keywords: mineral adsorbent; zeolite; cleaning; waste water; import substitution; agriculture

Проблема утилизации осадков сточных вод стоит во всем мире достаточно остро. Из существующих способов утилизации основными являются сжигание, захоронение и использование их в качестве удобрения.

Анализ результатов исследований, выполненных в нашей стране и за рубежом, показал, что большинство технологических схем очистки сточных вод основано на применении способа биологической очистки в аэротенках, которой, однако, не обеспечивает требуемую эффективность удаления загрязнений.

Одной из причин недостаточной эффективности биологической очистки является неудовлетворительное предварительное осветление сточных вод. Применяемые в настоящее время аппараты для разделения сточных вод на фракции позволяют удалить не более 40-60% грубодисперсных примесей. Большей эффективностью (75-90%) обладают отстойники различных конструкций, однако даже в этом случае в аэротенки поступают сточные воды с содержанием взвешенных веществ 0,6-3 г/л.

В нашем проекте предлагается технология очистки животноводческих сточных вод (на примере свиноводческих), так как они занимают особое место среди всех категорий сточных вод. Эти воды с одной стороны характеризуются высокими концентрациями загрязнений, наличием большого количества патогенных микроорганизмов, и поэтому представляют собой серьезную опасность для окружающей природной среды. С другой стороны имеют высокую агрономическую ценность, так как в них содержится большое количество органических веществ и биогенных элементов. Таким образом, в среднем в 1 м³ стоков содержится – 0,73 кг азота, 0,3 кг фосфора, 0,36 кг калия, которые могут быть извлечены из стоков и возвращены в народное хозяйство страны.

Также еще одной важной причиной недостаточной эффективности биологической очистки является наличие в сточных водах свиноводческих комплексов высоких концентраций аммонийного азота (400-1000 мг/л), а также неблагоприятное для нормальной жизнедеятельности активного ила соотношение концентраций в сточных водах органических веществ и биогенных элементов, оказывающие отрицательное воздействие на ход биохимических процессов в аэротенках. Применение традиционных методов удаления аммонийного азота из сточных вод свиноводческих комплексов связано со значительными трудностями и приводит к безвозвратным потерям аммонийного азота.

Таким образом, были поставлены задачи исследования, такие как научное обоснование применения минеральных адсорбентов для очистки сточных вод; определение основных закономерностей оптимальных условий и эффективности процесса очистки сточных вод; испытание установки для очистки животноводческих стоков в производственных условиях. Главная задача проекта заключается в разработке безотходной технологии по утилизации животноводческих сточных вод.

Данная технология имеет очень широкий спектр коммерциализации с учетом возможного применения в любой отрасли народного хозяйства. Однако, особенное внимание было уделено использованию данной технологии в сельском хозяйстве с сорбционным методом очистки животноводческих стоков с последующей утилизацией при выращивании технических культур, а также переработка осадка на получение минеральных азотных удобрений.

На территории Волгоградской области находится около 30 месторождений цеолитов. Волгоградские ЦСП (цеолитсодержащие породы) характеризуются более высокой адсорбционной способностью по парам воды и обменной емкостью по сравнению с осадочными ЦСП других месторождений Европейской части России. Также можно отметить их высокую механическую прочность и водостойкость, что, несомненно, является важным фактором для использования цеолита в качестве фильтрующего материала при очистке сточных вод.

На минеральный адсорбент (клиноптилолит марки М-4) Волгоградского происхождения были получены из 2-х ведущих НИИ в РФ (Геологнеруд – г.Казань и г.Москва) более 10 сертифицированных заключений и рекомендации о возможности использования их в качестве водоочистки как природных, так и сточных вод.

Применение технологии позволит обеспечить степень удаления загрязнений, соответствующую полной биологической очистке сточных вод и требованием к их сбросу в естественные водоёмы, а также максимальное извлечение и утилизацию в качестве удобрения органических веществ, аммонийного азота и фосфатов, содержащихся в сточных водах, избыточного активного ила и вводимых в сточные воды реагентов. Одновременно с этим уменьшается объем аэротенков, снижается расход воздуха на аэрацию сточных вод, уменьшается прирост активного ила, создаются условия для эффективного механического обезвоживания осадка. Применение технологии позволит значительно снизить затраты на очистку сточных вод.

В технологию включен процесс компостирования – биотермического разложения органических веществ ОСВ, осуществляемый под действием аэробных микроорганизмов с целью обеззараживания, снижения влажности, стабилизации и подготовки осадков к утилизации в качестве удобрения. Аэробный процесс сопровождается выделением теплоты с саморазогреванием компостируемой массы и испарением влаги.

Компостирование, с одной стороны, позволяет получить ценный продукт, а с другой – является процессом обработки, делающим осадки хозяйственно-бытовых и близких по составу производственных сточных вод безопасными для окружающей среды. При использовании осадков сточных вод и компостов на их основе, в качестве удобрения или почвогрунтов в почвах увеличивается содержание органического вещества, азота, фосфора, других макро- и микроэлементов. Под действием осадков, как правило, снижается кислотность почв, увеличивается их влагоёмкость, что особенно важно для почв легкого гранулометрического состава. Улучшаются тепловой, водный и воздушный режимы почв, возрастает их биологическая активность. Однако повышенное содержание тяжелых металлов в ОСВ (осадках сточных вод) вызывает необходимость проведения постоянного мониторинга и расчета допустимых доз внесения, а также с точки зрения содержания биогенных элементов, потенциально токсичных веществ.

В ходе исследования, была разработана установка по реализации проекта, которая планируется к экспериментальному испытанию на свиноводческом комплексе ОАО «Краснодонское» в Иловлинском районе.

Конкурентами установки на рынке являются установки СЕПТИКИ ЕВРОБИОН-5, ТОПАС-5, ЮНИЛОС-5, ТВЕРЬ-1, БИОТАЛ-1. При сравнении технических характеристик, можно выявить, что они примерно одинаковые, за исключением того, что приведенные установки запроектированы исключительно для коттеджей (частного сектора) в них отсутствует функция непрерывной циркуляции потока. В предлагаемой установке участвует не только процесс двойного окисления кислородом, но и работа уникального сорбционного материала, эффективность которого уже научно доказана.

Также, можно отметить, что капитальные вложения во все установки данного типа примерно одинаковые, за исключением энергозатрат и соответственно стоимость очистки 1 м³ стоков в нашей установке меньше, чем в других установках, уступая только системе ЮНИЛОС-5.

Целевой аудиторией разработки являются предприятия агробизнеса (Иловлинский район КХК ОАО «Краснодонское», Фроловский район ООО «Донагрогаз», Котельниковский район ООО «Агро-Холдинг «Нагавский», Урюпинский район ЗАО «8 Марта», Михайловский район ООО «Племенное хозяйство», Городищенский район ООО «ТопАгро» Волгоградской области) для которых предусмотрена услуга – консалтинговое сопровождение проекта.

Объём целевого рынка в Волгоградской области: не менее 30 ед. очистных установок, что в денежном эквиваленте составит около 4 млн. руб. Объём потенциального рынка в Волгоградской области: по экспертным оценкам на порядок выше целевого и соответствует ≈ 30 млн. руб.

Экономическая эффективность установки для очистки животноводческих стоков в производственных условиях не поддается сомнению, средний срок окупаемости составляет до 2 лет.

Практическая значимость работы состоит в том, что на основании выполненных исследований в практику проектирования и строительства будет внедрена принципиально новая технология очистки сточных вод свиноводческих комплексов, отличительной особенностью которой является сорбционное удаление аммонийного азота.

Применение технологии позволит обеспечить:

- полную биологическую очистку сточных вод;
- нормативные требования к сбросу в естественные водоёмы;
- максимальное извлечение и утилизацию в качестве удобрения органических веществ, аммонийного азота и фосфатов, а также избыточного активного ила;
- снижение количества и объемов аэротенков;
- снижение расхода воздуха на аэрацию сточных вод;
- уменьшается прирост активного ила, создаются условия для эффективного механического обезвоживания осадка;
- применение технологии позволит значительно снизить затраты на очистку сточных вод.

Список литературы

1. Абузяров, Р.Х. Агроминеральные ресурсы Татарстана и перспективы их использования [книга]: Р.Х. Абузяров, Ф.Г. Ахметов, А.И. Буров и др. изд. «Фен» Казань-2002.-272 с.
2. Буров, А.И. Цеолитсодержащие породы Татарстана и их применение [книга]: А.И. Буров, А.Н. Тюрин, А.В. Якимов и др.- изд. «Фен» Казань-2001.-176 с.
3. Буров, А.И. Сырьевая база природных цеолитов России// Природные цеолиты России. Т.1. – Новосибирск, 1992.-С.11-14.
4. Якубов, В.В. Электронный учебник «Улучшение качества природных вод» Свидетельство регистрации ЭУ №18382 от 07.06.2012 Государственная Академия Наук РАО.
5. Якубов, В.В. Установка реагентно-каталитического обезжелезивания воды / В.В. Якубов, М.П. Мещеряков // Патент № 132792 (RU). U1.МПК C02F 1/64, 11-64 (2006.01). Оpubл. 27.09.2013 Бюл. № 27.
6. Якубов, В.В. Технология комплексной очистки поливной воды при ресурсосберегающих способах полива сельскохозяйственных культур / В.В. Якубов, М.П. Мещеряков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2012. - 2. - С. 211-215.

ДОКЛАДЧИК:

Карасева Маргарита
Дмитриевна
(Karaseva Margarita Dmitrievna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный
исследовательский ядерный
университет «МИФИ»
(National Research Nuclear
University MEPhI)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Карасева Маргарита Дмитриевна
(Karaseva Margarita Dmitrievna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка оптимальной технологической схемы извлечения гелия из природного газа на основе мембранной технологии

The development of optimal technological scheme of helium extraction from natural gas, based on membrane technology

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Рассмотрены проблемы выбора селективности мембраны для извлечения гелия из природного газа. В качестве газоразделительной системы используется двухступенчатый мембранный газоразделительный каскад, в котором в качестве второй ступени применяется рециркуляционная схема.

Annotation

Choice issue of membrane selectivity for helium extraction from natural gas was introduced. Two-stage membrane gas-separation circuit is used as gas-separation system, where recycle circuit is applied as the second stage.

Ключевые слова: природный газ; гелий; мембранные схемы; селективность мембран; рециркуляционные потоки.

Keywords: Natural gas; Helium; membrane circuit; Membrane selectivity; recycle flows.

Введение

Потребление гелия растет вместе с развитием технологий и составляет свыше 175 млн м³/год (н.у) [1,2]. Единственным источником гелия является природный газ. Чтобы избежать потерь гелия (рассеивания гелия в атмосфере при сжигании природного газа) необходимо решать задачу извлечения гелия из природного газа, даже в случаях, когда получение товарного гелия нерентабельно.

Задачу извлечения гелия из природного газа можно решить с использованием двухступенчатого мембранного каскада, с рециркуляционной схемой в качестве второй ступени [3], представленной на рис.1. Данная схема имеет ряд преимуществ. Во-первых, вторая ступень позволяет достигать высоких значений степени извлечения метана, во-вторых, рециркуляционный поток увеличивает долю метана в потоке ретентата R первой ступени. (Отличительной чертой выбранной схемы является наличие двух рециклов, образуемых потоками Ar и Br.) Кроме этого, следует отметить, что подобная газоразделительная схема применяется для задач очистки природного газа от сероводорода и углекислого газов [4].

Продуктовый поток, обогащенный гелием P, сжимается компрессором K2 для подачи гелиевого концентрата в подземное хранилище газа (ПГХ). Такой способ применяется, когда получение товарного гелия нерентабельно.

Постановка задачи

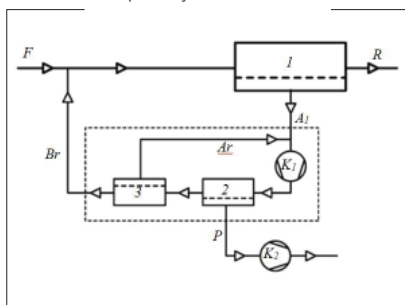
В данной работе проводится анализ влияния селективности мембраны на эффективность процесса извлечения гелия из природного газа при повышенном давлении с помощью двухступенчатого каскада, схема которого представлена на рисунке 1. Под селективностью мембраны понимается отношение проницаемостей компонентов газа:

$$\alpha = \frac{\pi_{He}}{\pi_{CH_4}} \quad (1)$$

Извлечение гелия проводят после очистки и комплексной подготовки природного газа к транспортировке. Очищенный от механических примесей и тяжелых углеводородов (C₂H₆, C₃H₈, C₄H₁₀) природный газ под технологическим давлением подается на вход в двухступенчатый каскад с рециркуляционным делителем в качестве второй ступени. В рамках данной работы природный газ принимается за бинарную смесь метана и гелия, так как проницаемость гомологов метана примерно равна проницаемости метана, а проницаемость гелия примерно равна проницаемости углекислого газа и водорода, содержанием которых мы будем пренебрегать.

Для теоретического анализа эффективности работы каскада в качестве исходных параметров заданы концентрация гелия в потоке питания CF(He)=0.5% и поток ретентата первой ступени R=1000 н.м³/ч. При расчетах варьировались значение селективности мембран. Концентрация гелия в потоке ретентата CR(He), в диапазоне от 0.01 до 0.05%. Высокое давление на мембране принято близким к давлению в газотранспортной системе 80 бар, низкое давление принималось равным 1 бар. Концентрация гелия в потоке Br равна концентрации гелия в потоке питания каскада и составляет

Рис. 1 - Двухступенчатый каскад с рециркуляционным делителем в качестве второй ступени



$CF(He)=CBr(He)=0.5\%$.

Методика, по которой проводились расчеты, описана в работах [5] и основана на решении уравнений переноса для двухкомпонентной газовой смеси с итерациями по граничным условиям:

В ходе расчетов пренебрегалось вкладом продольной диффузии молекул (приближение идеального вытеснения) и влиянием падением давления в каналах мембранного модуля. Считалось, что течение в полости высокого давления изотермическое и одномерное, а проницаемости мембран постоянны.

Критерием оптимизации являются приведенные суммарные энергозатраты, которые складываются исходя из энергозатрат компрессоров K1 и K2 и потерь метана в энергетических единицах. Энергозатраты компрессоров рассчитываются исходя из работы изотермического сжатия газа:

$$W_1 = (A_1 + A_r) \frac{RT \ln(P_h / P_l)}{\eta_r}, \quad (2)$$

$$W_2 = P \frac{RT \ln(P_h / P_l)}{\eta_r}, \quad (3)$$

где A_1 – поток пермеата первой ступени, A_r – рециркуляционный поток второй ступени, сумма этих потоков $A_1 + A_r$ – подвергается компримированной компрессором K1, R – универсальная газовая постоянная, T – температура, равная 298°K, P_h/P_l – отношение высокого давления к низкому (в данной работе это отношение равно 80), η_r – изотермический коэффициент полезного действия компрессора, P – поток пермеата двухступенчатого каскада.

Методика анализа энергоэффективности каскада учитывает потери метана в энергетических единицах. Под потерями метана в энергетических единицах нужно понимать энергию, которую можно получить при сжигании метана, содержащегося в потоке P , в газовой турбине:

$$W_p = P * C_p * \eta_{гт} * Q, \quad (4)$$

где C_p – концентрация метана в потоке пермеата P , $\eta_{гт}$ – коэффициент полезного действия газовой турбины, Q – теплота сгорания метана.

Приведенные суммарные энергозатраты рассчитываются по формуле:

$$E = (W_1 + W_2 + W_p) / R. \quad (5)$$

Результаты и обсуждение

На рисунке 2а показана зависимость приведенных суммарных энергозатрат от степени извлечения метана в потоке ретентата B_r второй ступени, при фиксированном селективности мембраны 120. Степень извлечения метана рассчитывалась по формуле:

$$\varphi(CH_4) = \frac{B_r C_{B_r}}{A_1 C_{A_1}} * 100\%. \quad (6)$$

где B_r – рециркуляционный поток ретентата второй ступени, C_{B_r} – концентрация метана в потоке B_r , A_1 – поток пермеата первой ступени, C_{A_1} – концентрация метана в потоке A_1 .

Из рисунка 2а видно, что приведенные суммарные энергозатраты имеют минимум, это объясняется тем, что энергозатраты на работу компрессора K1 растут при увеличении степени извлечения, а энергозатраты компрессора K2 и потери метана (в энергетических единицах) уменьшаются. Снижение концентрации гелия в потоке ретентата первой ступени приводит к росту приведенных суммарных энергозатрат, это вызвано ростом рециркуляционного потока A_r , ростом потока пермеата и концентрацией метана в нем.

На рисунке 2б представлена зависимость степени извлечения гелия от степени извлечения метана для разных значений концентрации гелия в потоке ретентата R.

Степень извлечения гелия рассчитана по формуле:

$$\varphi(He) = \frac{PC_p}{FC_F} * 100\%. \quad (7)$$

При малых значениях концентрации гелия в потоке ретентата R первой ступени степень извлечения гелия из природного газа возрастает. Уменьшение концентрации гелия в потоке ретентата от 0.05% до 0.01% позволяет получить увеличить степень извлечения гелия на 5%. Однако при этом энергозатраты возрастают почти в два раза (рис.2а.). Рост приведенных суммарных энергозатрат можно уменьшить путем применения более высокоселективных мембран. При этом надо учитывать,

Рис. 2 - а) Зависимость приведенных суммарных энергозатрат от степени извлечения метана; б) Зависимость степени извлечения гелия от степени извлечения метана

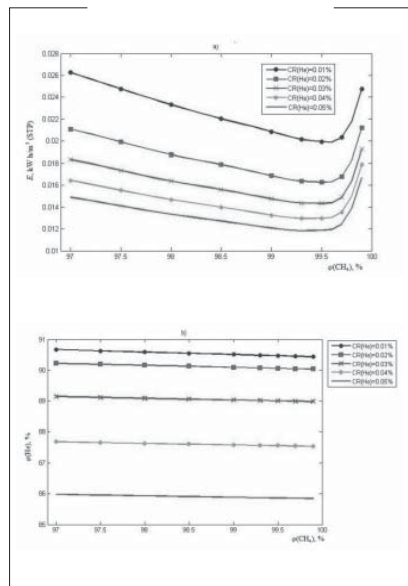
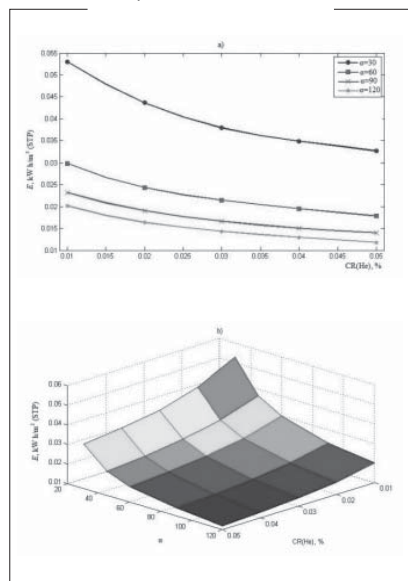


Рис. 3 - а) Зависимость приведенных суммарных энергозатрат от концентрации гелия в потоке R; б) Зависимость приведенных суммарных энергозатрат от селективности мембраны и концентрации гелия в потоке ретентата R



что влияние селективности на процесс резко уменьшается, когда величина селективности становится близкой к отношению давления на мембране (рис.3а.).

Зависимость приведенных суммарных энергозатрат от концентрации гелия в потоке ретентата R первой ступени приведена на рисунке 3а для различных значений селективности мембраны. Зависимость построена при фиксированных значениях перепада давления на мембране и степени извлечения метана.

Для наглядности на рисунке 3б представлена зависимость приведенных суммарных энергозатрат от селективности мембраны и концентрации гелия в потоке ретентата R.

Из рисунков 3а и 3б видно, что при увеличении селективности мембраны и концентрации гелия в потоке ретентата первой ступени R энергозатраты нелинейно уменьшаются. Отметим, что с уменьшением концентрации гелия в потоке ретентата и селективности мембраны энергозатраты увеличиваются.

Заключение

В настоящей работе рассмотрен двухступенчатый мембранный газоразделительный каскад, в котором в качестве второй ступени применяется рециркуляционная схема. Проведен анализ влияния селективности мембраны на энергоэффективность процесса извлечения гелия из природного газа при различных значениях концентрации гелия в потоке ретентата. Показано, что уменьшение концентрации гелия в потоке ретентата приводит к росту значительному росту энергозатрат при относительно небольшом увеличении степени извлечения гелия. Рост приведенных суммарных энергозатрат можно уменьшить путем применения более высокоселективных мембран. При этом надо учитывать, что влияние селективности на процесс резко уменьшается, когда величина селективности становится близкой к отношению давления на мембране.

Список использованной литературы

1. Молчанов С.А., Иванов С.И. // Наука и Техника в газовой промышленности. 2011. № 2(46). С. 13.
2. Гафаров Н.А., Кисленко Н.Н., Семиколонов Т.Г., Булавинов С.Л., Соболев А.Н. // Наука и Техника в газовой промышленности. 2011. № 2(46). С. 34.
3. Н.И. Лагунцов, И.М. Курчатов, М.Д. Карасева, В.И. Соломахин // Мембраны и мембранные технологии, 2014, том 4, №4. С.272-279
4. Пат. 2012050816 США C10G31/09, B01D61/58 Two-stage process for purifying a gas / Tom Cnop, Shain-Jer Doong, David Farr, George K. Xomeritakis – опубл. 14.06.2012.
5. Лагунцов Н.И., Таланцева Е.В., Тепляков В.В. // Теор. основы хим. технол. 1997. Т.31 №5 С.510.

ДОКЛАДЧИК:

Климакина Анна Валерьевна
(Klimakina Anna Valeryevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Федеральное государственное
автономное образовательное
учреждение высшего
образования «Российский
университет дружбы
народов» (РУДН)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Климакина Анна Валерьевна
(Klimakina Anna Valerveyvna)

Астапкович Матвей Павлович
(Astapkovich Matvey Pavlovich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Технология «Процесс Палиндрогенезис» позволяет использовать твёрдые коммунальные и строительные отходы в качестве заполнителя при производстве бетонных блоков. Однако вопрос о безопасности такого материала для окружающей среды и человека до сих пор в России изучен не был. В данной работе был проанализирован химический состав бетонного блока, изучено газовыделение в условиях климатической камеры, проведены микробиологические исследования.

Ключевые слова: ресурсосбережение; отходы производства и потребления; строительные материалы; экологическая безопасность; экобетон

Проблема утилизации отходов производства и потребления является одной из самых актуальных проблем природопользования. Основным преимуществом технологии «Процесс Палиндженезис» является снижение потребности в первичных ресурсах. Однако вопросы экологической безопасности эcobетона изучены недостаточно. Разнородность и широкий спектр химических веществ, входящих в состав ТБО, потенциально опасны для живых организмов.

Поэтому нами была поставлена цель: оценить экологическую безопасность эcobетона, при производстве которого используются отходы производства и потребления.

Задачу

- изучить технологию производства экобетона;
- проанализировать химический состав образца бетона;
- проанализировать образец бетона на газовыделение и, в случае обнаружения повышенных концентраций загрязняющих веществ рассчитать риск для здоровья;
- проанализировать микробиологический состав образца бетона отдельно от фракций измельченных отходов до и после химической обработки.

1. Анализ химического состава бетонного блока

Анализ химического состава образца бетонного блока на содержание приоритетных загрязнителей окружающей среды проводился методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии.

Посредством проведения химического анализа образца было установлено содержание в бетонном блоке 30 приоритетных показателей.

Результаты химического анализа образца бетонного блока

На рис. 1 показано, что исследуемые вещества присутствуют в основном в нетоксичных концентрациях. Пики соответствуют SiO₂ и CaO соответственно, что объясняется присутствием строительных отходов в смеси и не представляет угрозы для окружающей среды. Вывод. В результате анализа полученных результатов можно сделать вывод: определяемые компоненты не представлены в токсичных концентрациях, соответственно подготовленная масса отходов (3 т отходов в час) была хорошо перемешана до однородного состояния (гомогенизирована) и не является источником химического загрязнения.

2. Анализ бетонного блока на газовыделение

Исследование образца бетонного блока на газовыделение проводилось с использованием климатической камеры с последующим химическим анализом воздушной смеси. Лабораторное испытание исследуемого образца было проведено при следующих условиях: выдержка образца в климатической камере - 72 часа; объем камеры - 250 дм³, площадь образца - 2130 см², температура 40°С, влажность - 45%, воздухообмен - 1. Условия испытаний осознанно выбирались как наиболее сложные. После выдержки в климатической камере с помощью электроасpirатора были отобраны пробы воздуха и проанализированы на содержание летучих органических соединений. Химический анализ пробы воздуха проводился методами спектрофотометрии и газовой хроматографии.

Результаты количественного химического анализа образца бетонного блока

Рис. 1 - Сравнение значений показателей бетона и значений ПДК/ОДК или фоновых концентраций для почв

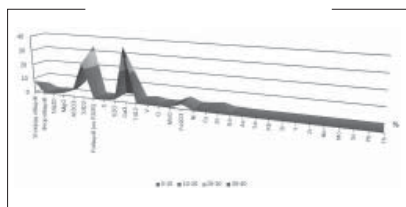


Таблица 1 – Результаты количественного химического анализа

Результаты исследований показали, что содержание фенола, формальдегида, ацетона, бензола, вопреки ожиданиям, не превышает допустимых уровней по нормативным документам. А выделение аммиака превышает значение, установленное в Руководстве по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89, в 13 раз и составляет 0,53 мг/м³.

N п/п	Определяемые показатели	Результаты исследований, мг/м ³	Величина допустимого уровня, мг/м ³	НД на методы исследований
1	фенол	<0,001	0,003	МУК 4.1.598-96
2	формальдегид	<0,01	0,01	РД 52.04.186-89
3	аммиак	0,533	0,04	РД 52.04.186-89
4	ацетон	0,084±0,021	0,35	МУК 4.1.598-96
5	бензол	<0,05	0,1	МУК 4.1.598-96

Вывод.

В ходе проведенного количественного химического анализа на газовыделение было установлено, что основным неспецифическим фактором риска является аммиак. Эмиссия аммиака характерна для всех бетонов и связана, преимущественно, с использованием добавок-модификаторов и интенсификаторов помола цемента и других составляющих бетона. Можно предположить, что превышение ПДК в эcobетоне может быть связано с низкокачественными добавками, а не с использованием заполнителя из ТБО. Тем не менее, для уточнения воздействия эмиссии аммиака на здоровье человека был произведен расчёт риска для здоровья от присутствия аммиака в воздухе при острых и хронических ингаляционных воздействиях.

Оценка риска возникновения неканцерогенных эффектов (неканцерогенного риска) от аммиака в воздухе для здоровья населения при острых и хронических ингаляционных воздействиях.

Для оценки риска возникновения неканцерогенных эффектов от аммиака в воздухе для здоровья населения были рассчитаны коэффициенты опасности при острых и хронических ингаляционных воздействиях.

Полученные коэффициенты опасности $HQ = 1,52$ (для острого воздействия) и 5,1 (для хронического воздействия), свидетельствуют о потенциальном риске для здоровья населения при поступлении аммиака в организм.

Вывод. Выделение аммиака из бетонных конструкций происходит из-за наличия в них азотсодержащих примесей, которые попадают в бетон вместе с сырьевыми компонентами. Поэтому полученные результаты не указывают на эcobетон как на специфический источник аммиака.

3. Микробиологический анализ отходов до обработки и после, смывов с поверхности и на разломе

С целью оценки микробиологической опасности содержания различных микроорганизмов, включая условно-патогенные микроорганизмы и грибы в бытовых отходах, на поверхности и на разломе изготовленных из них строительных материалов, было проведено микробиологическое (бактериологическое) исследование четырех образцов: измельченных отходов до и после обработки, смывов с поверхностей и разлома бетона.

Микробиологический анализ производили путём:

- 1) посева ТБО в жидкие питательные среды или на чашки Петри с питательным агаром;
- 2) посева смывов с поверхностей строительных материалов, сделанных с использованием стерильных тампонов, смоченных в стерильном физиологическом растворе, на чашки Петри с различными питательными средами.

Анализ количественного содержания микроорганизмов в исследуемых пробах

Анализ количественного содержания микроорганизмов в исследуемых пробах показал, что:

- в ТБО до обработки их содержание варьирует от $2,2 \cdot 10^5$ до $1,4 \cdot 10^6$ КОЕ/г образца;
- в ТБО после обработки содержание микроорганизмов заметно снизилось - от $3,1 \cdot 10^2$ до $2,5 \cdot 10^3$ КОЕ/г образца;
- на поверхности бетона - рост отдельных колоний бактерий (7 КОЕ/г образца) и отдельных колоний грибов (4 КОЕ/г образца);
- на поверхности разлома бетона - рост отдельных колоний бактерий (3 КОЕ/г образца) и отдельных колоний грибов (2 КОЕ/г образца).

Вывод. В ходе проведенного микробиологического исследования

содержания микроорганизмов в твердых бытовых отходах (ТБО) до и после обработки, на поверхности, а также на разломе изготовленных из них строительных материалов было доказано, что обработка бытовых отходов приводит к значительному снижению содержания в них микроорганизмов. Следовательно, изготовленные из обработанных бытовых отходов строительные материалы (экобетон) не являются источником микробиологической опасности.

ВЫВОДЫ

В соответствии с целью данной работы была проведена оценка экологической безопасности строительных материалов, содержащих отходы производства и потребления (на примере экобетона) и сделаны следующие выводы:

1. Технология производства экобетона позволяет экономить природные ресурсы, сокращать площади, отводимые под полигоны ТКО и получать продукцию, не представляющую опасности для окружающей среды.
2. В исследуемом образце не содержатся химические вещества в токсичных концентрациях.
3. В экстремальных условиях из экобетона наблюдается эмиссия аммиака, в концентрациях, превышающих допустимые в 13 раз. Неканцерогенный риск для здоровья в этом случае оценивается как «средний». Выделения летучих соединений фенола, формальдегида, ацетона и бензола зафиксировано не было.
4. Экобетон не является источником микробиологической опасности. На поверхностях и в разломе материала присутствует только сапрофитная микрофлора.

В целом, производство бетонных блоков по ресурсосберегающей технологии «Процесс Палинженезис» мы оцениваем, как перспективное.

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Совершенствование бетонной матрицы. В частности, это возможно за счет разработанной в Московском институте материаловедения и эффективных технологий (Московский ИМЭТ) технологии нанокапсуляции цемента, представляющей собой процесс покрытия цементных зерен в процессе механохимической активации сплошной оболочкой – капсулой толщиной в несколько десятков нм модифицированного полимерного соединения, придающего радикально новые качества дисперсного композита портландцементу. Получаемый в процессе осуществления технологии нанокапсуляции цемент (наноцемент) обладает рядом преимуществ перед обычным цементом.

2. Подготовка к добровольной экологической сертификации продукта. Экологический сертификат является дополнительной гарантией безопасности продукции для покупателя.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР РУДН № 081002-0-000 «Экологические аспекты оценки жизненного цикла строительных материалов, при производстве которых используются твердые бытовые и промышленные отходы» в 2014-2015 гг.

ДОКЛАДЧИК:

Кобранова Анастасия
Александровна
(Kobranova Anastasiya
Aleksandrovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный
исследовательский Томский
государственный университет (НИ
ТГУ)
(Национальный
исследовательский
Томский государственный
университет (НИ ТГУ))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Кобранова Анастасия
Александровна
(Kobranova Anastasiya
Aleksandrovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Моделирование состояния электродного слоя во время выпадения
ливневых осадков
Modeling of electrode layer during storm precipitation

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Приведены и обсуждаются экспериментальные и модельные данные о состоянии электродного слоя атмосферы во время выпадения ливневых осадков.

Annotation

Experimental and modeling data on the electrode layer of atmosphere during the passage of the storm precipitation are shown and discussed.

Ключевые слова: атмосферное электрическое поле; электродный слой; турбулентность атмосферы; напряженность электрического поля; электропроводность

Keywords: atmospheric electric field; electrode layer; atmosphere turbulence; atmospheric electric field; conductivity

Атмосферное электричество является одним из постоянно присутствующих факторов воздействия на состояние и изменение окружающей среды [1]. Важное место занимают исследования электрических характеристик нижней части тропосферы (приземного слоя), где протекает большая часть деятельности человека.

На практике регулярные наблюдения за атмосферным электричеством проводятся в области действия электродного эффекта (вблизи поверхности Земли). Наблюдения обычно проводятся с помощью аппаратуры, устанавливаемой на высоте нескольких метров от поверхности земли. В атмосферном электричестве электродом считают поверхность земли.

В теории проблема электродного эффекта формулируется в виде задачи о нахождении распределения концентрации положительных и отрицательных аэроионов, и напряженности электрического поля в приземном слое [2,3].

Классический электродный эффект имеет место при отсутствии турбулентного перемешивания в атмосфере. При турбулентном электродном эффекте, который рассматривается в данной работе, предполагается, что перенос аэроионов в атмосфере осуществляется, наряду с электрическими силами, турбулентными потоками воздуха, причем турбулентность может играть основную роль.

В настоящее время существует достаточное количество подходов и моделей [2,4,5], описывающих состояние электродного слоя атмосферы в квазистационарных условиях. Но процессы электризации и изменчивости атмосферно-электрических величин в приземном слое при нарушении условий «хорошей» погоды (при грозах, осадках, туманах, природных и техногенных задымлениях и т. п.) остаются пока менее изученными.

Цель данной работы – получить математическую модель распределения концентрации легких ионов в приземном слое атмосферы при нарушении условий «хорошей» погоды на основе анализа ранее выполненных работ. В качестве основных факторов изменения состояния приземного электродного слоя в работе рассматривается совместное воздействие мощных вариаций напряженности поля, связанных с проходящими мощными конвективными облаками зимой, и твердых ливневых осадков (выпадение ливневого снега).

В работе используются данные Института мониторинга климатических и экологических систем по электрическому полю и по электрической проводимости, полученные в 2013 г. [1].

Измерения атмосферно-электрических величин проводятся в геофизической обсерватории ИМКЭС СО РАН с 2006 г. и осуществляется мониторинг основных метеорологических и атмосферно-электрических величин, а также УФ-радиации и естественной радиоактивности с высоким временным разрешением [6].

Во время выпадения осадков в виде ливневого снега зарегистрировано как возрастание напряженности электрического поля, так и его уменьшение. При прохождении мощной конвективной облачности одним из выявленных видов является согласованное уменьшение числа легких ионов обеих полярностей зимой (Рисунок 1). Возможной причиной уменьшения $\lambda_{\pm}$ является выпадение осадков в виде ливневого дождя и снега.

Рис. 1 - Вариации E и $\lambda_{\pm}$ во время прохождения зимней конвективной облачности [7]

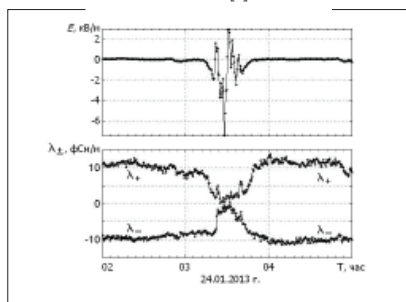
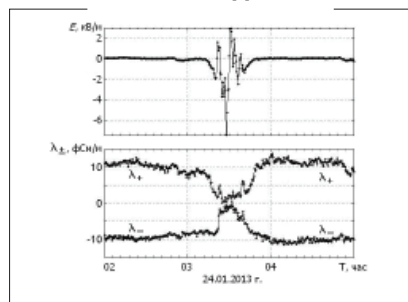


Рис. 1 - Вариации E и $\lambda_{\pm}$ во время прохождения зимней конвективной облачности [7]



Проведённые исследования позволили уточнить систему уравнений описывающих электродный слой, которая заключается в следующем: выпадение осадков в виде ливневого дождя и снега приводит к эффективному нестационарному стоку легких ионов на гидрометеоры, поэтому в правой части уравнения для концентраций легких ионов появляется слагаемое, описывающее этот процесс.

В работе рассмотрен случай турбулентного электродного эффекта при наличии гидрометеоров (снежинок) в атмосфере.

Основные уравнения, используемые при моделировании этой нестационарной задачи приведены ниже. В правой части ионизационно-рекомбинационных уравнений присутствуют члены, описывающие взаимодействие легких ионов с гидрометеорами. Также добавляются уравнения, описывающие турбулентный перенос, образовавшихся тяжелых ионов.

$$\frac{\partial n_{1,2}}{\partial t} \pm b_{1,2} \frac{\partial}{\partial z} (E(t) n_{1,2}) - \frac{\partial}{\partial z} (D_T(z) + D_{\text{мол}}) \frac{\partial n_{1,2}}{\partial z} = q(z) - \alpha n_1 n_2 - \beta_1 n_{1,2} N_{2,1} - \beta_2 n_{1,2} N_0$$

$$\frac{\partial E}{\partial z} = 4\pi e (n_1 - n_2 + N_1 - N_2) \quad (1)$$

$$N_1 + N_2 + N_0 = N = \text{const},$$

где $n_{1,2}$ – концентрация положительных и отрицательных легких ионов; $b_{1,2}$ – подвижность ионов, $b_1 = 1,36 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{Вс}$, $b_2 = 1,56 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{Вс}$; $q(z) = q_0 = 7 \cdot 10^6 \text{ м}^{-3}\text{с}$ – интенсивность ионообразования; q_0 – интенсивность ионообразования на верхней границе; $\alpha(z) = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3/\text{с}$ – коэффициент рекомбинации легких ионов; z – вертикальная ось координат; D_T , $D_{\text{мол}} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – коэффициенты турбулентной и молекулярной диффузии соответственно; $\beta_1, 2$ – коэффициент взаимодействия легких ионов с заряженными и нейтральными тяжелыми ядрами соответственно (коэффициент коагуляции); N – суммарная концентрация положительных, отрицательных и нейтральных тяжелых ионов.

Значения основных параметров системы уравнений (1) приведены ниже.

В работе были изменены некоторые параметры системы уравнений (1), а именно коэффициент коагуляции и концентрация гидрометеоров (снежинок) для того, чтобы исследовать профили концентраций положительных и отрицательных легких ионов в различные моменты времени и на разной высоте. Значения измененных параметров системы уравнений (1) представлены ниже.

Таблица 1 – Значения основных параметров системы уравнений (1)

Параметр	Название	Значение
E	Нап ряженность электрического поля	$\sim 10^2 \text{ Вм}^{-1}$
b_1	Подвижность положительных легких ионов	$1,36 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$
b_2	Подвижность отрицательных легких ионов	$1,56 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$
β	Коэффициент коагуляции	$4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$
α	Коэффициент рекомбинации ионов	$1,6 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$
z_c	Высота максимума снежного заряда	1800 м^3
e	Элементарный заряд	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
N	Концентрация тяжелых ионов в 1 м^3	1000
q	Интенсивность ионообразования	$6 \cdot 10^{-7} \text{ м} \text{ с}^{-1}$
K	Коэффициент обмена	5

В результате было получена модель распределения концентрации легких ионов в приземном слое атмосферы при нарушении условий «хорошей» погоды на основе моделей турбулентного электродного эффекта полученных ранее. В качестве «возмутителей спокойствия» состояния приземного электродного слоя рассматривалось совместное воздействие мощных вариаций напряженности поля и твердых ливневых осадков (снежинок). Получены модельные расчеты электрических характеристик атмосферного приземного слоя для различных физических условий.

На рисунках ниже показаны модельные расчеты электрических характеристик атмосферного приземного слоя для различных физических условий.

Таблица 1 – Значения основных параметров системы уравнений (1)

Параметр	Название	Значения начальные	Значения измененные
$\beta_{\text{обаз}}$ β_{Ovar} β_{Ovar}	Коэффициент коагуляции	$4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$	$4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$ $4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$
$N_{\text{обаз}}$ N_{Ovar} N_{Ovar}	Концентрация тяжелых ионов в 1 м^3 (число снежинок)	1000	100 10000
α	Коэффициент рекомбинации ионов	$1,6 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$	-
K	Коэффициент обмена	5	-
Z_c	Высота максимума снежного заряда	1800 м	-
ΔZ	Полугутолщина снежного заряда	400 м	-
V_c	Скорость падения снежинок	50 м/мин	-

Рис. 2 - Временные возмущения нормированных значений концентрации легких положительных (сплошные кривые) и отрицательных (штриховые кривые) ионов на серии высот (сверху – вниз: 25м., 50м., 100м.)

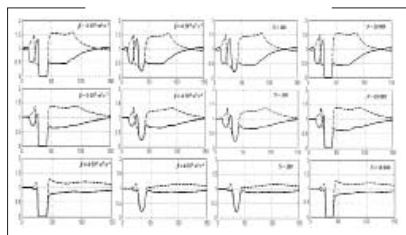
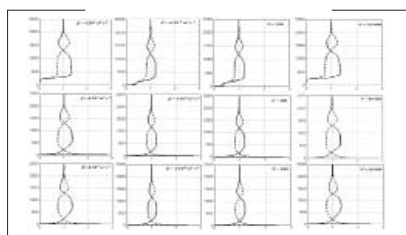


Рис. 3 - Пространственные возмущения нормированных значений концентрации легких положительных (сплошные кривые) и отрицательных (штриховые кривые) ионов в соответствии с временем (сверху – вниз: 20мин., 30мин., 40мин.)



На рисунке 2 рассмотрена динамика временной формы возмущения концентрации легких ионов на серии фиксированных высот (25м., 50м., 100м., 250м.). На панелях (сверху – вниз) изменялись следующие величины: коэффициент коагуляции $\beta_{0\text{баз}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$, $\beta_{0\text{var}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$, $\beta_{0\text{var}} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$; число снежинок в 1 м^3 $N_{0\text{баз}} = 1000$, $N_{0\text{var}} = 100$, $N_{0\text{var}} = 10000$.

При увеличении коэффициента коагуляции и числа снежинок наблюдается уменьшение (до нуля) концентрации легких ионов во время прохождения мощных конвективных облаков и выпадения осадков.

На рисунке 3 приведены вертикальные разрезы нормированных вариаций концентрации легких ионов в фиксированные моменты времени (20мин., 30 мин., 40 мин.). На панелях (сверху – вниз) изменялись следующие величины: коэффициент коагуляции $\beta_{0\text{баз}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$, $\beta_{0\text{var}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$, $\beta_{0\text{var}} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \text{ с}^{-1}$; число снежинок в 1 м^3 $N_{0\text{баз}} = 1000$, $N_{0\text{var}} = 100$, $N_{0\text{var}} = 10000$.

Заключение.

Анализ показал наличие согласованных колебаний электропроводности обеих полярностей и как увеличение, так и уменьшение концентрации легких ионов во время выпадения ливневых осадков зимой.

Показано, что взаимодействие легких ионов со снежинками приводит к возникновению заряженных аэрозольных ионов и к уменьшению концентрации легких ионов.

Установлено, что с увеличением (уменьшением) коэффициента коагуляции по высоте происходит возрастание (падение) концентрации легких ионов. С уменьшением (увеличением) числа снежинок концентрация легких ионов падает (возрастает).

Из представленных расчетов следует, что разработанная численная модель позволяет рассчитывать структуру атмосферного приземного слоя в приближении электродного эффекта, как при малых, так и при больших концентрациях аэрозольных частиц.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нагорский П. М. , Морозов В. Н. , Смирнов С. В. , Пустовалов К. Н. Электродный слой в электрическом поле мощной конвективной облачности // «Известия вузов. Радиофизика», 2013, Т. 56, № 11, с. 853-863.
2. Куповых Г.В., Морозов В.Н., Шварц Я.М. Теория электродного эффекта в атмосфере. Таганрог: ТРТИ, 1998. 124 с.
3. Донченко В.А., Кабанов М.В., Кауль Б.В., Самохвалов И.В. Атмосферная электрооптика: учебное пособие – Томск: Изд-во НТЛ, 2010. – 220 с.
4. Hoppel, W. A., 1967: Theory of the electrode effect. J. of Atmos. Terr. Phys., 29, 709-721.
5. Morozov V., Kupovykh G., Klovo A. Surface Layer Electric State Time-Depended Modeling // Proc. XIII Int. Conf. on Atmospheric Electricity, 2007, P.154-157.
6. Золотов С.Ю., Кураков С.А., Смирнов С.В. // Труды IX Сиб. совещ. по кл.-экол. мониторингу. 2011. С. 349–351.
7. Нагорский П.М., Морозов В.Н., Смирнов С.В., Афонюшкин А.В., Пустовалов К.Н. Электродный слой в электрическом поле мощной конвективной облачности // VII Всероссийская конференция по Атмосферному электричеству. Труды. ГГО. – С.-Пб, 2012. С. 177–179.

ДОКЛАДЧИК:

Константинов Павел Игоревич
Член экспертной группы

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Константинов Павел Игоревич

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Современная метеорология: все, что вы хотели узнать о прогнозах погоды, но боялись спросить

ТЕЗИСЫ:

В лекции планируется осветить следующие моменты:

1. История развития метеорологии как науки
2. Крымская война как катализатор развития отечественной службы погоды
3. Технологии прогнозов погоды
4. Чего умеют современные синоптики, а чего еще нет. Какие есть перспективы у нашей науки.
5. Как правильно пользоваться прогнозами погоды и чем различаются прогнозы между собой.
6. Как выбрать лучший прогноз.

ДОКЛАДЧИК:

Коряшов Илья Александрович
(Koryashov Ilya Aleksandrovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный исследовательский Томский политехнический университет (НИ ТПУ);
Бухаркин Андрей Андреевич, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (НИ ТПУ)
(National Research Tomsk Polytechnic University (TPU);
Bukharkin Andrei Andreevich, National Research Tomsk Polytechnic University (TPU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Коряшов Илья Александрович
(Koryashov Ilya Aleksandrovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Электрофизический способ подземной конверсии твердых топлив в синтетическую нефть и горючий газ

Electrophysical method of in-situ conversion of solid fossil fuels into synthetic oil and fire gas

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Разрабатываемый в ТПУ электрофизический способ подземной конверсии, основывается на ряде электрофизических явлениях: микро и макро пробой в породе, электротепловой пробой пласта между скважинами, образование околоканальной области карбонизации, нагрев пласта Джоулевым теплом до температур термодеструкции и пиролиза с помощью электромагнитной энергии. В результате конверсии получается горючий газ и синтетическая нефть.

Annotation

Electrophysical method of underground conversion developed in TPU [1,2], based on the number of the electrophysical phenomena: micro and macro breakdowns in the rock, electrothermal breakdown between wells, initiation zone carbonization around plasma channel, heating of the formation of Joule heat to a temperature of thermal destruction and pyrolysis using electromagnetic energy. The conversion is obtained of fire gas and synthetic oil, as a result.

Ключевые слова: горючие сланцы, бурые угли, частичные разряды, триинг, электротепловой пробой, плазменный нагрев, подземная конверсия, продукты пиролиза

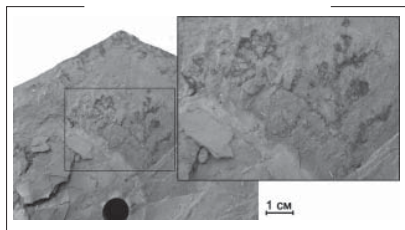
Key words: oil shale, brown coal, partial discharges, treeing, electrothermal breakdown, plasma heating, underground conversion, pyrolysis products

Низкосортные твердые топлива: горючие сланцы и бурые угли, являются перспективными альтернативными источниками энергоносителей, при пересчете на условное топливо запасы этих полезных ископаемых в несколько раз превышают известные запасы нефти. Однако, добыча бурых углей и горючих сланцев шахтными и, в большинстве случаев, открытыми способами нерентабельна вследствие их высокой зольности и низкой теплотворной способностью. Таким образом, подземная пиролизическая конверсия твердых топлив в синтетическую нефть и горючий газ – эффективное решение проблемы рентабельности месторождений бурых углей и горючих сланцев.

Основным методом, на сегодняшний день, подземной переработки низкосортных твердых топлив в жидкие и главным образом газообразные энергоносители является технология гидроразрыва пласта (ГРП). Стоит отметить, что технология ГРП имеет существенные недостатки: низкий дебит скважин, низкую степень использования органической части породы, а так же серьезные экологические последствия. Для промышленного использования низкосортных твердых топлив необходимо создать эффективную и экологически безопасную технологию подземной конверсии.

Перспективными методами в данном случае представляются методы, использующие электромагнитную энергию для подземного нагрева разрабатываемого пласта до температур деструкции органической части.

Рис. 1 - Дендрит в образце горючего сланца



Одним из наиболее известных способов является процесс Electrofrac компании ExxonMobil[1]. Основывается он на бурении вертикальных скважин в пласт горючих сланцев с дальнейшей сбойкой вдоль пласта, с применением раствора, содержащим металлические шары. Полученный горизонтальный участок с заполненным проводящим раствором образует нагревательный элемент. Далее к скважинам подключают источник электрического напряжения, расположенный на поверхности, с помощью которого осуществляется нагрев пласта. К недостаткам данного процесса можно отнести медленную скорость нагрева пласта до температуры деструкции и необходимость сбойки скважин либо горизонтальным направленным бурением, либо с помощью ГРП.

Разрабатываемый в ТПУ электрофизический способ выгодно отличается от Electrofrac тем, что нагревательный элемент образуется из самого пласта с помощью электроразрядных явлений, таких как: частичные разряды(ЧР), триинг, электротепловой пробой, карбонизация объема твердого топлива.

ЧР представляют собой локальные разряды по поверхности, пробой инородных включений и, в основном, макро- и микроскопических пор и трещин в материале. ЧР представляют собой негативное явление в электроизоляционных материалах, приводящее к старению диэлектрика. В горючих сланцах и бурых углях частичные разряды имеют не характерные значения основных параметров разряда. Напряженность электрического поля, при котором возникают ЧР на несколько порядков меньше, чем в электроизоляционных материалах.

Таблица 1 – Описание исследуемых образцов гемостатических губок

Материал	Кажущийся заряд, пКл	Интенсивность, Н/с	Длительность разряда, нс	Напряженность, В/см
Горючие сланцы	5,5	1160	115	625
Бурые угли	320	540	316	625
Эпоксидная смола типа Araldite D	100	-	-	56000
Полиэтилен низкой плотности	50	150	-	16000
Эпоксидная смола	250	300		50000
Этиленполипропиленовый каучук	100	1000	5	13000

При длительном воздействии ЧР в материале образуются древовидные разрядные структуры - дендриты, процесс образования которых называется триингом. В горючих сланцах триинг появляется при низких напряженностях электрического поля и имеет изначально высокую скорость роста, таб 2. Это обосновывается тем что, дендриты являются электропроводящими и приводят к усилению электрического поля, рис 1.

Дальнейшее развитие триинга приводит к уменьшению расстояния между электродами и соответственно к уменьшению электрической прочности материала, что приводит к электротепловому пробое образца[3]. При пробое образуется плазменный канал внутри образца. Околоканальная область при нагреве плазмой подвергается термодеструкции. Зольный остаток околоканальной области является электропроводящим материалом с сопротивлением 1-100 Ом*см, который в последующем создает нагревательный элемент.

Таблица 2 – Сравнительные характеристики триинга в горючих сланцах, бурых углях и полимерных материалах[2]

Материал	Скорость, мм/мин	Напряженность, кВ/см
Горючие сланцы	10-100	до 1
Бурые угли	10-100	до 8
Эпоксидная смола типа Araldite D	0.33	56
Полиметилметакрилат	0.09	25
Полиэтилен низкой плотности	0.04	30
Сшитый полиэтилен	0.01	35
Эпоксидная смола CY 1311	0.04	50

Для физического моделирования электрофизического способа конверсии была изготовлена уникальная установка, позволяющая проводить газификацию в инертной атмосфере, проводить in situ отбор газовых проб, определять объем образующихся газообразных продуктов, а так же собирать жидкие продукты пиролиза в завершение процесса. Апробация способа производилась на образцах 4 месторождений горючих сланцев и 7 месторождений угля России и Казахстана

В ходе экспериментов получался газ следующего состава: H₂ 30-50%; CO 25-35%; CH₄ 15-28%; C₂H₆ 1-4%; C₃H₈ 0.5-2%; CO₂ 1-7%, теплотворной способностью 12-20 МДж/м³. Полученный газовый продукт является не только энергоносителем, но и ценный сырьем в процессах Фишера-Тропша и может служить источником водорода для твердых водородных топливных

ячеек. А так же синтетическая нефть, состоящая из асфальтенов 7.3%, низкомолекулярной органики 35.4%, смол 57.3%.

Проект выполняется при финансировании Министерства Образования и Науки РФ № Задания 13.2063.2014/К

Список использованных источников:

1. W.A. Symington, J.S. Burns and et al. Field testing of Electrofrac process elements at ExxonMobil's colony mine // Proceedings of 29th Oil shale symposium, P. 1-13, October 19-23, 2009, Colorado
2. В.В. Лопатин, А.А. Бухаркин, С.М. Мартеньянов, И.А. Коряшов. Триинг и электротепловой пробой бурых углей и горючих сланцев // Известия высших учебных заведений. Физика. 2013. – №7/2 –С.160-163.
3. Патент РФ № 2012152881/03, 27.06.2014. Лопатин В.В., Мартеньянов С.М., Бухаркин А.А. Способ подземной газификации // Патент России № 2 521 255. 2014 Бюл. № 18.

ДОКЛАДЧИК:

Ламзина Ирина Владимировна
(Lamzina Irina Vladimirovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Стратегия управления ресурсо-энергетическим потенциалом твердых бытовых отходов
The management strategy of energy potential of municipal solid waste

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Волгоградский государственный
технический университет
(Volgograd State
Technical University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Ламзина Ирина Владимировна
(Lamzina Irina Vladimirovna)
Желтобрюхов Владимир
Федорович
(Zheltobryukhov Vladimir Fedorovich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Постепенное истощение и, как следствие, удорожание природных энергоносителей ставит на первый план необходимость привлечения альтернативных источников энергии. В мировой практике с этой целью используют горючие фракции твердых бытовых отходов, которые в зависимости от назначения могут быть переработаны в синтез-газ, синтетическое дизельное топливо или RDF. При переработке отходов в топливо следует прибегнуть к их комплексной оценке с целью выявления теплофизических характеристик, напрямую зависящих от особенностей морфологического состава. Ввиду отсутствия селективного сбора на территории России возникает множество проблем при обработке многокомпонентного состава ТБО. По этой причине необходимо разработать стратегию управления ТБО, начиная с момента поступления их на территорию полигона и до получения конечного продукта.

Annotation

The gradual exhaustion and, as a consequence, the rise of natural energy resources highlights the need to attract alternative sources of energy. With that end in view in world practice, use the combustible matter of municipal solid waste, which depending on destination can be recycled to the synthesis gas, synthetic diesel fuel, or RDF. Processing the waste to the fuel follow to request a comprehensive evaluation to identify the thermophysical characteristics, directly turn on the characteristics of the morphological composition. In default of selective collection in Russia, there are many problems of the processing of multicomponent composition of MSW. As such, it is necessary to develop a strategy for management of solid waste, from the income on the territory of the landfill and to the final product is obtained.

Ключевые слова: переработка отходов; альтернативное топливо; твердые бытовые отходы; RDF; экологическая безопасность

Keywords: waste treatment; alternative fuels; municipal solid waste (MSW); RDF; environmental safety

Твердые бытовые отходы (далее – ТБО) представляют собой гетерогенную смесь со сложным физико-химическим составом. При этом усложнение структуры ТБО сопровождается увеличением содержания в них углерода и углеродсодержащих соединений, что влечет за собой рост различных загрязняющих веществ, в том числе таких супертоксикантов, как полихлорированные дибензопарадиоксины (ПХДД) и дибензолфураны (ПХДФ), которые представляют собой полигалогенированные гетероциклические соединения. Они образуются при разложении, сжигании, переработке отходов и создают существенную токсикологическую и санитарно-гигиеническую угрозу для жизни населения.

На основе гетерогенного состава ТБО, схемы управления на всех стадиях обращения с отходами, в зависимости от цели дальнейшего использования конечной продукции (вторсырья или топлива) должны представлять собой совокупность технологических операций разделения отходов на отдельные фракции и компоненты (сортировка) с последующей их переработкой

оптимальным методом.

Специфика морфологического состава твердых бытовых отходов позволяет использовать их в качестве вторичного энергоресурса без ущерба для окружающей среды при условии правильной эксплуатации современного сортировочного оборудования и методов пыле – и газоочистки выбросов. Многокомпонентность потока ТБО определяется климатической зоной их образования и сезонностью. Так, например, увеличение содержания пищевых отходов с 20-25% весной и до 40-55% осенью, связано с большим потреблением овощей и фруктов в рационе (особенно в городах южной зоны). Зимой и осенью сокращается содержание мелкого отсева (уличного смета) с 20 до 7% в городах южной зоны и с 11% до 5% - в средней зоне [1].

Доля горючей фракции является ключевой энергетической характеристикой отходов; усредненный показатель ее содержания составляет не более 60-70% при условии полного извлечения. Однако в процессе сортировки он снижается до 40% , и представляет так называемую высококалорийную фракцию RDF (refuse derived fuel, сокр. RDF - англ. или FBA - нем. – твердое восстановленное топливо из отходов). Калорийность RDF составляет 20 - 23 МДж/кг, в то время как альтернативного топлива из несортированных ТБО всего 13 МДж/кг.

Немаловажным показателем является влагосодержание, которое составляет до 35% за счет пищевых и растительных отходов. При увеличении содержания влажной фракции необходимо проводить предварительную сушку отходов, что позволит значительно сократить энергопотребление термодеструкционной установки и выход недожога.

С целью увеличения калорийности альтернативного топлива и доведения ее до уровня природного газа, в состав вводят измельченные автомобильные шины (так называемое топливо TDF - Tire Derived Fuel). Для получения TDF целые шины измельчают с помощью шредера или серии измельчителей и затем подвергают магнитной сепарации для извлечения металлических компонентов. Использование автопокрышек в качестве альтернативного топлива генерирует такое же количество энергии, как нефть и на 25% больше энергии, чем уголь. Чаще всего автопокрышки применяют в энергоемком производстве, как например, цементная промышленность, где доля данного сырья составляет порядка 40-45%. Применение изношенных шин в этой производственной сфере позволяет экономить 1-2% основного вида топлива. Специалистами отмечается, что при сжигании изношенных автопокрышек при производстве цемента может быть сокращен на 25% расход ископаемых энергоносителей и снижен уровень загрязнения окружающей среды.

Утилизация твердых бытовых отходов (в том числе и изношенных шин) в цементной печи имеет ряд преимуществ, как например: нейтрализация кислых газов (оксиды серы и хлористого водорода обрабатываются активной известью, содержащейся в материале); тяжёлые металлы поглощаются структурой клинкера; не образуются побочные продукты, такие как зольные или жидкие осадки от очистки газа; полностью используется энергетический потенциал отходов; достигается высокая температура пламени (до 2000°C).

Сжигание отходов в данном агрегате с экологической точки зрения допустимо, так как высокие температуры технологического процесса позволяют свести к минимуму количество вредных веществ в отходящих газах и обеспечивает химическое связывание в клинкерных минералах токсичных компонентов, выделяющихся из отходов в процессе их переработки, что подтверждается рядом зарубежных исследований и мировой практикой [2].

В России существуют несколько современных мусоросортировочных заводов (в Тамбовской, Тверской, Кемеровской, Курской, Оренбургской, Белгородской и др. областях), позволяющих выделить вторсырье. Однако следует отметить, что процесс сортировки экономически не эффективен, так как доход от сортировки смешанных ТБО не может покрыть затрат на сортировку. Кроме того, необходимо иметь большое количество потребителей вторсырья, что в условиях российской экономики не всегда возможно. Ситуация так же осложняется отсутствием нормативно-правовой основы для практического внедрения системы сбора и сортировки ТБО. В тоже время для получения качественного альтернативного топлива (RDF) необходима автоматическая сортировка, в этом случае метод значительно удорожается, однако может окупиться благодаря использованию энергетического потенциала отходов на производстве или в других сферах. Срок окупаемости мусороперерабатывающего комплекса, работающего по схеме «Смешанные ТБО – RDF – Потребитель» составляет 3-5 лет. В случае

Рис. 1 - Карта местности с обозначением дымовых сигнализаторов



RDF уместнее использовать «негативный» подход к сортировке, так как он позволяет уменьшить количество «хвостов», идущих на захоронение. В общем виде схема производства RDF и выделения сопутствующих продуктов представлена на рисунке 1.

Всё большую популярность приобретает термодеструкция отходов в газовой фазе с получением горючего продукта синтез-газа. Синтез-газ используется так же в качестве промежуточного продукта для производства метана, метанола, диметилового эфира и других химических веществ. Отличительная особенность газификации от инсинерации состоит в том, что в реакторе газовая фаза обладает восстановительными свойствами, поэтому образование оксидов азота и серы термодинамически невыгодно, и вредных газовых выбросов у газификаторов значительно меньше, чем у печей сжигания. В то же время, тип сырья для газификации определяет уровень необходимой предварительной обработки отходов согласно требованиям технологии.

Состав синтез-газа зависит от условий проведения газификации, газифицирующего агента и непосредственно самой структуры входящего потока твердых бытовых отходов. Наибольшее количество синтез-газа образуется при проведении процесса газификации с введением воздушного дутья [3]. Следует отметить так же, что теплотворная способность газа в значительной степени зависит от поступления кислорода из воздуха, так как он способствует увеличению доли монооксида углерода и, соответственно, к повышению калорийности. Таким образом, при кислородном дутье образуется газ со средней калорийностью 2900 ккал/м³, в то время как низкокалорийный газ образуется при использовании в качестве дутьевого агента воздуха (1000-1100 ккал/м³), последний, в свою очередь, способствует увеличению концентрации азота, что существенно сказывается на калорийности конечного продукта и на конструкции газоочистного оборудования.

Общая схема газификации представлена ниже на рисунке 2.

Синтез-газ может сжигаться непосредственно для рекуперации тепловой энергии в виде тепла и/или пара и электричества и так же может служить сырьем в производстве жидкого топлива (синтетический дизель) путем синтеза Фишера-Тропша. Касательно химических веществ, получаемых из синтез-газа, можно выделить метанол, используемый в производстве этилового спирта, уксусной кислоты, формальдегида и других соединений. Образующийся инертный шлак фракционируется и в дальнейшем может быть использован в дорожном строительстве. Зола, остающаяся после газификации, может содержать остаточный углерод и соли тяжелых металлов, растворимые в воде. После проверки золы на отсутствие бензопирена, диоксинов и тяжелых металлов в подвижной форме она может быть отправлена на захоронение [3].

Процесс газификации характеризуется высоким энергетическим КПД и позволяет перерабатывать материалы с малым содержанием горючих составляющих или с высокой влажностью. Однако следует иметь в виду, что правильная предварительная обработка позволяет легче осуществить термическое разложение отходов и увеличивает производительность процесса, что, как следствие, приводит к получению качественного продукта и сводит к минимуму негативное влияние выбросов на окружающую среду.

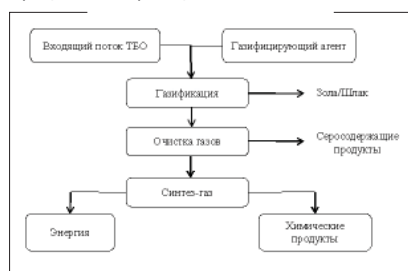
Переход на альтернативные источники энергии благотворно влияет не только на природную среду, но и дает возможность получить экономию на энергоносителях и уменьшить зависимость производства от их поставок.

В общем виде технология обезвреживания ТБО должна обосновываться следующими критериальными оценками:

- экологическая приемлемость с точки зрения сокращения загрязнения атмосферы, водных ресурсов, почвы;
- санитарная и эпидемиологическая безопасность на всей схеме движения потока ТБО;
- экономическая целесообразность и адекватные сроки реализации и окупаемости проекта;
- выполнение действующих законодательных норм в области обращения с отходами производства и потребления, осуществление выбросов в атмосферу и сбросов в водные объекты и почву в пределах допустимых нормативов;
- эффективность конструктивных и технологических решений.

Следует понимать, что универсального метода переработки отходов, удовлетворяющего требованиям экономики и экологии, не существует. Эти требования во многом обеспечивает комплексное управление

Рис. 2 - Основные этапы процесса газификации



ТБО (Integrated Waste Management), представляющее собой не только совокупность технологических операций (процессов сортировки, термодеструкции, биообработки), но и так же обеспечение выполнения таких аспектов, как организационные, социальные и экономические, которые играют не последнюю роль в разрешении данного вопроса, но зачастую выполняются лишь частично или игнорируются.

Литература

1. Ламзина, И.В. Проблемы и перспективы переработки отходов в Волгоградской области. - Чебоксары: Издательство Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова; 2014. - С. 74-75.
2. Ламзина, И.В. Получение и использование альтернативного топлива из твёрдых бытовых отходов для цементной промышленности [Электронный ресурс]; // URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2331> (дата обращения 15.04.2014)
3. Технологии утилизации углеродсодержащих отходов (часть 1) [Электронный ресурс]; // URL: <http://www.megawt.ru/26-metody-tehnologii-i-konceptii-utilizacii-uglerodosoderzhaschih-promyshlennyh-i-tverdyh-othodov-chast-1.html> (дата обращения: 20.03.2013)

ДОКЛАДЧИК:

Лукиянцева Екатерина Андреевна
(Lukyantseva Ekaterina Andreevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Применение физико-химического моделирования для расчета минерального состава карбонатных осадков оз. Хубсугул
Application of physical-chemical modeling calculation of mineral carbonate sediments oz. Khubsugul

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Иркутский государственный университет
(rkutsk State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Лукиянцева Екатерина Андреевна
(Lukyantseva Ekaterina Andreevna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Озеро Хубсугул – это один из самых перспективных объектов для палеоклиматических реконструкций эволюции окружающей среды в Центральной Азии. Для исследования опорными являются данные по результатам бурения в рамках международных проектов «Baikal-Hovsgol Drilling Projects» двух самых крупных озер Байкальской рифтовой зоны – Байкала и Хубсугула. Их осадочные разрезы содержат уникальные сведения об изменениях природной среды Центральной Азии на протяжении нескольких миллионов лет [2, 3].

Annotation

Lake Khovsgol – is one of the most promising sites for paleoclimatic reconstructions of the evolution of the environment in Central Asia. For the study are supporting data on the results of drilling in international projects «Baikal-Hovsgol Drilling Projects» the two largest lakes of the Baikal Rift Zone - Lake Baikal and Hovsgol. Their sedimentary sections contain unique information about the changes of the environment in Central Asia for several million years [2, 3].

Ключевые слова: минеральный состав; химический состав; физико-химическое моделирование; карбонатные осадки

Keywords: mineral composition; chemical composition; physico-chemical modeling; carbonate sediments

Донные осадки озера Байкал изучаются уже не одно десятилетие. Исследования показали, что важную роль в палеоклиматических исследованиях играет изучение минерального состава осадков, в особенности их глинистого компонента. В работах [1, 4] показано, что экспрессную оценку минерального состава можно получить с помощью математических методов, не прибегая к дорогостоящему и долговременному рентгенофазовому анализу. Разработанные алгоритмы с использованием симплекс-метода и моделей твердых растворов для описания глинистых минералов на ПК «Селектор» были применены для изучения байкальских осадков с Академического хребта. В результате по рассчитанному минеральному составу были установлены климатические изменения в плиоцене, характеризующемся сменой ледниковых и межледниковых интервалах, и в плейстоцене, когда осадки, накапливались в равномерно-теплом климате [5].

Различия географического положения озер Байкал и Хубсугул делают сопоставление их осадочных разрезов крайне важным для изучения палеоклимата Внутриконтинентальной Азии. Выбор озера Хубсугул

определяется наличием мощного слоя, до 550 м, гемипелагических осадков, накопление которых происходило в глубоководных условиях. Палеоклиматические сигналы в хубсугульских разрезах отражают процессы, происходившие на небольшой по сравнению с Байкалом площади водосбора. Поэтому записанные в осадках региональные климатические сигналы важны для оценки прошлых изменений окружающей среды Предсаянья. Важной, отличительной чертой хубсугульских осадков является присутствие терригенных и аутигенных карбонатных минералов, являющихся перспективным индикатором колебаний уровня воды в озере.

Поэтому сопоставление осадочных разрезов озер Байкал и Хубсугул является важным этапом изучения климата Центральной Азии. В настоящее время предпринята первая попытка оценить по химическому составу минеральный состав карбонатных осадков оз. Хубсугул. Внесенные для этого в математический метод изменения сделают его более универсальным и пригодным для изучения различных типов осадочных бассейнов.

Цель исследований – разработка модели, позволяющей реконструировать минеральный состав карбонатных осадков на основе данных об их химическом составе. Важным результатом выполнения проекта станет сопоставление минерального состава осадков оз. Хубсугул с результатами изучения осадков оз. Байкал. Объектом нашего исследования являются донные осадки, поднятые в месте бурения ст. HSG-01-8 Центральной котловины оз. Хубсугул. На начальном этапе работы сформирован список минералов, которые будут использоваться в модели. Из работ [3, 6] выбраны следующие минералы: из неслоистых кварц, альбит и карбонаты. Карбонатные минералы представлены безводными тригональными карбонатами: кальцитом, Mg-кальцитами, доломитом, Са-избыточными доломитами и многогидрокальцитом. Преобладающими слоистым алюмосиликатами являются мусковит, иллит-сметтит и иллит. В течение ледникового периода иллит содержится в незначительных количествах (до 12%), а содержание иллит-сметтита составляет примерно 30% слоистых силикатов. При переходе к тепловому межледниковому периоду содержание иллита возрастает, а иллит-сметтита – снижается.

Предварительные результаты расчета минерального состава донных отложений оз. Хубсугул показали, что в верхних безкарбонатных горизонтах осадков, накапливающихся в теплом климате, преобладает иллит и иллит-сметтит (>30%), кварц (20%), полевые шпаты (2 - 5%), в следовых количествах присутствует хлорит (2%) доломит (2 - 4%). В холодные климатические эпизоды наблюдается следующее соотношение минеральных фаз: кальцит (17%), полевые шпаты (10 - 15%), иллит (30%), хлорит (10 - 12%), кварц (15%) мусковит (2 - 3%). Существенные различия расчетного состава от рентгенофазового анализа обнаружены только для соотношения иллита - мусковит. Главной причиной отклонения является то, что химический состав выполнен для горизонтов осадка близких, но не совпадающих с теми, для которых сделан рентгенофазовый анализ. При условии полного соответствия проб ошибка будет не значительной.

На рисунке представлен график распределения по разрезу соотношения минеральных фаз смешанослойных алюмосиликатов – индикаторов теплого климата (иллит, иллит-сметтит) к хлориту – индикатору холодного климата. Несмотря на отклонения абсолютных значений расчетных данных и данных рентгенофазового анализа, общая тенденция изменения минералогии по разрезу сохраняется. На глубине 50 см происходит смена литологического состава – диатомовые илы вниз по разрезу сменяются на карбонатную алевритистую глину, что отражается на рисунке.

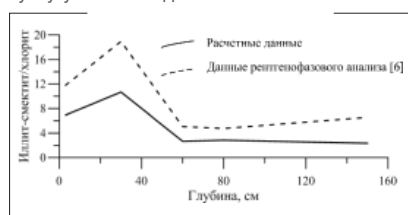
Результаты исследования могут быть использованы для реконструкции изменений природной среды и климата, как Северной Монголии, так и Центральной Азии, а также могут служить основой для моделирования и прогноза климатических изменений в будущем. Экспрессное определение минерального состава на основе химического может использоваться при изучении других осадочных бассейнов и установлении источников сноса осадочного вещества. Усовершенствованный метод может использоваться для установления источников сноса осадочного материала, что имеет большое значение при изучении керна буровых скважин.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 14-45-04147)

Литература

1. Oshchepkova A.V., Bychinskiy V.A., Luk'yantseva E.A. Application of the solid solution model for the description of the mineral composition of lake Baikal bottom settings // XVIII International Scientific Symposium in Honour of Academician M. A. Usov. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 21 (2014) 012002

Рис. 1 - Распределение соотношения минеральных фаз по разрезу хубсугульских осадков



2. Коллектив участников проекта «Байкал-бурение». Глубоководное бурение на Байкале - основные результаты // Геология и геофизика. – 2001. – т. 42. – №1-2. – С. 8-35.
3. Коллектив участников проекта «Хубсугул-бурение». Строение донных осадков озера Хубсугул: его связь с геологическими и климатическими факторами // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48. – № 11. – С. 1117-1143.
4. Кузьмин М.И., Бычинский В.А., Кербер Е.В., Ощепкова А.В., Горегляд А.В., Иванов Е.В. Химический состав осадков глубоководных байкальских скважин как основа реконструкции изменений палеоклимата и окружающей среды // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55. – №1. – С. 3-22.
5. Ощепкова А.В., Кузьмин М.И., Бычинский В.А., Солотчина Э.П., Чудненко К.В. Модели твердых растворов для расчета минерального состава донных осадков озера Байкал: новый подход к палеоклиматическим реконструкциям // Доклады Академии наук. – 2015. – Т. 461. – №4. – С. 1-4.
6. Солотчина Э.П. Структурный типоморфизм глинистых минералов осадочных разрезов и кор выветривания. – Новосибирск: «Гео», 2009. – 234 с.

ДОКЛАДЧИК:

Максимов Илья Михайлович
(Maksimov Ilya Mikhailovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка моделей фитобиосорбционных фильтров на базе аквакомплекса для очистки водоёмов от различных загрязнений
Development of models fitobiosorption filters are made on the base aquacomplex for cleaning of reservoirs of various contaminants

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Тольяттинский государственный университет, Институт химии и инженерной экологии
(Togliatti State University, Institute of Chemistry and Environmental Engineering)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Максимов Илья Михайлович
(Maksimov Ilya Mikhailovich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Разработка моделей фитобиосорбционных фильтров на базе аквакомплекса для очистки водоёмов от различных загрязнений.

Annotation

This project is dedicated to the research of effective technologies, methods to reduce pollution of natural water bodies. Currently, there is an urgent need to develop new eco-friendly techniques and methods of purification of water bodies, reduce eutrophication "flowering" of water bodies without invading their ecosystem.

Ключевые слова: сорбенты, макрофиты, экологическая биотехнология, очистка природных водоемов, биогенное загрязнение, сокращение эвтрофикации водоемов, модель сорбционных фильтров, аквакультура, аквакомплекс

Keywords: sorbents, macrophytes, environmental biotechnology, purification of natural reservoirs, biogenic pollution, reduction of eutrophication of water bodies, the model of sorption filters, aquaculture, aquacomplex

Данный проект посвящен проведению исследований эффективных технологий, методов снижения загрязнения природных водоёмов. В настоящее время наблюдается острая необходимость разработки новых экологических способов и методов очистки водоёмов, снижения эвтрофирования «цветения» водоёмов без вторжения в их экосистему.

Актуальность. Загрязнение водоёмов урбанизированных территорий одна из актуальных проблем современности. Анализ степени загрязнённости рек и водохранилищ России показал, что река Волга, Куйбышевское и Саратовское водохранилища относятся к загрязнённым водоёмам. Проблема качества воды Куйбышевского и Саратовского водохранилищ в районе города Тольятти с каждым годом становится всё актуальней. Постоянные промышленные сбросы, локальные ливнёвые и хозяйственно-бытовые стоки города, содержащие азот и фосфор, являются причиной биогенного загрязнения водоёмов. Загрязнение вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, вкуса), увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, токсичных тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода, появлении болезнетворных бактерий, что приводит к нарушению и ослаблению экосистем водоёмов, постепенному их старению, «умиранию» и выражается в явлении эвтрофикации водоёмов. В результате наблюдается, возрастающее с каждым годом, размножение сине-зелёных водорослей - «цветение» воды, которое становится причиной гибели гидробионтов. Кроме того вода загрязнённых водоёмов представляет угрозу для здоровья и жизни человека и всех живых существ. Очистка водоёмов с ослабленной экосистемой, застойными явлениями и усиливающейся антропогенной эвтрофикацией весьма сложная задача.

Обзор существующих методов борьбы с «цветением» воды показал, что в большинстве случаев эти методы ограничены во времени и пространстве и малоэффективны, особенно в условиях крупных водохранилищ Средней и Нижней Волги.

Несомненно, важно в условиях увеличения степени загрязнения водоёмов находить оптимальные методы их очистки. Необходим поиск эффективных научно обоснованных мероприятий и технологических подходов к снижению загрязнения стоками водоёмов, уменьшению антропогенной токсической нагрузки на малые водоёмы урбанизированных территорий, очистке мест скопления загрязнённых вод.

Основные идеи проекта: Мы предлагаем в качестве технологических и технических решений разработанные фитобиосорбционные фильтры, которые смогут очищать высокотоксичные воды и существенно снижают биогенное загрязнение и эвтрофирование водоёмов.

Авторами разработаны разные модели биофильтров и проводятся исследование их эффективности в зависимости от вида и степени загрязнения.

Конструкция самого простого поплавкового биофильтра представляет собой ограниченную специальными перегородками плантацию быстроразводимого растения эйхорнии с уникальными очищающими свойствами. Эйхорния – водяной гиацинт (*Eichornia crassipes*), многолетнее травянистое водное растение, обладает очень развитой поверхностью корневой системы, где осаждаются взвеси, перерабатываются разные органические загрязнители. Эйхорния усваивает из воды различные биогенные вещества – навоз, фекалии, бензин, моющие вещества, различные яды, обладает антибактериальной способностью и ингибирует развитие сине-зелёных водорослей – основных составляющих «цветения» воды. Важным свойством эйхорнии является обогащение воды кислородом, полученным в результате биосинтеза и расщепление вредных веществ на простые не токсичные химические элементы. Применение этого уникального природного биофильтра возможно позволит привести в соответствие с санитарными нормами состояние водоёма в месте сброса сточных вод, в местах локальной антропогенной нагрузки на водоёмы, в пляжных зонах.

Каркасный фильтр с различными биоманипуляторами имеет ряд важных преимуществ по очистке дна водоёмов от тяжёлых металлов.

Модели биосорбционных фильтров на основе комплексного сочетания различных сорбентов, макрофитов и биоманипуляторов могут эффективно применяться для очистки водоёмов от нитратов, фосфатов, солей аммония, вызывающих биогенное загрязнение и эвтрофирование водоёмов.

Основная цель проекта – на базе аквакомплекса разработать конструктивные модели фитобиосорбционных фильтров и экспериментально исследовать эффективность модулей в очистке вод от различных токсикантов.

Задачи исследований:

- провести анализ существующих способов и биотехнологий очистки водоемов;
- разработать модели фитобиофильтров для эффективной реализации комплекса биологической очистки загрязнённых вод в зависимости от вида и степени загрязнения;
- провести экспериментальные исследования эффективности модулей фитобиосорбционных фильтров в очистке воды в зависимости от состава загрязняющих веществ и их концентрации;
- проведение исследований на тест-объектах по изменению токсичности воды после использования модулей биофильтров;
- разработать аквакомплекс по выращиванию макрофитов, водорослей, моллюсков для их дальнейшего использования в фитобиосорбционных фильтрах.

Научная новизна. Особенностью проекта является применение комплексного подхода к улучшению очистки токсичных вод на основе эффективных и экспериментально апробированных биотехнологий (фиторемедиации, биосорбции, биоманипуляции).

В качестве технических решений предложены разные способы и приёмы аппаратного оформления, позволяющие наиболее эффективно обеспечивать условия для биотехнологических процессов и сорбции токсичных веществ. Проводились экспериментальные исследования микромодулей в лабораторных условиях и в условиях природных вод.

В результате проведения анализа существующих биотехнологий очистки

водоемов был разработан и предложен аквакомплекс для выращивания аквакультуры (эйхорнии, урути, моллюсков) и использования их в различных модулях биофильтров для очистки природных водоёмов и загрязнённых стоков. В качестве биотехнологических решений для эффективной очистки воды в биофильтрах используются методы сорбции, биodeградации, фиторемедиации, фитоэкстракции, фитоаккумуляции, биофильтрации и биоманипуляции (очищения воды и подводного ила (бентоса) с помощью моллюсков).

Применение этих методов биологической очистки в комплексе позволит без вмешательства в естественные процессы водоёма усилить его самоочищающие свойства, снизить токсическую нагрузку на гидроценозы водоёмов, создать комплекс условий для успешного биохимического окисления и минерализации органических загрязняющих веществ, очистить воду от тяжёлых металлов, снизить «цветение» водоёма в результате подавления размножения сине-зелёных водорослей макрофитами.

В рамках проекта проведены экспериментальные исследования по очистке воды от разных видов загрязнений с помощью разработанных модулей биофильтра и комбинирования наиболее эффективных селективных сорбентов в зависимости от видов токсикантов.

Применение модулей: Разработанные биофильтры можно использовать:

- для локальной очистки водоёма в месте сброса сточных вод,
- для очистки и обеззараживания ливнёвых стоков и вод накопителей, куда сбрасываются стоки химических предприятий города;
- для очистки и восстановления малых водоёмов урбанизированных территорий;
- для локальной очистки мест купания, пляжных зон;
- для снижения цветения водоёмов;
- для эффективной реабилитации эвтрофированных и антропогенно нарушенных водоёмов.

Предложенные биотехнологии будут иметь ряд преимуществ по сравнению с механическими и химическими методами очистки водоёмов:

минимальным вмешательством в среду водоема (сохранность экосистемы);

усилением способности экосистем водоёмов к самоочищению;

отличаться простотой, доступностью, эффективностью и экономичностью.

Список литературы

1. Бондарева Т.Е., Максимов И.М., Заболотских В.В., Васильев А.В. Перспективы очистки Куйбышевского водохранилища и альтернативного использования биомассы водорослей в качестве биотоплива. В сб. трудов IV международного экологического конгресса (VI международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» ELPIT-2013, гг. Тольятти - Самара, 18-22 сентября 2013 г., изд-во Тольяттинского государственного университета, т.2, научный симпозиум «Биотические компоненты экосистем», с. 15-22. ISBN 978-5-8259-0736-9.
2. Заболотских В.В. Региональные аспекты защиты окружающей среды на основе экобиотехнологий /Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2012,-Т. 14. -№ 1(3) – С.728-733
3. Заболотских В.В., Антонова Т.А. Технологии очистки и восстановления естественных городских водоёмов на примере озера в г. Жигулёвск/В.В. Заболотских, Т.А. Антонова// Материалы 3-й Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 3-4 июня 2010 года. – Ульяновск. – С.31 – 34.
4. Перегудов Д.Н., Васильев А.В., Заболотских В.В. Биологические исследования экологического состояния водоёмов г.о. Тольятти / Стратегическое планирование развития городов и регионов. Памяти первого ректора ТГУ С.Ф. Жилкина: IV Международная научно-практическая конференция (Тольятти, 30 июня 2014 года) сборник научных трудов: в 2 ч. /отв. ред. Ю.А.Анисимова. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014. – Ч. 2. – с. 376. (С. 365 – 370). ISBN 978-5-8259-0794-9
5. Самойлова А.В., Заболотских В.В. Разработка биофильтра «остров жизни» для очистки и оживления Куйбышевского водохранилища / Сборник докладов шестой научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и пути их решения», г.Тольятти, 30 ноября – 1 декабря 2012 г., г.Самара: изд-во Самарского научного центра РАН, 2012. С. 221
6. Самойлова А.В., Заболотских В.В. Создание «Островов жизни» для оздоровления и очищения реки Волги» / Каталог экологических работ и проектов «ЭКОТОЛЬЯТТИ» в рамках шестой научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и пути их решения», г.Тольятти, 30 ноября – 1 декабря 2012 г.:изд-во Самарского научного центра РАН, г.Самара, 2012 С.65 – 68.

ДОКЛАДЧИК:

Маюрова Александра Сергеевна
(Maiurova Aleksandra Sergeevna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Санкт-Петербургский
национальный исследовательский
университет информационных
технологий, механики и оптики»
(Университет ИТМО)
(St. Petersburg National Research
University of Information
Technologies, Mechanics and
Optics (ITMO University))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Маюрова Александра Сергеевна
(Maiurova Aleksandra Sergeevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Энергоэффективные решения для обеспечения осветительной системы
мостового перехода через Керченский пролив
Energy-efficient solutions for lighting systems bridge across the Kerch Strait

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В данной работе исследуются различные типы и виды фотовольтаических систем. Рассматриваются характеристики фотоэлектрических преобразователей различных типов, выясняются их достоинства и недостатки. Обосновывается выбор нескольких видов систем освещения. Выполняется расчет расстояния между опорами освещения Керченского моста исходя из норм освещенности дорог для нескольких видов осветительных систем. Производится расчет начальной стоимости оборудования для освещения мостового перехода через Керченский пролив.

Annotation

This article is about the different types and kinds of photovoltaic systems. Main topic is the characteristics of different types of photovoltaic cells, foundation out their advantages and disadvantages of different types of cells. The several types of lighting system were chosen with definition. In article contains calculations of the distance between the supports of the Kerch bridge lighting based on the illumination of the road rules for several types of lighting systems; and calculations of the initial cost of lighting for a Kerch bridge.

Ключевые слова: солнечная энергетика, освещение моста, фотоэлектрический преобразователь, системы освещения, расчет систем освещения

Keywords: solar energy, lighting the bridge, a photoelectric converter, lighting systems, calculation of lighting systems

Постановка проблемы. В марте 2014 года к составу Российской Федерации была присоединена Республика Крым. В связи с этими событиями остро встал вопрос о создании единой транспортной системы через Керченский пролив. Во время Великой Отечественной Войны в летнее время была построена мостовая переправа через Керченский пролив, которая была разрушена следующей весной из-за схода льда и сложных климатических условий. В ноябре 2014 года был представлен проект - совмещенный мост с автомобильной и электрифицированной железной дорогой. Длина мостовой переправы через Керченский пролив по проекту составляет 19 км. В связи с большой протяженностью моста является актуальной проблема энергоэффективности освещения [1]. Необходимость ее решения диктуется как экономическими, так и социальными процессами, происходящими в нашей стране. В некоторых южных регионах России для освещения удаленных от городов мостов используют солнечные батареи. Эти системы зачастую используют аккумуляторные батареи для хранения выработанной днем электроэнергии. По данным Гидрометцентра России в Керчи в среднем 300 солнечных дней и 2470 солнечных часов в году.

Цель работы - исследование энергоэффективности осветительной системы мостового перехода через Керченский пролив, питающейся от энергии солнца.

Для выполнения этой цели были поставлены следующие задачи:

- Изучить существующие в настоящее время типы и виды солнечных панелей.
- Произвести ориентировочный энергетический расчет системы освещения и солнечных панелей.
- Произвести стоимостной расчет оборудования.

Солнечные батареи являются фотоэлектрическими преобразователями – полупроводниковыми устройствами, соединенными последовательно-параллельно между собой. Принцип работы данных устройств основан на фотовольтаическом эффекте, то есть возникновении электрического тока при воздействии солнечного излучения на неоднородную полупроводниковую структуру.

Классификация солнечных батарей по технологии изготовления выделяет два основных типа: кремниевые и пленочные. Кремниевые солнечные элементы дополнительно классифицируются на монокристаллические, поликристаллические и аморфные. В настоящее время большую часть рынка занимают поликристаллические кремниевые элементы, однако с развитием технологий лидирующие позиции займут тонкопленочные солнечные батареи.

Монокристаллические батареи состоят из чистого кремния, который широко используется в производстве полупроводников. КПД монокристаллических батарей составляет 17-20%.

Поликристаллические солнечные элементы изготавливаются из кремния, получаемого путем медленного охлаждения кремниевого расплава. Данные элементы дешевле, чем монокристаллические батареи, так как их способ получения менее энергоемкий. Солнечные элементы из поликристаллов наиболее распространены, КПД поликристаллических батарей ниже, чем у монокристаллических, и составляет 12-17%.

Аморфные батареи относятся как к пленочным батареям по технике производства, так и к кремниевым. Данный метод изготовления является самым простым и дешевым, но эффективность батарей значительно ниже из-за процессов деградации кремния. КПД батарей из аморфного кремния составляет 5-6% [2].

Одинаковую мощность всей системы можно получить при помощи любых видов солнечных элементов. Более эффективные фотоэлектрические преобразователи займут меньшую площадь (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики различных типов солнечных панелей

Вид солнечных панелей	Вырабатываемая мощность, Вт	Площадь поверхности, м²	Ориентировочная цена, руб
Поликристаллические	100	0,8	15000
Монокристаллические	100	0,55	16000
Тонкопленочные	90	1,54	6000

Данные системы имеют ряд преимуществ, но основным плюсом использования солнечных батарей является их экономичность. Установка осветительной системы, питающейся от солнечной энергии дороже обычной системы, однако существенно снижается потребление электроэнергии на объекте. Солнечная система регулируется автоматически, в системах автономного электроснабжения на солнечных батареях электричество запасается на аккумуляторах. Поскольку электричество производится путем прямого преобразования энергии света, то нет абсолютно никаких шумов. В течение года солнечные батареи теряют до 1,5% своей первоначальной мощности из-за старения кремния. Общий срок службы солнечных батарей составляет более 45 лет.

При установке фонарных столбов расстояние между опорами освещения устанавливается исходя из количества, мощности и высоты установки осветительных фонарей установленных на опоре. Расчет расстояния между опорами освещения выполняется на основании норм освещенности дорог (СНиП 23-05-95). Данные расчета можно увидеть в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительные характеристики осветительных приборов

	ГКУ21-250-011	ДКУ03-240-001	ЖКУ08-250-001
Тип источника света	Металлогалогенная лампа	Светодиоды	Дуговая натриевая трубчатая лампа
Мощность, Вт	250	240	250
Световой поток, Лм	20000	26220	30000
Требуемое расстояние между столбами, м	45,5	42,3	49,5
Стоимость за 1 шт уку, руб	5635	34200	2785
Необходимое количество, шт	418	450	384
Стоимость итого, руб	2 355 430	15 390 000	1 069 440

Поскольку на данный момент нет информации о выбранном типе освещения мостовой переправы через Керченский пролив, то будет целесообразно рассмотреть несколько случаев. Возьмем для расчета три вида осветительных систем с различными типами источника света, но одинаковой мощностью в 250 Вт:

- С металлогалогенной лампой ГКУ21-250-012;
- Со светодиодами ДКУ03-240-001;
- С дуговой натриевой трубчатой лампой ЖКУ08-250-001.

Эксплуатация солнечных панелей в качестве источника электроэнергии наиболее эффективна с использованием энергоэффективных приборов. В случае с системой освещения наиболее выгодно использовать светодиоды, так как данный тип освещения потребляет меньше энергии, чем дуговые, накаливающие и газоразрядные лампы.

Как видно из таблицы дороже всего стоит осветительная система со светодиодами, однако если использовать для электропитания солнечные батареи наиболее выгодно использовать светодиоды, так как данный тип освещения потребляет меньше энергии, чем дуговые, накаливающие и газоразрядные лампы. Срок службы светодиодных систем по сравнению с номинальным сроком службы ламп в среднем в 50 раз больше. Более подробные экономические расчеты будут выполнены в дальнейших частях работы [3].

Как видно из таблицы дороже всего стоит осветительная система со светодиодами, однако если использовать для электропитания солнечные батареи наиболее выгодно использовать светодиоды, так как данный

тип освещения потребляет меньше энергии, чем дуговые, накаливающие и газоразрядные лампы. Срок службы светодиодных систем по сравнению с номинальным сроком службы ламп в среднем в 50 раз больше. Более подробные экономические расчеты будут выполнены в дальнейших частях работы [3]. Номинальная мощность светильников составляет 250 Вт, исходя из этих данных подбираем солнечные панели достаточной мощности. В состав системы электроснабжения, питающейся от солнечной энергии, входят не только солнечные батареи. Система также включает в себя аккумуляторы, инверторы и контроллеры, однако солнечная панель – это тот элемент, с которого начинается весь процесс накопления и преобразования энергии [4]. Тонкопленочные элементы не рассматриваются из-за большой площади солнечных панелей при заявленной мощности. Характеристики систем солнечных батарей представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Сравнительные характеристики осветительных приборов

Тип солнечных панелей	Монокристаллический	Поликристаллический
Мощность, Вт	260	260
Площадь, м ²	1.28	1.6
Стоимость системы за 1 шт, руб	50 000	47 200
Итоговая стоимость с МГЛ, руб	20 900 000	19 729 600
Итоговая стоимость со светодиодами, руб	22 500 000	21 240 000
Итоговая стоимость с ДНТЛ, руб	19 200 000	18 124 800
Стоимость итого, руб	2 355 430	15 390 000

Выводы. Наиболее перспективным направлением в солнечной энергетике являются пленочные солнечные элементы, однако в настоящий момент более распространены кремниевые панели. Осветительные приборы с дуговыми натриевыми трубчатыми лампами являются самыми дешевыми, однако светодиодные системы имеют более долгий срок службы и имеют низкое энергопотребление. Для обеспечения энергоэффективного питания осветительной системы наиболее рационально взять монокристаллические солнечные элементы, так как они обладают меньшей площадью, чем поликристаллические. Для выбора типа осветительных приборов необходимо провести дополнительные экономические расчеты. Существенным недостатком солнечных панелей является наличие токсичных веществ в составе фотоэлементов и использование ядовитых веществ при их производстве. После 30 лет эксплуатации производительность солнечных батарей падает. По истечению 30-50 лет эксплуатации панелей возникает проблема их утилизации, которая пока не разрешена с точки зрения экологии.

Литература:

1. Burschka J. Sequential deposition as a route to high-performance perovskite-sensitized solar cells/ Nature 499, 18.07.2013. 316-319 pp.
2. Кашкаров А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 144 с.
3. Козловская В.Б., Радкевич В.Н., Сацкевич В.Н. Электрическое освещение.
4. Справочник. – Минск, 2007. – 37 с.
5. Dr. Arnulf Jager-Waldau. PV Status Report 2012. - Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2012 - 58 pp.

ДОКЛАДЧИК:

Медведева Алеся Викторовна
(Medvedeva Alesya)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Филиал Московского
государственного университета
имени М.В. Ломоносова в городе
Севастополе
(Branch of Moscow State
University in Sevastopol)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Медведева Алеся Викторовна
(Medvedeva Alesya)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Современные технологии изучения апвеллинга
Modern technology study upwelling

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В работе рассмотрены наиболее типичные инструментальные и дистанционные методы исследования апвеллинга, основанные на выявлении температурных аномалий. Отдельно отмечен современный измерительный комплекс – термокоса, показаны явления, обнаруженные с его помощью.

Annotation

This work covers the most typical for instrumental and remote methods for research of upwelling, based on discovery of temperature anomalies. There is a part dedicated to modern measurement toolset called thermistor chain, showing phenomena discovered with it.

Ключевые слова: океанология; апвеллинг; дистанционные методы; контактные методы; термокоса

Keywords: oceanology; upwelling; remote methods; contact methods; thermistor chain

Введение. Среди многих явлений, происходящих в морской среде, большой интерес представляет собой апвеллинг – процесс, характеризующийся подъемом подповерхностных вод в открытой или прибрежной части акватории [3].

Более пристальное внимание уделяется прибрежному апвеллингу, что связано с его более заметным воздействием на окружающую среду. Вынос к поверхности нижележащих вод оказывает влияние на биотическую составляющую: с одной стороны, приток биогенных элементов способствует развитию кормовой базы и созданию условий для увеличения численности промысловых видов рыб, а с другой – в случае резкого и длительного снижения температуры вод отмечается угнетение нереста теплолюбивых видов [4]. Также замечена связь между возникновением апвеллингов и некоторым усилением засушливости климата прибрежной территории за счет подавления атмосферной конвекции и снижения испаряемости. Апвеллинг имеет и рекреационное значение: продолжительные и выраженные случаи охлаждения поверхностных вод уменьшают привлекательность морских курортов во время туристического сезона [2].

Учитывая воздействие, оказываемое апвеллингом на биотические и абиотические факторы, в настоящее время это явление активно и комплексно исследуется с применением различных методов. Одним из технических средств является современная версия термокосы, позволяющая непрерывно и автоматически фиксировать температуру вод на различных глубинах.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является описание наиболее распространенных способов изучения апвеллинга, с акцентированием внимания на использовании термокосы. Для достижения поставленной цели были рассмотрены литературные материалы по данной теме, а также использованы спутниковые снимки и натурные данные.

Методы и материалы. Основные технические характеристики термокосы представлены в отчете д.т.н. С.В. Мотыжева «Полигон-2». Для выявления поверхностных температурных аномалий использовались спутниковые снимки NOAA для акватории Черного моря из архива Морского портала ФГБУН «МГИ РАН» [6]. Выявление исследуемых процессов, приведенных ниже в качестве примеров, осуществлялось на основе данных термокосы (21 июня – 18 сентября 2013 г.), полученных от ГБНУ РК «Черноморский гидрофизический полигон». В целях сравнения были привлечены натурные данные, полученные с помощью STD-зонда (4 – 11 сентября 2013 г.) и предоставленные банком океанографических данных ФГБУН «МГИ РАН». Измерения, осуществленные инструментальными методами, проводились со стационарной океанографической платформы ГБНУ РК «ЧГП» (координаты - 44.38° с. ш. и 33.98° в.д.).

Результаты. Наиболее распространенным способом обнаружения апвеллинга является выделение значительных температурных аномалий, вызванных охлаждением поверхностных вод, с величиной от 2-30С до 10-12°С относительно окружающих вод. Температура вод, как индикатор апвеллинга, лежит в основе большинства методов исследования этого процесса, хотя в роли таких индикаторов могут использоваться и иные показатели – например, численность фитопланктона, концентрация

Рис. 1 - Спутниковое изображение Черного моря от 17 июня 2005 г. Хорошо виден апвеллинг в районе Южного берега Крыма (отдельно выделен на врезке в нижнем правом углу)

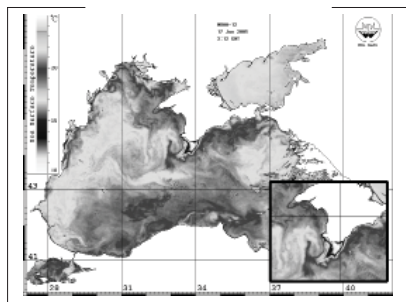


Рис. 2 - Резкая деформация квазидвуслойной структуры температурного поля. Дата измерения 1 августа 2013

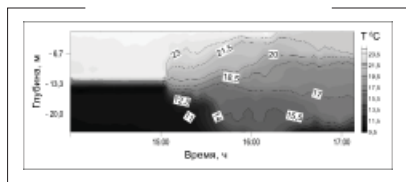


Рис. 3 - Прохождение внутренних волн. Дата измерения - 24 июля 2014 г.

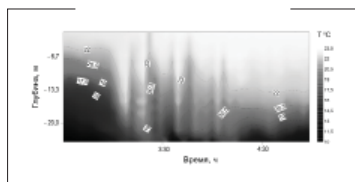


Таблица 1 – Измерительные характеристики термокосы

Параметр	Температура воды	Атмосферное давление
Точность	0,1°С	0,1 гПа
Разрешение	0,04°С	0,1 гПа
Период измерений	60 с	60 с

отдельных химических соединений или характеристики течений. С технической точки зрения, все инструментальные методы исследования можно подразделить на две основные группы: дистанционные и контактные. Для выявления апвеллингов дистанционными методами в основном используются спутниковые инфракрасные радиометры: определяются поля температуры на поверхности моря, а впоследствии на обработанных снимках визуально выделяются участки с охлажденными водами (Рис. 1). К достоинствам этого метода относится возможность охвата акватории целиком или ее значительной части, достаточно частая съемка (в зависимости от количества задействованных спутников может производиться до 8 снимков в сутки) и относительно высокое пространственное разрешение.

В то же время существует и ряд недостатков, присущих спутниковому зондированию. Так, во время прибрежного апвеллинга, нередко охватывающего сравнительно небольшую площадь акватории, может присутствовать сплошной облачный покров, непроницаемый для спутниковых сенсоров. Таким образом, на итоговом снимке апвеллинг может вовсе не наблюдаться. Есть и другие отрицательные эффекты, которые необходимо учитывать: в процессе интерполяции участков изображения могут возникнуть районы с охлажденной водой, в действительности не существующие. Еще одно ограничение, не позволяющее использовать спутниковые снимки, как единственный метод изучения апвеллингов – получение информации исключительно о поверхности моря, тогда как глубинные процессы остаются недоступными.

Поэтому для выявления апвеллингов, наряду с дистанционными, активно используются и контактные методы. Наиболее известными измерительными комплексами являются CTD-зонды различных конструкций, измеряющие соленость морской воды (через электропроводность) и температуру [1]. Измерение характеристик проводится путем погружения прибора на необходимые глубины. После зондирования данные переводятся в персональный компьютер для обработки и анализа.

К несомненным достоинствам CTD-зондов относятся высокая точность измерений, фиксация параметров на различных глубинах с малым интервалом (0,15 – 0,2 м), мобильность (современные модели для прибрежной съемки). Основное ограничение – невысокая временная дискретность.

Другим техническим комплексом для контактных измерений является термокоса. Один из таких приборов разработан в ФГБУН «МГИ РАН» и установлен на океанографической платформе ГБНУ РК «ЧПП» (пгт. Кацивели). Основная функция системы заключается в систематическом оперативном контроле термических процессов в прибрежной зоне, дополнительно фиксируется атмосферное давление и уровень моря. Конструктивно термокоса представляет собой последовательно расположенные на стальном тросе интегральные цифровые термометры серии Dallas Semiconductor, образующие термолинию. В основу термолинии заложен сетевой стандарт MicroLan. Результаты измерений передаются от термодатчиков сначала по кабелю связи на внешний концентратор, а затем по радиоканалу в режиме реального времени – на береговую систему сбора данных [5].

Термокоса имеет длину 28,11 м и включает в себя 16 термодатчиков, 10 верхних из которых расположены с интервалом в 1 м, а нижние 6 – с интервалом 2 м. Таким образом, термокоса охватывает водную толщу от глубины 1,8 м до глубины 22,8 м.

Помимо охвата значительного расстояния от поверхности до дна (21 м из 27 м) и фиксированного расстояния между термодатчиками выделяются такие особенности, как автономность функционирования и высокая дискретность по времени. Последнее выражается в фиксации значений температуры каждые 60 с, а точность составляет 0,1°С. Более подробные характеристики измерительных параметров приведены ниже (Табл. 1).

При выявлении апвеллинга термокоса дает значительное преимущество в сравнении с CTD-зондами за счет высокой частоты измерений. Детализированные температурные профили позволяют отслеживать ежеминутные изменения при вертикальном движении холодных вод, а при анализе полученных данных отмечать сопутствующие процессы. Так, в частности, было замечено частое возникновение внутренних волн на

стадии завершения апвеллинга.

Помимо апвеллингов термокоса позволяет выявить различные океанографические явления, такие как мелкомасштабные турбулентные процессы, внутренние волны, колебания глубины залегания термоклина и другие. Отдельные примеры приведены ниже на рисунках 2 и 3.

Благодарности. Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ №14-45-01034.

Выводы. В работе рассмотрены основные представления о дистанционных и контактных методах исследования апвеллинга, приведены примеры наиболее типичных способов обнаружения этого явления по температурному критерию. Отдельное внимание уделено термокосе – инструментальному средству для непрерывной записи значений температуры воды на фиксированных глубинах. Приведены примеры океанографических явлений, обнаруживаемых с помощью термокосы.

Для достоверной и более полной интерпретации эволюции трехмерной структуры гидрофизических полей в процессе апвеллинга необходим комплексный подход, сочетающий использование как контактных, так и дистанционных методов исследования.

Литература.

1. Архипкин В.С., Лазарюк А.Ю., Левашов Д.Е., Рамазин А.Н. Океанология: Инструментальные методы измерения основных параметров морской воды: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2009. – 336 с.
2. Джиганшин Г.Ф., Полонский А.Б., Музылева М.А. Апвеллинг в северо-западной части Черного моря в конце летнего сезона и его причины // Морской гидрофизический журнал. 2010. №4. С - 45-57
3. Иванов В.А., Михайлова Э.Н. Апвеллинг в Черном море. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика». – 2008. – С. 92
4. Климова Т.Н., Загородняя Ю.А., Чекуленева Н.И., Доценко В.С. Состояние зоо- и ихтиопланктонных комплексов в бухте Ласпи в 2009-2010 гг. – Заповедники Крыма. Биоразнообразие и охрана природы в Азово-Черноморском регионе. Материалы VI Международной научно-практической конференции (Симферополь, 20-22 октября 2011 г.). – Симферополь, 2011. – С. 297-302
5. Медведева А.В. Современные технологии изучения апвеллинга на примере использования термокосы //Материалы молодежной научно-практической конференции «Экологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление прибрежной зоной» (29 сентября – 5 октября 2014 г.) / Под ред. С.И. Рубцовой – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. – 226 с.
6. Морской портал ФГБУН «МГИ РАН» – <http://dvs.net.ru/>

ДОКЛАДЧИК:

Мелин Даниил Анатольевич
(Melin Daniil Anatol'evich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГБОУ ВПО «Кемеровский
государственный университет»
(Kemerovo State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Мелин Даниил Анатольевич
(Melin Daniil Anatol'evich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Биоремедиация техногенно нарушенных земель с использованием
удобрения-мелиоранта на основе сапропеля

Bioremediation of anthropogenic disturbed lands using fertilizer-meliorant on
the basis of sapropel

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Кузбасс занимает седьмое место в мире по угледобыче, которая приводит к нарушениям ландшафта карьерно-отвальными комплексами и образованию отрицательных форм рельефа.

Annotation

Kuzbass is ranked seventh in the world in coal mining, which results in deterioration of landscape career-as well complexes and the formation of negative forms of relief.

Ключевые слова: сапропель; загрязнитель; биоремедиация; техногенные почвы; тест-объект; растения

Keywords: sapropel; pollutant; bioremediation; anthropogenic soil; test object; plants

В процессе горного производства образуются и быстро увеличиваются площади, нарушенные горными разработками, которые представляют собой бесплодные поверхности, отрицательно влияющие на окружающую природную среду. В результате угледобычи площадь нарушенных земель в Кузбассе превышает 100 тыс. га. За последние годы рекультивировано около 20 тыс. га, остальные техногенные земли подвергаются естественному зарастанию. Но самовосстановление экологического равновесия происходит медленно, что связано с отсутствием плодородного слоя на нарушенных территориях, высоким содержанием тяжелых металлов, их солей и радионуклидов, выносимых в результате угледобычи на поверхность земель.

Тяжелые металлы, их соли и радионуклиды, выносимые при угледобыче на поверхность почв, на сегодняшний день относят к числу наиболее распространенных загрязнителей, накапливающихся в почвах и поступающих в биоценозы вместе с промышленными отходами (Амосова А.А., 2004). Они разносятся ветром, аккумулируются растениями и по пищевым цепям попадают в организмы животных, оказывая на них токсическое, мутагенное и канцерогенное воздействие. Это, в свою очередь, отражается на здоровье населения и является одной из причин усиления экологической напряженности в районах угледобычи.

Сапропель дает возможность биоремедиации истощенных, техногенно нарушенных земель и создания плодородного слоя, что будет препятствовать распространению опасных веществ на сопредельные территории, а так же снижать токсические эффекты почв угольных разрезов. Сапропель – это биогенное вещество, образующееся на дне пресноводных водоемов в результате естественных процессов бактериального разложения продуктов животного и растительного происхождения, протекающих при малом доступе кислорода. Возможно улучшение качества удобрения-мелиоранта при добавлении в его состав цеолита. Цеолиты – группа близких по составу и свойствам минералов, известных своей способностью удерживать, отдавать и вновь поглощать воду в зависимости от температуры и влажности. Также включение цеолита препятствует процессам синерезиса (самоуплотнение под действием сжатия), благодаря чему эффективность действия удобрения будет носить более пролонгированный характер.

В составе сапропеля имеются все питательные вещества, необходимые для роста и развития растений. В нем определены гуминовые вещества, целлюлоза, липиды, аминокислоты, витамины группы В, Е, С, D, Р, многие ферменты (каталазы, пероксидазы, редуказы, протеазы). Органическая масса сапропелевого удобрения отличается высоким содержанием гидролизуемых веществ, таких, как аминокислоты, углеводы, гемицеллюлоза, азотсодержащие соединения, водорастворимые, легкогидролизуемые и гуминовые вещества, целлюлоза, лигнин, липиды, ароматические эфиры, каротиноиды, ксантофиллы, спирты, кислоты, стерин, производные хлорофилла, фосфолипиды, углеводороды. Минеральная часть сапропеля, представляющая собой основную составляющую сапропелевого удобрения, содержит большое количество микроэлементов, таких как: Co, Mn, Cu, B, Zn, Br, Mo, V, Cr, Be, Ni, Ag, Sn, Pb, As, Ba, Sr, Ti и макроэлементов – соединения азота, фосфора, калия, серы,

необходимых для роста и развития растений (Мироненко И.А., 2014).

При внесении его в почву сапропель способен удерживать в себе молекулярную воду, равномерно распределять необходимые растениям элементы, сорбировать на себе радионуклиды и тяжелые металлы, улучшать структуру почв, обогащать их органическим веществом, снабжать растения основными питательными элементами, повышать их урожайность. Цель исследования: исследование возможности использования удобрения-мелиоранта на основе сапроделя для нейтрализации токсических эффектов почв угольных разрезов, а также анализ эффективности различных видов сапропелевого рекультиванта при его использовании для восстановления техногенно нарушенных земель.

Материалы и методы: почвогрунт угольного разреза «Энергетик», сапропель, добытый из озера Большой Берчикуль Кемеровской области, цеолитовая крошка Пегасского месторождения Кемеровской области. Биологическими тест-объектами являлись Кресс-салат (*Lepidium sativum*) и Репчатый лук (*Allium cepa*).

На первом этапе исследований проводился сравнительный анализ химического состава почвогрунта, взятого с разреза «Энергетик», сапропелей озер Утинка и Берчикуль, Тисульского района.

Так как ценность сапропелей определяется содержанием усваиваемых форм азота, фосфора, калия, серы и благоприятной реакцией среды (рН), было проведено сравнительное сопоставление соответствующих параметров в исследуемых субстратах. Химические анализы почвогрунта угольного разреза «Энергетик» были проведены на базе Испытательного центра по агрохимическому обслуживанию с/х производства «Кемеровский». Исследования сапропелей проведены Государственным центром агрохимической службы «Астраханский».

На следующем этапе осуществлялась оценка всхожести растений: эспарцет песчаный, донник желтый, кострец безостый на следующих субстратах: почвогрунт с угольного разреза без добавления сапроделя (контроль), почвогрунт с добавлением сапроделя озера Утинка (опыт).

При проведении лабораторных исследований использовали сапропелевый рекультивант, сырьем для которого послужил сапропель, добытый с озера Утинка Тисульского района. Сапропелевый рекультивант в виде крошки диаметром 0,5-1,0 см наносили на почвогрунт, применяемый на угольном разрезе ООО «Энергетик», Кемеровской области для биологической рекультивации, в качестве контроля использовали этот же субстрат без сапроделя. На подготовленные почвогрунты высевали стандартную злаково-бобовую травосмесь, включающую: эспарцет песчаный, донник желтый, кострец безостый по 50 семян каждого вида растений. Следует отметить, что в первый год рекультивации на восстанавливаемой территории используются злаково-бобовая травосмесь, так как злаки способствуют задержанию почвы, а бобовые – обогащению почвы азотом. Оценку всхожести провели через 20 дней после посева.

Затем оценивали морфометрические показатели растений в контроле и опыте.

Следующим этапом работы являлась оценка влияния добавления сапроделя в почвогрунт угольного разреза «Энергетик» на всхожесть и морфометрические показатели растения-биоиндикатора загрязненности почв токсикантами – кресс-салата.

В зависимости от результатов опыта субстратам присваивали один из четырех уровней загрязнения:

1. Загрязнение отсутствует. Всхожесть 90-100%
2. Слабое загрязнение. Всхожесть 60-90%
3. Среднее загрязнение. Всхожесть 20-60%
4. Сильное загрязнение. Всхожесть менее 20% (Ашихмина Т. Я., 2008).

На следующем этапе исследования для изучения динамики роста производили замер длину побега растений. На десятый день вегетации растения извлекали из субстратов и проводили замер длины, побега, взвешивание растений. Так как растения контрольного образца погибли на четвертый день опыта, был произведен замер растений салата, проросших на опытных образцах.

Воздействие солей металлов на делящиеся клетки растений изучали с помощью стандартного *Allium*-теста. В качестве модельной системы использовали корневую меристему шестидневных проростков лука репчатого *Allium cepa* L. сорта «Стригуновский» (Амосова А. А., 2008).

Для оценки цитотоксического действия веществ использовали методику подсчета митотического индекса.

На следующем этапе исследования производился анализ цитогенетических нарушений и аномалий митоза, обусловленных генотоксическим влиянием веществ, содержащихся в почвогрунте угольного разреза. В опыте использовались давленные ацетокарминивые препараты корешков лука, выращенных на контрольном субстрате. Учитывались следующие нарушения: хромосомные и хроматидные мосты, являющиеся следствием фрагментации хромосом; забегания и отставания хромосом, обусловленные нарушением веретена деления; кариорексис и наличие атипичных ядер. Всего было проанализировано 6000 клеток.

Результаты исследований.

Анализ химического состава субстратов

Данный анализ показал, что наиболее благоприятную реакцию pH среды - 8,1 имеет сапропель озера Утинка. Данный субстрат обладает слабощелочной реакцией, что способствует наибольшей активности ферментов, содержащихся в нем, и наиболее подходит для эффективного почвообразования. Это, в свою очередь, благоприятствует процессам восстановления нарушенных земель. Также установлено, что реакция pH среды почвогрунта разреза «Энергетик» и сапропель озера Большой Берчикуль составили 7,5 и 6,5 соответственно.

По показателям содержания органического вещества, нитратного азота, фосфора, калия, кальция сапропель озера Утинка в значительной степени превосходит данные показатели грунта разреза, но уступает сапропелю озера Берчикуль по таким показателям как: органическое вещество: в 2,3 раза, азот: в 4,3 раза, кальций: в 9,4 раза и опережает по содержанию серы: в 3,5 раза, фосфора: в 4,5 раза, калия: в 1,9 раз, меди: в 2 раза, марганца: в 1,8 раз, кобальта: в 8 раз.

Содержание макро- и микроэлементов сапропелей находится в пределах допустимых значений в соответствии с ГОСТ Р 54000-2010 (Удобрения органические. Сапропели. Общие технические условия).

Оценка всхожести растений: эспарцет песчаный, донник желтый, кострец безостый

Всхожесть растений в опыте варьировала от 60 до 68%, а в контроле от 16 до 20%. Всхожесть растений на почвогрунте с добавлением сапропеля повысилась в 4-4,3 раза (Эспарцета в 4 раза, Костреца – в 4,3 раза).

При проведении опыта было обнаружено, что Донник в контроле без сапропеля не взошел, то есть всхожесть равна 0, в то время как в опытном образце его всхожесть составила 66% что свидетельствует о нецелесообразности использования Донника в травосмеси без применения органоминеральных удобрений в рекультивации нарушенных земель.

Морфометрический анализ вегетативных органов растений: эспарцет песчаный, донник желтый, кострец безостый

Морфометрический анализ вегетативных органов растений показал, что средние значения высоты побега и длины корня у всех испытуемых видов растений статистически достоверно ($p < 0,05$) выше в опыте по сравнению с контролем. Для эспарцета длина побега оказалась в среднем больше в 9,4 раза, корня – в 1,7 раза. Для костреца – в 4,3 и 1,5 раза соответственно. Использование сапропеля при рекультивации нарушенных земель в значительной степени повышает всхожесть и морфометрические показатели исследуемых растений.

Всхожесть и морфометрические показатели кресс-салата

Контрольному субстрату был присвоен 4 уровень загрязнения (сильное), а всем опытным образцам – 1 уровень (загрязнение отсутствует). Таким образом, показано, что сапропель, внесенный в опытные субстраты, нивелировал токсическое воздействие веществ, содержащихся в почвогрунте угольного разреза, и обеспечил оптимальную всхожесть растений в опытных субстратах. Суммарную оценку всхожести проводили на десятые сутки от начала опыта. Самый высокий показатель всхожести получен для опытного образца 3, содержащего сапропель и цеолитовую крошку в соотношении 1/10, где окончательный результат всхожести на 10 сутки опыта составил 100%

На следующем этапе исследования для изучения динамики роста производили замер длины побега растений, извлеченных из субстратов на десятый день опыта. Так как растения контрольного образца погибли на четвертый день опыта, был произведен замер растений салата, проросших на опытных образцах (Табл.1).

Таблица 1 – Длина побега кресс-салата на различных субстратах

Субстрат	Длина побега, мм
Опыт 1	46,56
Опыт 2	44,96
Опыт 3	53,93

Морфометрический анализ длины побега показал, что ее средние значения у растений на опытном образце №3 статистически достоверно ($p < 0,05$) выше по сравнению с образцами №1 и 2.

Анализ цитологических и цитогенетических нарушений в корешках лука репчатого

Результаты изучения митотической активности в корешках лука позволили установить, что самое высокое значение митотического индекса имели растения на субстрате, содержащем почвогрунт разреза и сапропель, а самый низкий индекс показан для субстрата с добавлением цеолита. Соответствующие значения составили: 14,7% и 10,4%.

Определение цитогенетических нарушений в клетках корешков лука позволило установить, что такие повреждения, как забегания, отставания хромосом, хроматидные мосты, кариорексис и атипичная форма ядер чаще отмечаются на контрольном субстрате (Табл.2).

Таблица 2 – Длина побега кресс-салата на различных субстратах

Нарушения	Частота нарушений, %				
	Забегания	Отставания	Мосты	Кариорексис	Атипичная форма ядер
Контроль	3	1	2	2	2
Опыт 1	0	0	0	1	0
Опыт 3	1	0	0	0	0

Таким образом, По своему химическому составу сапропели озер Утинка и Берчикуль пригодны для использования в качестве почвообразователей и удобрений.

На основании того, что добавление сапропеля и цеолитовой крошки в почвогрунт угольного разреза способствовало повышению всхожести и морфометрических показателей таких растений как эспарцет песчаный, донник желтый, кострец безостый, кресс-салат можно сделать вывод о возможности и целесообразности использования данного субстрата для рекультивации нарушенных земель угольных разрезов.

В результате проведенных исследований установлено, что добавление сапропеля в почвогрунт разреза способствует повышению митотического индекса, что свидетельствует об интенсификации процесса деления клеток, а также снижению частоты встречаемости цитогенетических нарушений. Все это говорит о том, что добавление сапропеля в почвогрунт угольного разреза приводит к снижению мутагенных эффектов, вызываемых токсическими веществами, содержащимися в исследуемых субстратах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амосова, А. А. Эколого-генетическая оценка влияния солей тяжелых металлов на лук репчатый в условиях модифицирующего эффекта активного ила / А. А. Амосова. - Самара: Свобода, 2004. – 293 с.
2. Ашихмина, Т. Я. Экологический мониторинг / Т. Я. Ашихмина. - М.: Академический Проект, 2008. - 416 с.
3. МIRONENKO И.А. Поисково-оценочные работы донного ила на озере Утинка Кемеровской области / И. А. МIRONENKO. – Астрахань: Густав, 2014. – 214 с.

ДОКЛАДЧИК:

Мерициди Ираклис
Ираклиевич
(Meritsidi Iraklis Iraklievich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Российский государственный
университет нефти и газа имени
И. М. Губкина
(Gubkin Russian State
University of Oil and Gas)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Мерициди Ираклис Ираклиевич
(Meritsidi Iraklis Iraklievich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Совершенствование технологии ликвидации разливов нефти при авариях на подводных трубопроводах
Improving the technology of oil spill response in case of accidents on underwater pipelines

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Рассмотрено влияние различных факторов на применимость как традиционных, так и вновь предлагаемых методов локализации при авариях на морских трубопроводах, а именно: физико-химических свойств перекачиваемой нефти (состав, вязкость, температура застывания, воспламеняемость, агрессивность, толщина пленки и т.д.); параметров окружающей среды (время с начала разлива, видимость в районе аварии, сила ветра, течение, состояние моря, соленость, температура воды и воздуха); ледовой обстановки (индекс льда, концентрация льда, нефть на льду или подо льдом). Показана применимость методов реагирования на разливы нефти в зависимости от сплоченности льда, скорости ветра, высоты волны и видимости. Отмечена необходимость изучения влияния таких факторов, как глубина расположения морского трубопровода, интенсивность истечения нефти из трубопровода, влияние температуры и скорости течения в точке разлива.

Annotation

The influence of various factors on the applicability of both traditional and newly proposed methods of localization accidents at sea pipelines is shown in the paper, including: physico-chemical properties of the pumped oil (composition, viscosity, pour point, flammability, aggressiveness, film thickness, etc.); environmental parameters (time from the beginning of the spill, the visibility in the area of the accident, the wind speed, state of the sea, salinity, water and air temperatures); ice conditions (ice index, the concentration of ice, quantity of oil on ice or under the ice). The applicability of methods for responding to oil spills depending on the ice concentration, wind speed, wave height and visibility is presented. The need to study the impact of factors such as the depth of the offshore pipeline, the intensity of the expiry of the oil from pipeline, the effect of temperature and flow rate at the point of dispensing is pointed out.

Ключевые слова: Разливы нефти; морские трубопроводы; свойства нефти; ледовая обстановка; параметры окружающей среды

Keywords: Oil spills; offshore pipelines; oil properties; ice conditions; environmental parameters

Современная технология проектирования, строительства и эксплуатации трубопроводов, особенно морских быстро развивается, однако полной безопасности достичь невозможно. Так в Мексиканском заливе количество аварий составляет 0,2 аварий/год/1000 км трубопроводов, а в Северном море 0,3 аварий/год/1000км для морских трубопроводов. Негативным последствием аварии является разлив нефти и нефтепродуктов, для ликвидации которых применяются различные методы.

Традиционными методами локализации и ликвидации разливов нефти, принято считать [4]:

Механический метод, включающий различного рода ограждения и последующий сбор с помощью разнообразной нефтесборной техники.

Применяются боновые ограждения морского и в ряде случаев океанского класса. Для их установки используются катера бонопостановщики, специализированные и вспомогательные суда.

Нефтесборщики могут применяться как и судовые так и заборные (дисковые, щеточные, барабанные, тросс-швабра и специально созданные для морских условий, например нефтесборщик «Фрамо». Для сбора разлитой высоковязкой нефти могут применяться как рыболовецкие, так и специальные сети. На эффективность механического метода существенное влияние оказывают: индекс и концентрация льда в%, состояние моря в баллах Бофорта (1-12), физико-химические свойства нефти (вязкость, плотность, температура застывания), продолжительность после разлива в часах или днях и другие факторы.

Химическое диспергирование поверхностного пятна.

Способ локализации, при котором нефтяное пятно с помощью диспергентов расщепляется на мелкие капли, которые рассеиваются в толще воды.

Химические диспергенты наносятся на нефтяное пятно, чтобы увеличить естественную дисперсию, уменьшая поверхностное натяжение на границе нефтяной и водной фазы, облегчая для волн создание маленьких нефтяных капелек. Для эффективной дисперсии, размер нефтяной капельки должен быть в диапазоне от 1 мкм до 70 мкм самым устойчивым размером капельки для диспергирования, является размер меньше чем 45 мкм. Для нанесения диспергентов используются разные воздушные или корабельные системы.

На эффективность применения метода диспергирования существенное влияние оказывают: скорость ветра, состояние моря, физико-химические свойства нефти (вязкость, плотность, температура застывания), солёность моря, температура окружающей среды, тип применяемого диспергента и другие факторы.

Для реагирования на аварии на морских трубопроводах и подводных нефтегазовых объектах предлагается химическое диспергирование у источника разлива. В последние годы ведутся работы по уменьшению экологического ущерба для окружающей среды при применении химического диспергирования, так взамен традиционных диспергентов предлагается использовать в качестве диспергирующего агента «нефте-минеральные агрегаты (в сокр. англ. аббревиатура – ОМА)

Применение химического диспергирования в Российской Федерации должно быть санкционировано Госкомрыболовством России и Министерством природных ресурсов России. Кроме того, следует учитывать, что к применению в Российской Федерации допускаются только те диспергенты, которые разрешены Минздравом России и зарегистрированы в Российском Реестре потенциально опасных химических и биологических веществ.

Контролируемое сжигание.

Возможен вариант контролируемого сжигания нефти попавшей при разливе на лёд или находящейся в среде битого льда. Также можно эффективно сжигать нефть, появившуюся в результате намеренного вскрытия льда в море или вслед за обнажением нефти изнутри или из-под льда припая. Легкие нефти сначала легко возгораются, но после воздействия атмосферных влияний возгораются труднее. Для определения «окон возможностей» для сжигания нефти на месте необходимо проводить испытания с различными типами нефти. На эффективность метода контролируемого сжигания существенное влияние оказывают: концентрация льда, толщина пятна разлива, физико-химические свойства нефти (вязкость, плотность, температура застывания) и другие факторы.

Для совершенствования методов локализации и ликвидации в первую очередь необходимо определить окна возможностей их применимости, для чего обычно используют различного рода методики и математические модели.

С помощью одной из таких моделей (Модель RAOS[1]), построенной методом байесовских сетей, были определены окна возможностей методов ликвидации в зависимости от различных факторов, а именно:

- Физико-химических свойств перекачиваемой нефти (состав, вязкость, температура застывания, воспламеняемость, агрессивность, толщина плёнки и т.д.);
- Параметров окружающей среды (Время с начала разлива, видимость в районе аварии, сила ветра, течение, состояние моря, солёность, температура воды и воздуха);
- Ледовой обстановки (Индекс льда, концентрация льда, нефть на льду или подо льдом).
- Глубины расположения морского трубопровода;
- Интенсивности истечения нефти из трубопровода;
- Влияния температуры и скорости течения в точке разлива.

В качестве примера, такого рода расчётов можно представить данные, полученные в ходе реализации программы по изучению нефтяных разливов в Арктике [2] и таблицы эффективности различных методов ликвидации разливов нефти в зависимости от сплоченности льда [3] дополненные результатами расчётов с помощью модели RAOS таблица 1.

Зеленые линии указывают, что условия считаются благоприятными для данного метода. Красные пунктирные линии указывают, что условия могут помешать данной операции реагирования. Белые блоки указывают, что в этих условиях применение метода не возможно.

Использование такого рода таблиц позволит эффективно выбрать метод реагирования и существенно сэкономит время и средства на ликвидацию разлива нефти.

Таблица 1 – Применимость методов реагирования на разливы нефти в зависимости от сплоченности льда, скорости ветра, высоты волны и видимости

Ограничивающий фактор	Сплоченность льда, %						Скорость ветра, м/час			Высота волны, м			Видимость *		
Условия	Открытая вода	10 - 30%	30 - 50%	50 - 70%	70 - 90%	Твердый лёд	0 - 20	21 - 35	>35	<0,91	0,91-1,83	>1,83	Высокая	Умеренная	Низкая
Механическая очистка															
Стандартная схема боны и скиммеры															
Использование скиммера и ледокола															
Новые методы (вибрационный блок, система Морис)															
Сжигание на месте:															
Использование огнеупорных бонов															
Сжигание на месте в плотном льду															
Диспергенты:															
Распыление с самолетов															
Распыление с вертолетов															
Распыление с лодок, вручную															
Распыление с лодок, с гидропушки															

Список литературы:

1. Westerberg V. 2012 Arctic oil spill response (Recovery operations-management and performance).
2. Sorstrom S.E., Brandvik P.J., Buist I. et al. 2010. Joint industry program on oil spill contingency for Arctic and ice-covered waters: Summary report. SINTEF report A14181. SINTEF. Trondheim, Norway. www.sintef.no/Projectweb/JIP-Oil-In-Ice/Publications/.
3. Evers K, Sorheim K.R., Singaas I. (2006). Oil Spill Contingency Planning in the Arctic – Recommendations. Arctic Operational Platform (ARCOP).
4. Техника и технологии локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов: Справ. под ред. И.А.Мерициди. - СПб.:НПО «Профессионал», 2008.- 824с.

ДОКЛАДЧИК:

Некрасов Павел Вячеславович
(Nekrasov Pavel V.)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Опробование химического состава водосборной площади р.Вурлам и её притоков

The chemical composition of catchment area of the vourlam and its tributaries

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Пермский государственный
национальный исследовательский
университет
(Perm State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Некрасов Павел Вячеславович
(Nekrasov Pavel V.)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Автором проведено полевое гидрогеохимическое опробование р. Вурлам и её притоков в Гайнском районе Коми-Пермяцкого округа Пермского края. Анализ проб воды с водосборной площади реки Вурлам показал наличие йода в концентрациях превышающих средние показатели от 111 до 378 раз. Содержание йода в воде от 0,2 до 0,68 мг/дм³. Появление йода в речной воде связано с выходами на поверхность сильноминерализованных подземных вод, образовавшихся в рифогенных структурах древнего Пермского моря.

Annotation

The author conducted a field hydrogeochemical sampling p. Vourlam and its tributaries in the region Gaynskom Permian Komi District of Perm Krai. Analysis of water samples from the catchment area of the river Vourla showed the presence of iodine in concentrations exceeding the averages from 111 to 378 times. The iodine content in the water from 0.2 to 0.68 mg / dm³. The appearance of iodine in river water was due to the surface highly mineralized groundwater formed in ancient reef structures Perm Sea

Ключевые слова: гидрогеохимические исследования; йодные минеральные воды; Гайнский район Пермского края

Keywords: hydrogeochemical studies, iodine mineral water Gaynsky district of Perm Krai

Летом 2014 года была организована инициативная экспедиция авторов – студентов-гидрогеологов ПГНИУ в Гайнском районе Коми – Пермского округа и происходившая в форсированном режиме в сжатые сроки – с 14 по 17 августа 2014 года. За этот короткий период был обследован малоисследованный участок, в котором до точки опробования пройдено около 15 км по сложному таёжному массиву. Целью работы явилось изучение состава поверхностных и подземных вод в водосборной площади р. Вурлам, на выявление рассеянных элементов, в частности йода. Актуальность данной темы состоит в растущей потребности человека в микроэлементах, в частности йода для различных сфер нашей жизни, от медицины до промышленности. И потребность населения в рекреационных территориях.

Исследование подземных вод на этой территории было решено проводить через первичное изучение поверхностных вод, так как в окрестностях отсутствуют какие либо скважины для непосредственного наблюдения за подземными водами. Так как поверхностные воды, реки в большинстве своём питаются выходами подземных вод и являются их индикаторами, поскольку все воды на планете связаны между собой водообменном.

Добыча большинства рассеянных элементов связана с комплексной переработкой минерального сырья, т.к. их источниками служат руды более распространенных элементов. Бром и йод добывают из озерных рассолов и глубоких подземных вод, йод, кроме того, из водорослей [2]. Мировые запасы йода (без СНГ) в промышленных месторождениях 2,6 млн. т.. Тогда как например, мировые разведанные запасы железной руды составляют порядка 160 млрд тонн [4]. И из этого возникает проблема в масштабах страны – обладание важным во многих отношениях запасом йода и его сбережения.

Отобранные на исследуемой территории пробы воды были переданы сначала в лабораторию гидрохимического анализа кафедры динамической геологии и гидрогеологии ПГНИУ на КХА (количественный химический анализ). По результатам испытаний этого анализа - проб можно сделать следующие выводы:

Все пробы имеют слабую минерализацию < 0.5 г/л; принадлежат к гидрокарбонатным водам; весьма пресные; пресные; pH от 6.84 до 7.28. Нейтральная.

Но также присутствуют превышающие допустимые концентрации значения железа общего почти в 2 раза и перманганатной окисляемости (это показатель отражает общую концентрацию органики в воде) в 4 раза.

Для определения количества йода из-за невозможности проведения в университетской лаборатории, было решено обратиться в Лабораторию геохимии пород и флюидов КамНИИКИГС. Протокол от 10.09.2014 (Таблица)

Таблица 1

Номер пробы	Точка отбора	Метод анализа по МВИ	Ед. измерения	Йодид-ион, I-
1	р. Копья	ФР.1.31.2002 00649(2006)	мг/дм ³	Менее 0,2
2	р. Вурлам	ФР.1.31.2002 00649(2006)	мг/дм ³	0,68±0,16
4	р. Ольховка	ФР.1.31.2002 00649(2006)	мг/дм ³	0,68±0,16

КХА для определения йода проводилось по методике ФР 1.31.2002.00649

По завершению этого анализа можно выделить превышение ПДК всех проб, в частности:

Проба 1. р. Копья превышение над средним содержанием йода в речных водах в 111 раз; 0,2 мг/дм³

Проба 2. Р. Вурлам превышение над средним содержанием йода в речных водах в 378 раз; 0,68 мг/дм³

Проба 3. Неизвестный приток, исследовательский материал был израсходован при общем анализе

Проба 4. Р.Ольховка превышение над средним содержанием йода в речных водах в 378 раз; 0,68 мг/дм³

Тогда как среднее содержание йода в речных водах составляет 0,0018 мг/дм³

Из чего следует, что водосборная площадь р. Вурлам весьма йодонасыщенная и перспективна для дальнейших исследований.

Йод содержащийся в реке Вурлам гипотетически имеет осадочно-реликтовое происхождение из рифогенных структур, образовавшихся на дне некогда существовавшего на территории нынешнего Пермского края древнего моря в результате преобразования живых организмов, в частности водорослей и выделения из них микроэлементов; в последующем растворённым элементом в подземных и поверхностных водах исследуемого района. Следует предположить, что имеется выход подземных йодсодержащих вод в районе северной части Вятско-Пермских увалов и разгрузка в водосборную площадь реки Вурлам. Исходя из речных концентраций йода предполагаются соответствующие концентрации йода в подземных водах. Поскольку Выходы сильноминерализованных подземных вод обладают малым дебитом и существенного влияния на гидрохимический состав реки не оказывают. По мере удаления от этих источников концентрация микроэлемента снижается за счет разбавления и потерь йода в процессе испарения.

Научная новизна кроится в больших речных концентраций йода на платформенной части 0,68 мг/л. Это уникальное явление так как в сравнении с содержаниями йода на водозаборах р. Ангара в районе городов Иркутск (0,0023 мг/дм³) и Ангарск (0,0067 мг/дм³) Среднее содержание йода в речных водах составляет 0,0018 мг/дм³ [Гольдшмидт, 1938]; [4].

Значимость результатов заключается в исследовании и получении конкретных данных на малоизученной территории Пермского края.

Особую благодарность автор объявляет Шестову И.Н. за проведение консультаций и помощь в проведении анализов-проб, а также своему руководителю Минькевич И.И. за предоставление справочного материала. Также сотрудников лабораторий гидрохимического анализа и Лаборатории геохимии пород и флюидов КамНИИКИГС за проведение анализов-проб.

Литература

1. Данилов Д .Е., Царфис П .Г. Справочник по курортологии и курортотерапии. Москва, 1973;
2. Зырянов М. Н., Надольский А. П., Основы технологии получения рассеянных элементов, М., 1968;
3. Карцев А. А Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. Москва, 1963, - 353с.;
4. Савченков М. Ф., Селятицкая В. Г., Колесников С.И. и др. Йод и здоровье населения Сибири. Новосибирск: Наука, - 2002. - 286 с

ДОКЛАДЧИК:

Пономарев Андрей
Александрович
(Ponomarev Andrey)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Тюменский государственный
нефтегазовый университет
(ТГНГУ)
(Tyumen state oil and gas University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Пономарев Андрей Александрович
(Ponomarev Andrey)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Томография в геологии. Опыт 3d моделирование и анализ структурных особенностей горных пород методом компьютерной микротомографии. Мировой и собственный опыт

Tomography in geology. Experience 3d modeling and analysis structural features of rocks method of computed microtomography. World and own experiences

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В работе кратко освещено современное состояние компьютерной томографии в России и Море применимо к нефтегазодобывающей отрасли. Кроме того изложен принцип работы компьютерного микротомографа Skyscan 1172 и приведены примеры собственного его использования в решении геологических задач.

Annotation

The paper provides a brief overview of world experience of applying tomography in Geology, as well as examples of solving geological problems based 3D modeling of the microstructure of reservoir rocks.

Ключевые слова: компьютерная микротомография, 3D модель, горная порода, коллекторские свойства, нефть, цифровой анализ, керн, изотропность, анизотропность

Keywords: computer microtomography, 3D model, rock, reservoir properties, oil, digital analysis, core, isotropy, anisotropy

Компьютерная микротомография или микро-КТ - это реконструкция бинарных моделей рентгеновских изображений в трехмерное пространство. Принцип действия прибора представлен на рисунке 1. Образец устанавливается в сканер, на предметный столик, который в ходе сканирования вращается, в этот момент через образец проходят рентгеновские лучи, испускаемые источником, оставляя на приёмнике(камере) теневые проекции. При каждом повороте фиксируется отдельная проекция (отдельное двумерное изображение, отвечающее интенсивности рентгеновского излучения после прохождения последнего через изучаемый образец, называется теневой проекцией).

Яркость (различные градации серого) на рентгеновской теневой проекции отражает ослабление рентгеновского излучения за счет эффектов рассеивания и поглощения сигнала, прошедшего через образец.[1,3]

Ослабление будет зависеть от плотности и толщины изучаемого объекта, а так же от эффективного атомного номера (Zэф), из которого состоит исследуемый образец. В случае с изучением геологических объектов, когда применяются источники излучения с энергией до 100 kV, основным процессом, определяющим ослабление рентгеновского излучения, будет фотоэлектрическое поглощение.

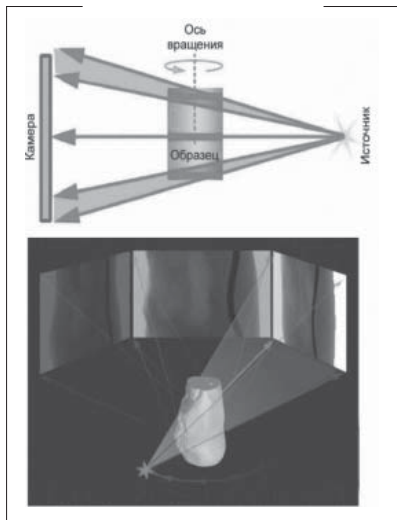
После сканирования в ходе реконструкции, проекции преобразуются в срезы толщиной один воксель, из которых затем строится 3D модель образца и анализируется. Максимальный размер образца для системы SkyScan 1172 по длине/ширине не должен превышать 64 мм. Максимальная высота – 70 мм. В геологии Западной Сибири постоянно происходит то время, когда нефтяные скважины фонтанировали. Наступает эпоха истощенных залежей и трудно извлекаемых запасов, что обуславливает постепенное внедрение в комплекс стандартных петрофизических исследования керна новых компьютерных технологии высокой точности.[3]

Современное состояние применения компьютерной томографии, как инструмент получения петрофизических свойств горных пород, в России и за рубежом.

В развитых странах Запада очень активно используют данный метод, используя комплексный подход. В России же компьютерная микротомография начала свое развитие около 5 лет назад, первый микротомограф был ввезен компанией Шлюмберже. В настоящее время в большинстве развитых предприятий нефтяной промышленности есть томографы, позволяющие оценить крупные особенности строения порового пространства в полноразмерном керне(кавернозность, крупную трещиноватость). Однако для получения точной информации о пористости разрешающей способности томографов недостаточно. И прибегают к применению компьютерной микро и нано – томографии. Основные преимущества:

- Определение пористости и морфологии порового пространства

Рис. 1 - Принцип работы микротомографа



горных пород(шлам, рыхлый грунт, кавернозные и трещиноватые коллектора).

Так же микротомография является полезным инструментом сравнительного анализа, изучая породу до каких-либо экспериментов и после, делать на основании этого выводы.

Сведения об авторе и научном руководителе

Пономарев Андрей Александрович, лаборант учебно-научной геохимической лаборатории, специалист по вопросам компьютерной микротомографии. Тюменский государственный нефтегазовый университет. Тел 89829313122, e-mail: ronomarev94@mail.ru

Заватский Михаил Дмитриевич, к.г.-м.н, доцент кафедры геологии месторождений нефти и газа, заведующий учебно-научной геохимической лаборатории. Тюменский государственный нефтегазовый университет. Тел: 89222670591, e-mail: eksis2005@yandex.ru

Список литературы

1. Д.В. Корост диссертация «Неоднородность строения терригенных коллекторов и типы структуры их пустотного пространства. (На примере верхней части Тюменской свиты Урненского нефтяного месторождения Западной Сибири)»
2. Вахрушева И.А. Гильманов Я.И. Патраков Д.П. Цифровой керн - новое направление петрофизических исследований керна. Современное состояние в России и Море. Сборник тезисов V научно-практической конференции суперкомпьютерные технологии в нефтегазовой отрасли. Математические методы, программное и аппаратное обеспечение, 2015 г., 112-116 с.
3. Пономарев А.А., Заватский М.Д. Методы применения компьютерной микротомографии в геологии. Известия высших учебных заведений НЕФТЬ И ГАЗ, 3/2015. С. 29-33.

ДОКЛАДЧИК:

Припачкина Дарья Павловна
(Pripachkina Daria Pavlovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Ферментативная активность грунтов как критерий оценки эколого-геологических условий урбанизированных территорий
The enzymatic activity of soils as a criterion for evaluating ecological and geological conditions of the urbanized territories

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московский Государственный
Университет им. М.В. Ломоносова
(Moscow State University
M. V. Lomonosov)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Припачкина Дарья Павловна
(Pripachkina Daria Pavlovna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Рассмотрено одно из свойств грунтов - ферментативная активность, на примере песков и суглинков города Москвы. При этом, оценена активность ферментов классов оксидоредуктаз и гидролаз. Показано, что этот показатель эффективен для оценки состояния грунта до глубины 7 метров.

Annotation

The paper is devoted to one of the properties of soils - the enzymatic activity on the example of sands and loams of Moscow. The activity of several types enzyme class: oxidoreductases and hydrolases were studied. It is shown that this indicator is effective to estimate the soil condition to a depth 7 meters.

Ключевые слова: окружающая среда; фермент; ферментативная активность; дегидрогеназа; пероксидаза; уреазы; фосфатаза; дисперсные грунты

Keywords: environment; enzyme; enzyme activity; dehydrogenase; peroxidase; urease; phosphatase; fine-grained soils

На территории крупных городских агломераций окружающая среда находится в зоне разностороннего воздействия. ТЭК, промышленные и жилые комплексы являются источником тяжёлых металлов, углеводородов и сложных органических соединений.

Понятие воздействия на окружающую среду и вреда окружающей среде изложены в федеральном законе (ФЗ) «Об охране окружающей среды». Однако данный закон не раскрывает методов оценки воздействия загрязнителей на окружающую среду. При возникновении правонарушений в сфере охраны окружающей среды оценить степень негативного воздействия не представляется возможным. Таким образом, поиск критериев оценки техногенного воздействия на окружающую среду является актуальным вопросом.

Нормативные документы предусматривают ряд критериев, отражающих

состояние грунтов в условиях техногенного воздействия. К ним относятся прямые (общая численность микроорганизмов (ОЧМ), фитотоксичность и биотоксичность), а также косвенные («дыхание» грунтов и биологическая активность) показатели биотических свойств грунтов. Косвенные показатели являются менее чувствительными к условиям окружающей среды и более применимы в эколого-геологических исследованиях. Однако существует ряд трудностей при их расчёте. «Дыхание» грунтов определяется интенсивностью выделения CO_2 . Однако на этот процесс накладываются биохимические реакции, связанные с поглощением CO_2 (что свойственно для хемосинтезирующих организмов) [2]. Биологическая активность является чрезвычайно неопределённым показателем. В методических указаниях Минздрава России (МУ 2.1.7.730-99) сказано, что перечень показателей для биологической активности определяется целями исследования, природой и интенсивностью загрязнения, характером землепользования.

Таким образом, требуется поиск более эффективных критериев оценки состояния грунта. К ним относится ферментативная активность. Она достаточно устойчива к климатическим воздействиям, не требует особого помещения для поддержания стерильности при проведении экспериментальных исследований. По мимо этого, существует возможность выбрать фермент, являющийся индикатором того или иного типа загрязнения. Однако в рамках теории грунтоведения, вопрос о возможности использования ферментативной активности при изучении состояния грунтов, остаётся открытым, и целью данной работы стала оценка рациональности использования данного показателя при проведении эколого-геологических исследований.

Для достижения поставленной цели были обозначены следующие задачи:

- изучение имеющихся данных об изменении ферментативной активности с глубиной;
- исследование и сравнительный анализ значений ферментативной активности грунтов на глубине и у поверхности;
- оценка влияния геологических факторов на формирование ферментативной активности грунтов.

Ферменты – это биологические катализаторы белковой природы, ускоряющие процесс метаболизма в клетке. Первые данные о ферментах были получены при изучении процессов брожения и пищеварения. Большой вклад в исследование брожения внес Л. Пастер, однако он полагал, что соответствующие реакции могут осуществлять только живые клетки. В начале XX века Э. Бухнер показал, что сбраживание сахарозы с образованием диоксида углерода и этилового спирта может катализироваться бесклеточным дрожжевым экстрактом. Это открытие стало основополагающим для выделения и изучения внеклеточных ферментов.

В 1926 году Дж. Самнер выделил первый фермент в чистом виде, уреазу [4]. Обезжиренную бобовую муку экстрагировали 31% уксусом, уксусный фильтрат выдерживали в холодильнике, в результате чего из раствора выпадали кристаллы фермента, которые затем сушили и перекристаллизовывали. Эта работа была встречена резкой критикой, так как метод выделения фермента и полученный препарат были чрезвычайно просты. Однако уже в 1929 году Дж. Нортроп выделил в кристаллическом виде фермент пепсин.

Наиболее важным выводом исследований первой половины XX века было то, что полученные препараты ферментов представляли собой чистые белки. Таким образом, был решен вопрос о природе биокатализаторов. Дж. Самнеру и Дж. Нортропу была присуждена нобелевская премия «за открытие явления кристаллизруемости ферментов». Сейчас выделено более 700 ферментов, но в живых организмах их число достигает 3000 [4].

В 1956 году «Международный биохимический союз» учредил «Международную комиссию по ферментам», которая разработала классификацию ферментов [4]. В соответствии с данной классификацией, по характеру катализируемых процессов ферменты делятся на 6 классов: оксидоредуктазы, гидролазы, лиазы, трансферазы, инвертазы, лигазы.

- Общими свойствами ферментов являются следующие:
- По химическому строению все ферменты являются белками.
- Скорость протекания реакции при участии фермента намного выше, чем в присутствии небелковых катализаторов.
- Ферменты обладают узкой специфичностью по отношению к веществам, превращение которых они катализируют (субстратам).

Необходимо отметить, что ферменты непрерывно поступают в грунт с прижизненными выделениями растений и животных, а также после их отмирания. Они значительное время сохраняют свою активность,

благодаря фиксации (иммобилизации) илистой и пылеватой фракциями грунтов, а также их органическим веществом. Таким образом, является целесообразным говорить о ферментативной активности грунтов.

Ферментативная активность грунтов, представляет собой совокупность процессов, катализируемых внеклеточными и внутриклеточными ферментами грунтовой биоты. Комиссия по ферментам Международного биохимического союза дает понятие о стандартной единице активности. Единица активности (Е) – это количество фермента, которое катализирует превращение одного микромоля субстрата в мин при стандартных условиях (в оптимуме pH, при избытке субстрата и температуре 37 или 20° С). Однако наиболее функциональной характеристикой ферментативной активности грунтов является скорость, с которой они катализируют ту или иную реакцию. Она измеряется скоростью превращения субстрата или скоростью накопления продуктов реакции.

Для определения ферментативной активности в представленных эколого-геологических исследованиях, был выбран спектрофотометрический метод исследований как наиболее современный, имеющий более высокий уровень воспроизводимости, точность которого составляет $\pm 0,03$. Данный метод основан на поглощении света в определенных участках спектра многими соединениями, являющимися активными группами ферментов, субстратами или продуктами реакции. Спектрофотометрический метод исследований отличается высокой чувствительностью, быстротой определения, малым расходом фермента и реактивов, также он позволяет следить за течением реакции во времени.

Сущность метода определения активности грунта заключается в следующем: навеску почвы насыщают антисептиком, добавляют буферный раствор с pH, оптимальным для данного фермента, и определенное количество субстрата. Реакционную смесь выдерживают в термостате (при температуре 30-37°С). После этого проводят количественный учет продуктов реакции. При исследовании ферментов, требующих присутствия кофакторов (ионов металлов, коферментов), концентрация которых может снижаться по мере очистки фермента, в реакционную смесь следует добавлять соли металлов, АТФ, НАДФ [1].

Анализируемыми ферментами в данной работе были представители оксидоредуктаз – дегидрогеназа (катализирует превращение трифенилтетразолийхлорида в трифенилформазан в процессе дыхания), пероксидаза (катализирует окисление гидрохинона до хинона за счёт кислорода, выделяющегося при разложении перекиси водорода) и представители гидролаз – уреазы (катализирует гидролиз мочевины), фосфатаза (катализирует гидролиз моноэфиров ортофосфорной кислоты) [1].

Для изучения ферментативной активности были опробованы дисперсные грунты из скважины на территории города Москвы (с глубин от 0,5 м до 7,0 м). По геологическим признакам и свойствам среди отобранных грунтов было выделено 5 инженерно-геологических элементов (ИГЭ): ИГЭ-1 (tIV) – насыпной грунт; ИГЭ-2 (a2III) – песок средней крупности, влажный и водонасыщенный, средней плотности; ИГЭ-3 (gldns) – суглинок тугопластичный; ИГЭ-4 (f,lgld-dns) – песок пылеватый, влажный и водонасыщенный, средней плотности; ИГЭ-5 (f,lgld-dns) – песок пылеватый, влажный и водонасыщенный, плотный. Необходимо отметить, что уровень грунтовых вод был зафиксирован на глубине 3,6 м.

Оценка активности грунтов проводилась в соответствии с классификацией Д.Г. Звягинцева, разработанной для почв [3]. Результаты исследований показали, что дегидрогеназная активность грунтов составляет менее 1 мг ТФФ/10 г почвы/сут, что соответствует очень бедной степени обогащённости. Однако необходимо отметить, что данная активность показала наивысшие значения у поверхности (0,51 мг ТФФ/10 г почвы/сут) и на глубине 3,6 м (0,46 мг ТФФ/10 г почвы/сут), что соответствует уровню грунтовых вод. Предположительно это связано со спецификой реакции, катализируемой дегидрогеназой. Данный фермент воздействует на субстрат в присутствии кислорода, источником которого являются атмосферный воздух и вода. Вероятно, это стало причиной высоких значений дегидрогеназной активности у поверхности и на уровне грунтовых вод.

Уреазная активность грунта в поверхностном слое (менее 1 м) составила 205 мг[NH₄]/10 г почвы/сут, что соответствует категории очень богатая. Однако уже на глубине 1,5 м она снижается до 1 мг[NH₄]/10 г почвы/сут, что соответствует очень бедной степени обогащённости грунта. Вероятно, уреазная активность оказалась наиболее чувствительной к содержанию поллютантов в техногенном грунте верхней части разреза, которые оказали на неё активизирующее воздействие.

Весь профиль грунтового массива по фосфатазной активности до глубины 7 м

относится к богатому (5-15 мг $\text{PO}_4/10$ г почвы/сут). На глубине 1,5 (песок средний) наблюдалось резкое снижение значений pH, с 7,2 до 6,4, с одновременным снижением фосфатазной (до 3,3 мг $\text{PO}_4/10$ г почвы/сут) и пероксидазной активностей (с 24 мг Хинона/1 г почвы/35мин на глубине 0,5 м до 2,7 мг Хинона/1 г почвы/35мин). Вероятно, данные активности являются наиболее чувствительными к pH среды. Однако на расстоянии 4 м от поверхности наблюдается резкий скачок пероксидазной активности до 11 мг Хинона/1 г почвы/35мин. Эта отметка соответствует залеганию моренного суглинка, вероятно, послужившего биогеохимическим барьером. Этот факт подтверждают и результаты исследований общей численности микроорганизмов (ОЧМ), где было выявлено, что их содержание на глубине 4 м резко возрастает (с $3 \cdot 10^6$ до $12 \cdot 10^6$ кое).

В результате проведенных исследований было установлено, что уровень ферментативной активности зависит от геологических факторов, таких как: тип грунта, глубина его залегания, уровень грунтовых вод, что было подтверждено исследованиями ОЧМ. Также было выявлено, что именно пероксидазная активность для данного типа разреза является характерным показателем его ферментативной активности.

Необходимо отметить, что одна из попыток применения ферментативной активности в комплексе инженерно-экологических изысканий была предпринята нами в ходе исследований состояния территории нефункционирующей птицефабрики «Мирная» Люберецкого района Московской области. Особенностью территории является наличие прудов-отстойников птицефабрики «Мирная», в которых в период ее работы накапливался куриный помет. Общая площадь прудов-отстойников около 5,2 га.

Было выявлено снижение фосфатазной и дегидрогеназной активности при увеличении содержания цинка и мышьяка, и обратная зависимость данных активностей при увеличении содержания кадмия. Полученные данные свидетельствует о чувствительности ферментативной активности при оценке состояния грунтов. Однако при проведении дальнейших эколого-геологических исследований необходимо выявление наиболее ярко выраженной ферментативной активности для данного типа грунта.

Также на исследованных грунтах была определена фитотоксичность (на примере культуры кресс-салата *Lepidium sativum*) и биотоксичность (на примере рачков *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg). Результаты исследований показали, что сухая масса растений была несколько ниже, чем на незагрязненном грунте, однако эта разница не превышает 30%. При этом всхожесть семян на загрязненном ТМ грунте в ряде случаев оказалась выше, чем на контроле. Рачки в вытяжках исследованных грунтов показали практически 100% развитие в пяти параллельных опытах. Таким образом, была выявлена меньшая чувствительность и информативность данных показателей к наличию загрязнений в грунте по сравнению с ферментативной активностью.

В результате накопленных данных можно сделать следующие выводы.

1. Показано, что ферментативные активности зависят от геологических факторов, таких как: тип грунта, уровень грунтовых вод.
2. Установлено, что пероксидазная активность является характерным показателем ферментативной активности для дисперсных грунтов города Москвы.
3. Показано, что для грунтов Москвы, суглинки моренных отложений являются естественным биогеохимическим барьером, что было подтверждено дополнительными исследованиями ОЧМ грунта.
4. Выявлено, что ферментативная активность является более чувствительным к загрязнениям, эффективным и информативным показателем состояния грунта по сравнению с применяемыми в настоящее время методами биотестирования.
5. Дальнейшие исследования и накопление опытных экспериментальных данных позволит установить характерные виды и величины ферментативной активности для различных типов грунтов, а также рекомендовать к рассмотрению возможность включения показателя ферментативной активности в систему инженерно-экологических изысканий в строительстве.

Литература:

1. Биссвангер Х. Практическая энзимология. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 328 с.
2. Кураков А.И., Ильинский В.В., Котелевцев С.В., Садчиков А.П. Биоиндикация и реабилитация экосистем при нефтяных загрязнениях. М.: Издательство «Графикон», 2006. – 336с.
3. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. Под ред. Минеева В.Г. – М.: МГУ, 2001. – 689 с.
4. Химическая энзимология. Учебник/ Варфоломеев С.Д. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.

ДОКЛАДЧИК:

Прокипчина Анна Николаевна
(Prokipchina Anna Nikolaevna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Российский Университет Дружбы
Народов
(Russian Peoples
Friendship University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Прокипчина Анна Николаевна
(Prokipchina Anna Nikolaevna)
Кулиева Гюльнара Александровна
(Kulieva Gulnara Aleksandrovna)
Свириденко Дмитрий Георгиевич
(Sviridenko Dmitriy Georgievich)
Баланова Ольга Юрьевна
(Balanova Olga Yuryevna)
Савосина Елена Александровна
(Savosina Elena Aleksandrovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Оценка эффективности использования нетрадиционных органических удобрений на дерново-подзолистых почвах

Evaluating the effectiveness of the use of non-traditional organic fertilizers on sod-podzolic soils

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Использование нового комплексного органоминерального удобрения пролонгированного действия СУПРОДИТ М снижает поступление тяжелых металлов (Cd и Ni) в зерно и является наиболее эффективным почвенным путем утилизации ООСВ.

Annotation

Using the new integrated long-acting organic fertilizer SUPRODIT M reduces the intake of heavy metals (Cd and Ni) in the grain and the most efficient utilization of soil by sewage water.

Ключевые слова: осадки сточных вод; тяжелые металлы; органоминеральное удобрение СУПРОДИТ М

Keywords: sewage sludge; heavy metals; fertilizers SUPRODIT M

Проблема восстановления загрязненных территорий радионуклидами и тяжелыми металлами крайне сложна и зависит не только от экологической обстановки, но и от экономической ситуации в стране, от социально-экономических факторов. Под восстановлением загрязненных территорий следует понимать систему мер, направленную на обеспечение безопасного проживания сельского населения и получение экологически безопасных продуктов питания.

Увеличивающиеся механическая, химическая и биологическая нагрузки на агроэкосистемы приводят к снижению плодородия почв, потери урожая сельскохозяйственных культур, ухудшению качества сельскохозяйственной продукции. Правильно подобранные методы и приемы рациональной хозяйственной деятельности могут существенно снизить отрицательное воздействие на агроэкосистемы и как результат получать экологически чистую сельскохозяйственную продукцию.

Одним из основных путей повышения плодородия почв, повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и ограничения перехода радионуклидов в растения является химизация земледелия (применение удобрений и мелиорантов).

В последние 20-30 лет в качестве удобрений широко используются различные виды осадков сточных вод (ОСВ), которые представляют собой городские промышленных и бытовые отходы органического и неорганического происхождения. Накопление ОСВ на станциях аэрации осложняет их производственную деятельность, приводя к увеличению сети иловых карт для хранения и обезвоживания осадков, на территории городов создаются потенциально опасные источники загрязнения биосферы. В тоже время интенсивное земледелие и недостаточное количество органического вещества приводят к излишней минерализации гумуса – ее основного хранителя плодородия.

В этой связи необходимо максимально увеличивать производство всех существующих видов органических удобрений, в том числе осваивать способы применения нетрадиционных органических удобрений. По ориентировочным оценкам в России общее количество ОСВ на станциях аэрации составляет свыше 10 млн. т сухого вещества. Наиболее надежным и экологически выгодным из существующих методов утилизации осадков, является почвенный путь. Он повышает плодородие почвы и увеличивает продуктивность сельскохозяйственных культур. Выявлено, что 10 млн.т ОСВ в виде сухого вещества, основного элемента питания и удобрительной ценности равноценно примерно 50 млн.т навоза. Поэтому правильное применение ОСВ позволит повысить плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур, и обеспечит сохранение окружающей среды.

Главным фактором, сдерживающим внесение ОСВ в пахотную почву, является наличие в них ТМ, влияние которых на растения и качество продукции недостаточно изучено и доказано. Осадок городских сточных вод представляет собой примеси в твердой виде, выделенные из воды в результате механической и физико-химической очистки или посредством сочетания методов (табл. 1).

Таблица 1 – Состав осушенных осадков сточных во

Показатель	Концентрация, мг/кг	Допустимые значения
N	3,9	Не нормировано
P	3,3	Не нормировано
K	0,3	Не нормировано
Pb	99,8	<1000
Mn	608	2000
Cd	39,6	30
Ni	145	400
Cr	1500	1200
Zn	2550	4000
Cu	1200	1500
Hg	0,1	15
As	10,3	20

Почвенный путь утилизации ООСВ наиболее предпочтителен, обусловлен с экологической точки зрения. Однако, при использовании ООСВ в качестве удобрения необходимо учитывать два аспекта. Первый, агрохимический, заключается в том, что ООСВ являются источником питания для растений. ООСВ, применяемые в дозе 10 т/га, соизмеримы по действию с традиционными минеральными удобрениями.

Второй аспект указывает на ООСВ, как на источник загрязнения почв и сельскохозяйственных растений ТМ. При применении ОСВ в качестве удобрений в почву могут поступать до 20,6% Cd, до 37,5% Pb, до 35% Ni. В 1988 г. Минздравом были разработаны требования по содержанию ТМ в ОСВ. Так, валовое содержание Pb в ОСВ не должно превышать 1000, Cd – 30; Zn – 4000; Cu – 1500; Ni – 400 мг/кг [1, стр. 58].

Применение ООСВ в системе почва-растение является комплексным и сложным процессом, зависящим от ряда факторов: особенностей разложения ООСВ в различных типах почв, процессов миграции ТМ из ООСВ, процессов аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными культурами.

Для снижения поступления ТМ в растения, учеными ведется поиск удобрений, способствующих фиксации загрязняющих веществ в почвах. Разработанное в ГНУ ВНИИСХРАЭ новое комплексное удобрение пролонгированного действия Супродит М на основе трепела Зикеевского месторождения Калужской области представляет собой смесь комплексного сорбента и органической фракции, обогащенной азотом в легко усваиваемой растениями форме, содержащую биологически активное вещество (гумат калия) [2, стр. 35, стр. 37].

По итогам проведенных исследований по влиянию СУПРОДИТА М на урожайность овса на дерново-подзолистой супесчаной почве, в которую были внесены ООСВ (10 т/га) было показано, что применение СУПРОДИТА М в дозе 800 кг/га способствовало повышению урожайности овса на 22% по сравнению с вариантом применения промышленных минеральных удобрений. Внесение СУПРОДИТА М по фону ООСВ привело к снижению поступления в зерно овса Cd и Ni до 2-х раз по сравнению с вариантом применения одних ООСВ.

Даже через 2 года после внесения СУПРОДИТА М продолжал работать, повысив продуктивность овса на 13% по сравнению с вариантом применения промышленных удобрений. Накопление Cd зерном овса при внесении удобрения в почву, обогащенную ООСВ, достоверно снизилось при этом в 1,2, а Ni – в 1,1 раза по сравнению с применением одних ООСВ [1, стр. 60]. На сегодняшний день проводятся исследования влияния Супродита М на степень перехода радионуклидов. Установлено, что переход Cs-137 из почвы в зерно зерновых культур снижается в 1,4-1,6 раза (в настоящее время результаты находятся в обработке и в работу не включены).

Литература:

1. Свириденко Д.Г., Баланова О.Ю., Кулиева Г.А., Прокипчина А.Н., Савосина Е.А. Осадки сточных вод – источник поступления тяжелых металлов в сельскохозяйственные культуры // Вестник РУДН. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2015. №1. С. 57-60.
2. Сюняев Н.К., Сюняева О.И., Тютюнькова М.В., Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Петров В.К. Испытание новых видов удобрений в условиях Калужской области // Состояние и охрана окружающей среды в Калуге. Информационный обзор. Калуга, 2011. Гл. 7.1. С. 34-38.

Полевые опыты проводились на экспериментальной базе КФ РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева совместно с ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии».

ДОКЛАДЧИК:

Путилина Ирина Олеговна
(Putilina Irina Olegovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Рязанский государственный
университет имени С.А. Есенина
(РГУ имени С.А. Есенина)
(Ryazan State University
named for S.A. Yesenin (RSU
named for S.A. Yesenin))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Путилина Ирина Олеговна
(Putilina Irina Olegovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка электронной базы данных по географическому
распространению редких видов растений в бассейне р. Оки

The creation of an electronic database on geographical distribution of rare plant
species in the basin of the Oka river

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В работе рассматривается проект создания электронной базы данных по географическому распространению редких видов растений Окского бассейна, инициированный лабораторией по изучению и охране биоразнообразия РГУ имени С.А. Есенина (г. Рязань) в рамках крупного проекта – создания Красной книги Волжского бассейна, а также в рамках общей стратегии повышения биоразнообразия. Обосновываются причины выбора данного проекта, а также описывается разработанная база данных и механизм пользования этой базой. Описывается механизм картирования точек местонахождений на основе созданной базы; сделаны основные выводы о распространении редких видов сосудистых растений в пределах бассейна р. Оки, а также подготовлена основа для создания такой базы данных в ГИС-программе.

Annotation

This paper examines the project of establishing an electronic database on geographical distribution of rare plant species of the Oka basin. The project was initiated by the laboratory for the study and protection of biodiversity of the RSU named for Sergey Yesenin (Ryazan) as part of a major project – the creation of the red book of the Volga basin, and as part of an overall strategy to enhance the biodiversity. Substantiates the reasons for choosing this project. Describes the developed database and mechanism for the use of the base. Describes a mechanism for mapping the locations of points on the basis of the established base; made the main findings on the distribution of rare vascular plant species within the river basin . Oka and prepared the foundation for the creation of such a database in the GIS program.

Ключевые слова: Окский бассейн; база данных; географическое распространение редких растений; Красная книга Волжского бассейна; редкие виды растений

Keywords: The basin of the Oka; database; geographical distribution of rare plants; the Red Book of the Volga basin; rare plant species

Окский бассейн расположен в центральной части Русской равнины. Ока – одна из крупнейших рек, протекающих по территории Центральной России, являющаяся крупным правым притоком Волги. Площадь бассейна Оки составляет 245 тыс. км². Протяженность Окского бассейна с севера на юг 596 км, с запада на восток - 751 км [3]. Бассейн Оки со всеми притоками – крупный природный выдел, отличающийся разнообразными особенностями рельефа, климата, почв, а также растительного и животного мира [1,5]. Большая часть Окского бассейна подвержена антропогенному морфогенезу [5].

Расположение бассейна Оки на стыке трёх природных зон, делает ее территорию наиболее интересной для изучения и выявления общих закономерностей в распространении редких видов растений, особенно находящихся на границе ареала [2]. Это позволяет рассматривать территорию Окского бассейна в качестве модельной для изучения закономерностей распространения редких видов растений на всей территории Центральной России.

В границах бассейна Оки расположено 15 административных регионов: Брянская, Владимирская, Ивановская, Калужская, Липецкая, Московская, Нижегородская, Орловская, Пензенская, Рязанская, Смоленская, Тамбовская, Тульская, Ярославская области и Республика Мордовия.

В 2009 г. Институтом экологии Волжского бассейна РАН (г. Тольятти) был начат крупный научный и природоохранный проект создания Красной книги Волжского бассейна [7]. Лабораторией по изучению и охране биоразнообразия РГУ имени С.А. Есенина, а именно профессором М.В. Казаковой, был инициирован проект по флоре Окского бассейна [8]. Для возможности начала проекта было необходимо выделение видов редких растений, отражающих действительную картину размещения биологического разнообразия, а не по административному принципу, как это сделано с региональными Красными книгами.

В связи с этим Казаковой М.В. и Щербаковым А.В. был составлен список,

включающий 100 редких видов сосудистых растений, определённых как приоритетные для первоочередного исследования[2]. Именно этот список послужил основой для разработки базы данных. Приоритетность видов определялась по 10 критериям (редкость на территории ареала (*Botrychium matricariifolium*), редкость в России (*Asplenium rutamuraria*), редкость в Европе (*Isoetes eshinospora*), редкость в Восточной Европе (*Cinna latifolia*) и т.д.) [2].

На основе обобщения всей информации по Окскому бассейну, видам было присвоено 4 категории редкости: возможно исчезнувшие виды (2 вида – *Rubus arcticus* и *Cypripedium macranthos*); виды, находящиеся под угрозой исчезновения в пределах Окского бассейна (30 видов, например, *Senecio schvetzovii*, *Betula pana* и др.); виды, сокращающие свою численность на территории Окского бассейна, но не достигшие предыдущего уровня угрозы (45 видов, например, *Diplasium sibiricum*, *Stipa Pulcherrima*, *Carex dioica* и др.) и редкие и заслуживающие охраны виды, по которым нет достоверных данных о сокращении их численности (23 вида, например, *Trinia multicaulis*, *Iris aphylla* и др.) [2].

В результате обобщения данных полевых наблюдений, материалов Красных книг и монографий, научного гербария РГУ им. С.А. Есенина (RSU) была создана БД редких видов растений Окского бассейна.

Разработанная нами БД представляет собой таблицу, в которую включены названия 100 редких видов сосудистых растений Окского бассейна. Одной из важнейших задач, при создании базы данных, было указание точного местонахождения вида и информации о его редкости, поэтому в таблице выделены следующие столбцы: латинское название вида, регион, район, местонахождение, биотоп, дата сбора или нахождения (включает в себя три отдельные колонки: число, месяц, год), автор информации (коллектор), источник информации, широта, долгота, категория редкости в бассейне Оки, категория редкости в регионе, дополнительная информация. На данный момент таблица содержит 2822 строки. Преимуществом таблицы является то, что в неё можно вносить любые изменения и новые данные. Для разработки базы данных использовалась программа MS Access; как основа использовалась таблица 100 редких видов сосудистых растений бассейна Оки в MS Excel.

При работе в базе данных MS Access все манипуляции могут производиться при помощи меню, которое содержит следующие категории: таблицы, запросы, формы, отчёты. В целом база в MS Access представляет собой схему связей центральной таблицы, созданной в программе MS Excel, и нескольких второстепенных таблиц, соединённых между собой по определённым параметрам: латинское название вида, регион, район, число нахождения, месяц нахождения, год нахождения и категория редкости в бассейне Оки.

Для удобства работы с базой данных, в ней можно производить поиск нужной информации трёх типов: 1. В табличной форме. 2. При помощи запросов. 3. В начальной (или кнопочной) форме. Поиск в табличной форме осуществляется через второстепенные таблицы. Так, в любой из таких таблиц рядом с кодом значения (код региона, названия, района и т.д.) имеется кнопка-экспандер или кнопка-переключатель, при нажатии которой открывается вся информация по выбранному или нужному значению.

Поиск при помощи запросов осуществляется по пяти категориям. Отдельные категории – это название, регион и район. Для того чтобы осуществить поиск по одной из этих категорий, нужно в меню «запросы» выбрать нужный параметр. После выбора нужного параметра поиска на экране появляется окно, в которое нужно ввести нужное значение, название региона, название района и нажать кнопку ОК. Кроме трёх отдельных категорий запросов существует две объединённые категории – это «регион, район» и «название, регион, район». Преимуществом объединённых категорий является то, что поиск можно осуществлять при наличии большего количества информации. Принцип поиска информации в объединённых категориях такой же, как и в отдельных, но для ввода значения параметра появляются несколько окон подряд. В каждое окно вводится нужное значение и нажимается кнопка ОК. Если же название одного из значений не известно или не важно, то нажимается кнопка ОК и поиск производится без него.

При входе в базу данных, автоматически открывается кнопочная форма, с помощью которой можно выбрать нужный параметр поиска или выйти из базы данных. Для дальнейшей работы с базой данных необходимо выбрать нужный параметр: редкие виды, регионы или районы. При выборе нужной

категории, открывается форма поиска выбранного значения в отдельном окне. Для поиска нужного значения необходимо ввести название вида, региона или района (в зависимости от выбранной категории) в поле со списком под названием формы. Каждая форма выдаёт всю информацию, занесённую в базу данных, о нужном параметре поиска. В конце каждой формы имеется поле с кнопками управления формой, а также информацией, которая выводится в окне формы. Для выхода из базы данных необходимо в «кнопочной форме» выбрать значение «выйти из базы данных», после чего автоматически произойдёт выход из приложения.

Таким образом, используя выборку базы, мы можем найти интересующие нас виды в определённом регионе и районе. Удобство данной базы заключается в точном описании местообитания, биотопа и географических координат определённого вида, а также то, что с помощью выборки мы сможем увидеть точную картину географического распространения, как отдельных редких видов, так и всех вместе, в пределах интересующей территории.

Возможность дополнения и лёгкость использования также делает эту базу очень удобной в применении по отношению к распространению редких видов растений. По завершении работы с базой данных, всю найденную информацию в базе данных можно представить в виде отчёта, используя в меню базы данных строку «Отчёты».

На основе созданной базы данных в программе OziExplorer были нанесены точки, отражающие географическое распространение отдельных видов. Для предварительного поиска местонахождений в базе данных «100 редких видов Окского бассейна» детально изучались столбцы «местонахождение» и «биотоп». Поиск точного местонахождения проводился по топографическим картам областей с масштабом 1: 100000, 1:200000, а также по литературным источникам [6]. Часть точек, имеющая точные координаты, вносилась в программу автоматически. Точки каждого вида имели определённый цвет, в соответствии с категорией редкости в бассейне Оки. Так, виды категории 0 имели красный цвет, виды категории 1 – синий цвет, виды категории 2 – зелёный цвет, виды категории 3 – жёлтый цвет.

При размещении точек, им присваиваются примерные координаты, а также необходимая информация о виде, найденном в этом месте. Таким образом, при нанесении всех точек, получается карта, масштаб которой задан сеткой квадратов 50 50 км, отражающая: все точки сразу, точки отдельных категорий и точки отдельных видов на территории Окского бассейна. Преимуществом использования программы OziExplorer является возможность конвертирования данных (точек местонахождений), в такие программы как Google Earth и ESRI Shape. Таким образом, в дальнейшем планируется конвертирование точек в формат shx, для создания электронного варианта базы данных редких видов растений Окского бассейна, как части Красной книги бассейна Волги.

Из карт, отражающих распространение каждого из 100 видов, видно, что основной причиной редкости является расположение вида на границе своего ареала, например морощка (*Rubus chamaemorus*) (южная граница ареала) или ковыль перистый (*Stipa pennata*) (северная граница ареала) и т.д. На распространение редких видов сосудистых растений в бассейне Оки большое влияние оказывают речные долины, которые являются как естественными преградами, так и коридорами проникновения видов в новые ареалы обитания. Так, редкие степные виды проникают севернее своего ареала обитания по долине р. Проня, р. Гуменка, р. Парца, р. Кутьма и др. Таким образом, Ока, со всеми притоками – это система экологических коридоров миграции редких видов растений. Подходящими биотопами для миграции степных видов служат склоны и балки речных долин с выходами на поверхность известняков и с минимальной антропогенной нагрузкой; для северных видов – песчаные надпойменные террасы долин рек. Долина р. Оки, включая в себя различные биотопы, является центром повышенного флористического биоразнообразия.

Дальнейшие исследования в бассейне Оки позволят выявить новые закономерности распространения растений, а также, возможно, установить их связь с динамикой климата и антропогенной нагрузкой в пределах крупного природного выдела – бассейна Оки. Карты распространения редких видов Окского бассейна отражают реальную картину произрастания редких видов без учёта административных границ регионов, что делает их удобными для работ по изучению и повышению биоразнообразия региона. Также карты могут использоваться в качестве основы для выявления как потенциально уязвимых, так и реально уязвимых видов растений, а также в работах региональных флористов и биогеографов. Таким образом,

выполненная работа вносит существенный вклад в разработку проекта «Красная книга бассейна Волги».

Список использованной литературы

1. Атлас СССР / Месяцева Л.Н., Федоровская Г.П. и др. Москва: 1983. – С. 32-33
2. Казакова М.В., Щербаков А.В. Редкие виды сосудистых растений флоры бассейна Оки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 1. С. 59-63.
3. Казакова М.В., Щербаков А.В., Соболев Н.А. Флора бассейна Оки: задачи проекта // Сравнительная флористика: анализ видового разнообразия растений. Проблемы. Перспективы. «Толмачевские чтения»: Материалы X Междунар. школы-семинара. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2014. с. 51-53.
4. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ, Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, РАН; Российское ботаническое общество, МГУ им. М.В. Ломоносова; гл. ред. колл.: Ю.П. Трутнев [и др.]; сост. Р.В. Камелин [и др.]. – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.
5. Мильков Ф.Н. Физико-географическое районирование СССР // под ред. Н.А. Гвоздецкого / Издательство Московского университета. 1968. – 577 с.
6. Природно-заповедный фонд Рязанской области. / Сост. М.В. Казакова, Н.А. Соболев. – Рязань: Русское слово, 2004. – 420 с.
7. Сенатор С.А., Саксонов С.В., Розенберг Г.С. Красная книга Волжского бассейна: тактика сохранения флористического разнообразия крупного экорегиона // Раритеты флоры Волжского бассейна: докл. Участников II Рос. науч. конф. (г. Тольятти, 11–13 сент. 2013 г.). Тольятти, 2012, С. 218–230.
8. Стратегия сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов в Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 февраля 2014 г. N 212-р г. Москва.

ДОКЛАДЧИК:

Радченко Д. Н.
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Техногенное преобразование недр земли в ходе освоения месторождений твердых полезных ископаемых

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Институт проблем комплексного освоения недр РАН

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Радченко Д. Н.

ТЕЗИСЫ:

Недра Земли, под которыми понимают верхнюю часть земной коры, доступную для геологического изучения и освоения, находятся в постоянной трансформации. В большей степени систематизированы и популярны научные знания о геологическом преобразовании недр в ходе эндогенных процессов (магматизм, вулканизм, землетрясения и т.п.) и выветривания. В наименьшей степени внимание уделяется масштабной постановке проблемы техногенного преобразования недр Земли и наиболее рациональным аспектам ее решения. Техногенез литосферы связан с инженерно-геологическими изысканиями, подземным строительством в гражданских, оборонных, научных целях и многими другими направлениями. Однако наиболее мощное антропогенное влияние на состояние верхней части земной коры оказывает освоение месторождений твердых полезных ископаемых. В ходе добычи последних существенному изменению подвергаются атмо-, гидро- и литосфера, т.е. среды обитания всех живых существ на планете. Наиболее необратимые изменения состава и свойств происходят в литосфере, так как процесс изъятия вещества из недр носит, по крайней мере, в мерках исторического времени, невозобновляемый характер. Так, по мере увеличения спроса на полезные ископаемые увеличивается глубина разработки, нарастает динамика извлечения минерального вещества и объем техногенных пустот в верхней части земной коры. При освоении месторождений твердых полезных ископаемых подземные горные работы ведутся на глубине свыше 4000 м, открытые – свыше 700 м. Создаваемая сеть подземных горных выработок только на одном глубоком руднике может превышать 800 км, средний объем формируемых при этом пустот достигает 15 млн.м³. В ходе горных работ на поверхности формируются хранилища отходов различного назначения, оказывающих решающее влияние на ухудшение состояния окружающей среды в регионах добычи и далеко за их пределами. Учитывая, что десятки тысяч карьеров и шахт эксплуатируются на Земле одновременно, проблема эффективного и безопасного освоения месторождений полезных ископаемых должна быть поставлена в планетарном масштабе.

Решение данной проблемы базируется на сочетании на осваиваемом

участке недр различных способов добычи - физико-технических и физико-химических геотехнологий, комбинация которых обеспечивает вовлечение в промышленную эксплуатацию запасов месторождения в широких интервалах глубин, отработку локальных отдаленных участков, а также отходов горнодобывающего и перерабатывающего производств. В результате комплексного подхода к проектированию достигается наиболее полное извлечение полезных ископаемых из недр и ценных компонентов из минерального сырья. При таком подходе отходы производства, получаемые на горном предприятии при сочетании геотехнологий, характеризуются остаточным содержанием ценных компонентов, не представляют промышленной ценности и являются сырьем для утилизации в выработанном подземном пространстве. Принцип освоения участка недр, в ходе которого обеспечивается полнота извлечения запасов и ценных компонентов из минерального сырья с обязательной утилизацией отходов в выработанных пространствах называется полным циклом комплексного освоения. Реализация полного цикла осуществляется в горнотехнических системах, под которыми понимается совокупность горных конструкций, оборудования, технологических процессов горного производства и т.п. во взаимодействии со вмещающим их участком недр.

Выбор параметров горнотехнических систем с полным циклом комплексного освоения базируется на проведении качественного и количественного анализов их функционирования. Качественный анализ состоит в выявлении георесурсного потенциала рассматриваемого участка недр, обосновании направлений использования отдельных видов природных и техногенных георесурсов, вариативном анализе сочетания геотехнологий, определении видов минерально-сырьевых потоков и их назначения, выявлении прямых и обратных связей подсистем полного цикла с осваиваемым участком литосферы. Количественный анализ состоит в оценке параметров технологических процессов, установлении закономерностей их взаимосвязи в рамках горнотехнической системы, определении масштабов подсистем, интенсивности эксплуатации георесурсов в каждой из подсистем, обосновании производственной мощности горнотехнической системы, технико-экономических, экологических и социальных последствий ее функционирования.

Сведения об авторе

Радченко Дмитрий Николаевич – доцент, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Отдела теории проектирования освоения недр, Институт проблем комплексного освоения недр РАН, тел.: +7(495)360-29-13; E-mail: mining_expert@mail.ru

ДОКЛАДЧИК:

Самсонов Тимофей
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Картография XXI века — перспективы развития науки

ОРГАНИЗАЦИЯ:

МГУ имени М.В.Ломоносова

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Самсонов Тимофей

ТЕЗИСЫ:

На рубеже XX-XXI веков в системе «создание – использование карт» произошли значительные изменения. Практически все традиционные методы использования карт постепенно нашли более формальную и объективную интерпретацию в геоинформатике. Влияние науки о географической информации (так ее называют зарубежом) наблюдается и в области создания карт, которая благодаря простоте инструментария геоинформационных систем (ГИС) и специализированных средств визуализации данных перестала быть прерогативой профессиональных картографов. Владение программным обеспечением и умение составлять простые тематические карты с его помощью стало неотъемлемой компетенцией современных специалистов в области Наук о Земле, наряду с базовой теоретической подготовкой по картографии и геоинформатике. Одновременно с этим, в повседневной жизни мы наблюдаем невиданный всплеск популярности карт и аэрокосмических снимков, которые стали более доступны, удобны и даже привычны в использовании благодаря сетевым и мобильным технологиям.

Что же дает карта исследователю XXI века? Почему карты становятся все более популярны, если многие задачи пространственного анализа решаются вычислительными методами? Эти вопросы вынуждают нас переосмыслить роль карты и оценить ее потенциал как инструмента исследования в XXI веке с философской и практической точки зрения.

В нашей лекции мы коснемся следующих вопросов:

современное и будущее соотношение между картографией и науками, входящими в цикл геоматики (геодезия, дистанционное зондирование и фотограмметрия, геоинформатика и картография);

дихотомия между географической и инженерно-технической картографией, история ее возникновения, современное состояние и перспективы развития;

роль карты как инструмента визуальной аналитики и интерактивного интерфейса между пользователем и геоинформационной системой; понятие о картографических интерфейсах;

современные методы визуализации, модели и источники данных в картографии; мультимасштабные и мультिवременные карты в Науках о Земле; картографирование на основе «больших данных» (big data) и геосенсорных сетей;

интерпретация картографии как раздела научной визуализации (scientific visualization) и ее соотношение с методами визуализации в других науках; нетрадиционное применение картографического метода;

критический анализ концепций неогеографии, неокартографии и геовизуализации; причины их возникновения, соотношение с методами картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования.

современные и будущие компетенции профессионального картографа среди специалистов в области Наук о Земле.

Продолжительность лекции – 30 минут.

ДОКЛАДЧИК:

Терентьева Ирина Евгеньевна
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Карта болот Западной Сибири и ее применение для оценки эмиссии метана

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Томский государственный
университет

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Терентьева Ирина Евгеньевна

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Болота играют значительную роль в глобальном круговороте углерода, аккумулируя CO_2 в результате фотосинтеза и выделяя CH_4 в результате разложения органического вещества торфа. В результате глобальных климатических изменений баланс углерода может меняться с соответствующим обратным эффектом на климат. Изучение потоков CH_4 особенно актуально в Западной Сибири (ЗС) – одном из самых заболоченных регионов не только России, но и мира. Для оценки региональной эмиссии CH_4 за последние 8 лет нами было сделано более 3000 измерений потоков камерным методом на 40 ключевых участках. Поскольку высокая пространственная неоднородность болот создает трудности при экстраполяции точечных измерений, была выдвинута идея, что используемые карты вносят в оценку существенную неопределенность. Для ее уменьшения, нами была создана новая типологическая карта болот ЗС по спутниковым снимкам Landsat. Использовалась классификация болот, ориентированная на инвентаризацию эмиссий CH_4 и включающая 7 болотных экосистем, составляющих в разных пропорциях 9 болотных комплексов. На основании 1082 полигонов 10 на 10 пикселей общая точность карты была оценена в 79%. Было обнаружено, что болотные ландшафты занимают 71 Мга в ЗС и ежегодно выделяют 4.6 Тг CH_4 . Последняя величина на 72% выше оценки, полученной ранее с помощью карты болот Романовой с соавт. (1977) и того же набора данных об эмиссиях.

Введение

Болота всего мира являются важнейшим компонентом цикла воды и углерода. Они покрывают 6.2-7.6% земной поверхности, причем значительная их часть располагается в северных широтах (Lehner and Döll, 2004). В то время как болотная растительность аккумулирует атмосферный углерод в результате фотосинтеза, разложение органического вещества в торфяной залежи способствует его высвобождению в виде метана – важного парникового газа. Болота играют значительную роль в глобальном бюджете метана, ежегодно выделяя в атмосферу от 100 до 231 Тг CH_4 по оценкам разных авторов (Solomon et al., 2007). В результате глобальных климатических изменений баланс углерода может меняться с соответствующим обратным эффектом на климат. Многие исследователи прогнозируют увеличение эмиссии метана из болот к концу 21-го века, по крайней мере, в два раза вследствие глобального потепления (Gedney et al., 2004; Shindell et al., 2004; Zhuang et al., 2006).

Изучение потоков CH_4 особенно актуально в Западной Сибири (ЗС) – одном из самых заболоченных регионов не только России, но и мира. В течение последних 20 лет различные ученые предпринимали попытки оценить величину суммарного потока метана из болот ЗС (Glagolev and Kleptsova, 2011). Тем не менее, до последнего времени полученные величины значительно варьировали между собой, будучи основанными на экспериментальных данных крайне низкого пространственного и временного разрешения. Чтобы получить адекватную оценку данной величины, нами были организованы масштабные полевые измерения потоков CH_4 . Первая оценка эмиссии была сделана в 2007 и с того момента изменялась каждый год с получением новых данных.

Недавние исследования показали, что при оценке регионального потока существенную неопределенность вносит используемая картографическая основа (Kim et al., 2011; Zhu et al., 2011; Глаголев et al., 2013). Таким образом, для большей точности прогнозов необходимо получить инвентаризацию современного состояния болот, включающую не только данные об эмиссии метана, но и о площадях распространения различных типов болот.

Материалы и методы

Для оценки регионального потока CH_4 использовалась модель эмиссии. Она включает три основных элемента для каждой подзоны: 1) продолжительность периода эмиссии метана, 2) медианы потоков метана из типичных болотных экосистем, 3) площади различных болотных комплексов и соотношения экосистем в них. Вычисления первого элемента были выполнены на основании данных по сезонной динамике эмиссии (Sabrekov et al., 2014). Второй элемент был получен на основании данных полевых измерений, выполненных методом статических камер (Glagolev et al., 2011). Для получения третьего элемента была

создана типологическая карта болот с помощью спутниковых снимков Landsat с разрешением 30 метров. Дешифрирование проводилось посценно с помощью Multispec v.3.3 (Purdue Research Foundation) методом классификации с обучением на основании данных всех каналов за исключением теплового. Эталонные участки задавались на основании данных полевых исследований и спутниковых снимков высокого разрешения. Было разработано две типологии, включающие: 1) 9 болотных комплексов (на основании этой типологии проводилось дешифрирование), 2) 7 болотных экосистем (с помощью этой типологии проводилась экстраполяция потоков CH_4). Соотношения болотных экосистем в болотных комплексах вычислялись с помощью спутниковых снимков высокого разрешения. Оценка точности проводилась на основании простой матрицы ошибок, составленной по 1082 случайно выбранным полигонам размером 10 на 10 пикселей (Congalton and Green, 2008). В качестве наземных данных использовались снимки сверхвысокого разрешения.

Результаты и обсуждение

Общая площадь болотных и водных ландшафтов ЗС была оценена в 70.8 Мга, что составляет, по разным оценкам, от 5 до 14% от заболоченных территорий всего мира (Melton et al., 2013). Таким образом, болота ЗС покрывают существенную площадь даже в общемировом масштабе. Для сравнения можно сказать, что полученная величина больше площадей болот Китая, Низменности Гудзонова Залива и Аляски, составляющих 32.4, 32, 41 Мга, соответственно (Cowell, 1982; Whitcomb et al., 2009; Niu et al., 2012). Болота ЗС занимают большие площади, чем все тропические болота мира (Page et al., 2011).

Что касается сравнения с существующими инвентаризациями по ЗС, близкие значения площадей были получены в работах (Вомперский с соавт., 1999; Sheng et al., 2004), а также по карте Государственного гидрологического института (ГГИ) (Романова с соавт., 1977). Сходные значения площадей болот, скорее всего, говорят (с учетом различных методик создания) об общей близости оценок к истинному значению. Однако, поскольку они могут быть объяснены компенсацией ошибок оmissии и комиссии, это не говорит о выявлении истинного пространственного распределения болот.

Общая заболоченность подзон тайги составляет 26% и варьирует от 6% на юге до 28% на севере с пиком в 36% в северной тайге. Увеличение площадей водных поверхностей, обводненных и олиготрофных мочажин, а также сокращение площадей рямов к северу связано с ростом количества осадков при общей слабой дренированности территории. Ситуация с мезо- и эвтрофными мочажинами несколько сложнее и связана, в первую очередь, с предшествующей аккумуляцией лессов южнее линии оледенения (Velichko et al., 2011) и, как следствие, остаточной карбонатностью почв и высокой минерализацией грунтовых вод в зонах южной тайги и подтайги.

Итоговая точность определения различных классов была оценена в 79%, при этом показатели точности пользователя и точности производителя карты варьировали от 73% до 97% и от 62% до 99%, соответственно. Большая часть ошибок была связана со смешанными пикселями либо происходила между близкими классами. Распределение источников метана не всегда четко связано с площадями, занимаемыми болотными экосистемами. На основании полученных данных, мы можем разделить болотные экосистемы на «обводненные», к которым относятся все виды мочажин, и «необводненные», к которым относятся рямы, гряды, а также мерзлые бугры. 35% территорий болот ЗС заняты «необводненными» болотными экосистемами, однако их вклад в региональный поток ничтожен и составляет 2% от всей эмиссии.

В целом, при площади болотных ландшафтов в 70.8 Мга, мы оценили региональную эмиссию метана из болот тайги в 4.62 Тг CH_4 /год. Данная величина на 72% выше оценки, полученной на основании того же набора данных об эмиссиях за период 2007-2013 годов и ранее использовавшейся карты ГГИ. Дело в принципиальном изменении соотношения «обводненных» и «необводненных» типов болотных экосистем: площадь первых по карте ГГИ составила 26.4 Мга, в то время как мы оценили ее в 45.8 Мга за счет лучшего разрешения карты. Интересно, что с применением новой карты болот рост региональной оценки эмиссии CH_4 оказался максимальным на севере, где площадь «обводненных» болотных экосистем также максимальна. Напротив, на юге мы не наблюдаем столь существенного прироста оценки. В целом, была подтверждена идея о том, что при оценке регионального потока существенную неопределенность вносит используемая картографическая основа.

Также была создана карта эмиссии метана с разрешением $0.1^\circ \times 0.1^\circ$, которая дала достаточно логичную картину географического расположения источников CH_4 . Активнее всего выделяют метан в атмосферу болота южной тайги за счет сочетания благоприятных условий среды и богатства почв минеральными веществами. Что касается северной тайги, интенсивная

эмиссия наблюдается из болот «Сургутского Полесья» за счет огромной степени заболоченности и высокой обводненности.

Литература

1. Congalton, R.G., Green, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. – Florida, USA : CRC press, 2008.
2. Cowell, D.W. Earth Sciences of the Hudson Bay Lowland: Literature Review and Annotated Bibliography. : Lands Directorate, Environment Canada, 1982.
3. Gedney, N., Cox, P., Huntingford, C. Climate feedback from wetland methane emissions // *Geophysical Research Letters*. 2004. – V. 31. – № 20.
4. Glagolev, M., Kleptsova, I., Filippov, I., Maksyutov, S., Machida, T. Regional methane emission from West Siberia mire landscapes // *Environmental Research Letters*. 2011. – V. 6. – № 4. – P. 045214.
5. Glagolev, M.V., Kleptsova, I.E. Critical review of the different methane emission estimations for West Siberian Wetlands // *Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее: Материалы Третьего международного полевого симпозиума (Ханты-Мансийск, 24 июня – 5 июля 2011 г.)* – Новосибирск : Талер-Пресс, 2011. – P. 146–147.
6. Kim, H.S., Maksyutov, S., Glagolev, M.V., Machida, T., Patra, P.K., Sudo, K., Inoue, G. Evaluation of methane emissions from West Siberian wetlands based on inverse modeling // *Environmental Research Letters*. 2011. – V. 6. – № 3. – P. 035201.
7. Lehner, B., Döll, P. Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands // *Journal of Hydrology*. 2004. – V. 296. – № 1-4. – P. 1-22.
8. Melton, J.R., Wania, R., Hodson, E.L., Poulter, B., Ringeval, B., Spahni, R., . . . Kaplan, J.O. Present state of global wetland extent and wetland methane modelling: conclusions from a model inter-comparison project (WETCHIMP) // *Biogeosciences*. 2013. – V. 10. – № 2. – P. 753-788.
9. Niu, Z., Zhang, H., Wang, X., Yao, W., Zhou, D., Zhao, K., . . . Gong, P. Mapping wetland changes in China between 1978 and 2008 // *Chinese Science Bulletin*. 2012. – V. 57. – № 22. – P. 2813-2823.
10. Page, S.E., Rieley, J.O., Banks, C.J. Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool // *Global Change Biology*. 2011. – V. 17. – № 2. – P. 798-818.
11. Sabrekov, A.F., Runkle, B.R.K., Glagolev, M.V., Kleptsova, I.E., Maksyutov, S.S. Seasonal variability as a source of uncertainty in the West Siberian regional CH₄ flux upscaling // *Environmental Research Letters*. 2014. – V. 9. – № 4. – P. 045008.
12. Sheng, Y., Smith, L.C., MacDonald, G.M., Kremenetski, K.V., Frey, K.E., Velichko, A.A., . . . Dubinin, P. A high-resolution GIS-based inventory of the west Siberian peat carbon pool // *Global Biogeochemical Cycles*. 2004. – V. 18. – № 3.
13. Shindell, D.T., Walter, B.P., Faluvegi, G. Impacts of climate change on methane emissions from wetlands // *Geophysical Research Letters*. 2004. – V. 31. – № 21.
14. Solomon, S., Dahe, Q., Martin, M., Melinda, M., Kristen, A., Melinda M.B., . . . Zhenlin, C. Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC. V. 4 : Cambridge University Press, 2007.
15. Velichko, A.A., Timireva, S.N., Kremenetski, K.V., MacDonald, G.M., Smith, L.C. West Siberian Plain as a late glacial desert // *Quaternary International*. 2011. – V. 237. – № 1-2. – P. 45-53.
16. Whitcomb, J., Moghaddam, M., McDonald, K., Kellendorfer, J., Podest, E. Mapping vegetated wetlands of Alaska using L-band radar satellite imagery // *Canadian Journal of Remote Sensing*. 2009. – V. 35. – № 1. – P. 54-72.
17. Zhu, X., Zhuang, Q., Chen, M., Sirin, A., Melillo, J., Kicklighter, D., . . . Song, L. Rising methane emissions in response to climate change in Northern Eurasia during the 21st century // *Environmental Research Letters*. 2011. – V. 6. – № 4. – P. 045211.
18. Zhuang, Q., Melillo, J.M., Sarofim, M.C., Kicklighter, D.W., McGuire, A.D., Felzer, B.S., . . . Hu, S. CO₂ and CH₄ exchanges between land ecosystems and the atmosphere in northern high latitudes over the 21st century // *Geophysical Research Letters*. 2006. – V. 33. – № 17.
19. Вомперский, С., Цыганова, О., Ковалев, А., Глухова, Т., Валяева, Н. Заболоченность территории России как фактор связывания атмосферного углерода // *Круговорот углерода на территории России*. 1999. -Т. - № - С. 124-145.
20. Глаголев, М., Филиппов, И., Клепцова, И., Максюттов, Ш. Оценка потока метана из почв России на основе простейших математических моделей. Т. / Оценка потока метана из почв России на основе простейших математических моделей. - Пуцзино: ИФХиБПП РАН, Year. - 75-76 с.
21. Романова, Е.А., Быбина, Р.Т., Голицина, Е.Ф., Иванова, Г.М., Усова, Л.И., Трушников, Л.Г. Типологическая карта болот Западно-Сибирской равнины. Т. 1 / Типологическая карта болот Западно-Сибирской равнины. - Ленинград: ГУГК, Year. - 500 с.

ДОКЛАДЧИК:

Тилинина Н. Д.
(Tilina N.)
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Современные методы трекинга атмосферных среднеширотных циклонов и климатология циклонической активности в Северном полушарии по всем современным реанализам
The modern methodologies for tracking extratropical cyclones and climatology of cyclone activity in different reanalyses

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Институт Океанологии им
П.П. Ширшова РАН

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Тилинина Н. Д.
(Tilina N.)
Гулев С.К.
(Gulev S.)
Рудева И.А.
(Rudeva I.)
Гавриков А.В.
(Gavrikov A.)

ТЕЗИСЫ:

Атмосферные циклоны играют главную роль в формировании погоды и климата во внеэкваториальных широтах Северного и Южного полушарий. В наши дни значение внетропических циклонов сводится не только к их главенствующей роли в формировании погоды, но также и к их интегральной роли в земной климатической системе. С развитием систем наблюдения за атмосферными параметрами и моделей общей циркуляции атмосферы и океана стали доступны реанализы - глобальные согласованные поля метеовеличин с шагом по времени до 1 часа и по пространству до 10 км. Последнее поколение реанализов покрывает период с 1979 г. по настоящее время и открывает уникальные возможности для изучения синоптической изменчивости в атмосфере - позволяет проследить траекторию каждого циклона и описать его характеристики на протяжении всего жизненного цикла. Неопределенности в характеристиках циклонической активности могут являться результатом как применения различных методов идентификации и построения траекторий циклонов (Sinclair 1997, Sinclair and Watterson 1999, Simmonds and Keay 2000a,b, Hodges et al. 2003, Rudeva and Gulev 2007, Raible et al. 2008 и др.), так и использования различных баз данных о состоянии атмосферы - реанализов (Hodges et al. 2003, 2011, Bromwich et al. 2007, Raible et al. 2008, and Allen et al. 2010). Описание неопределенностей, связанных с выбором метода идентификации и построения траекторий (трекинга) циклонов входит в первый раздел доклада. Представлен анализ всех существующих методик трекинга циклонов (более 14 методик из 10 стран), рассмотрены схемы трекинга основанные как на полях давления на уровне моря, так и на полях завихренности.

Далее мы остановимся на описании влияния выбора реанализа (рассмотрены 9 реанализов: ERA-40, NCEP NCAR, NCEP DOE, ERA Interim, NCEP CFSR, ASR, 20C Reanalysis, MERRA, JRA-25) на результаты трекинга циклонов. Такая задача стала особенно важной в последние несколько лет, когда вместе со стремительным развитием моделей атмосферной циркуляции, появилось фактически третье поколение реанализов с пространственным разрешением вплоть до 10 км (NCEP CFSR, ERA Interim, ASR). Мы попытались ответить на вопросы, критичен ли выбор реанализа для исследования характеристик циклонической активности? Может ли этот выбор оказывать влияние на результат исследования? Основное внимание уделено пяти реанализам: NCEP DOE, JRA-25, ERA Interim, NCEP CFSR и MERRA, все эти данные покрывают последние три десятилетия с 1979 г. по настоящее время и охватывают все мировые источники реанализов, а также являются наиболее часто используемым в современных исследованиях. Однако некоторые характеристики циклонической активности, проанализированы и для более широкого набора реанализов, включая реанализы ERA-40, NCEP/NCAR и 20th Century Reanalysis. Ко всем реанализам была применена численная схема идентификации и построения траекторий циклонов в одинаковой конфигурации, разработанная в Институте Океанологии им П.П. Ширшова РАН (Zolina and Gulev 2002, 2003, Rudeva and Gulev 2007, Tilina et al., 2013), что исключает возможность влияния выбора метода на расхождения между реанализами.

В заключительном разделе доклада будут приведены оценки характеристик жизненного цикла циклонов и их межгодовой изменчивости в Северном полушарии.

ДОКЛАДЧИК:

Федоровская Надежда
Константиновна
(Fedorovskaya Nadia
Kostantinovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Экологически безопасные водопотребляющие системы охлаждения энергоустановок
Ecological safety water explore cooling systems of power plants

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Севастопольский
государственный университет

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Федоровская Надежда
Константиновна
(Fedorovskaya Nadia Kostantinovna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Рассмотрены вопросы сохранения рыбных ресурсов морей и водоемов за счет использования замкнутых технологий охлаждения тепловых энергетических установок различного назначения. Представлены результаты экспериментальных исследований тепловой эффективности систем. Выполнена оценка их экономической эффективности.

Annotation

The problems of conservation of sea fish resources due to the use of closed cooling systems of heat power plants for various purposes. The results of experimental research of the heat efficiency such systems. Calculated economical-effectiveness of this systems

Ключевые слова: экологическая безопасность; биоресурсы морей; энергоустановки; системы охлаждения

Keywords: ecological safety; marine bioresources; power plants; cooling systems

Моря и внутренние водоемы являются местом сосредоточения значительных биоресурсов, в частности рыбных. В настоящее время наблюдается тенденция их снижения, что определяется негативным воздействием промышленных объектов. К их числу, среди прочего, относятся энергоустановки тепловых электростанций (при их расположении на берегу водоема), судов, разнообразных морских технических средств (плавающие, стационарные и полупогружные буровые платформы и т.д.). Для береговых электростанций наиболее часто используется паровые или парогазовые установки. Для судов наибольшее распространение получили дизельные энергетические установки (слайд 1).

В соответствии с фундаментальными законами термодинамики выработка механической энергии, в частности с дальнейшим ее преобразованием в электрическую, связана с необходимостью обязательного отвода части теплоты подведенной с топливом. Для дизельных установок эта доля соответствует примерно 30% , а для паротурбинных – около 50%. Существует проблема эффективного отвода теплоты. В случае если рядом с энергоустановкой имеется водоем, то наиболее рациональным способом отвода теплоты является ее сброс в этот водоем. С учетом значительных мощностей рассматриваемых объектов количество отводимой теплоты оказывается весьма существенной (слайд 2). в большинстве случаев с этой целью вода забирается из водоема, прокачивается через охлаждаемое энергетическое оборудование и затем сбрасывается обратно в водоем.

С учетом этого необходимо рассмотреть механизм отрицательного экологического воздействия на биологические ресурсы водоемов. На слайде 3 показаны соответствующие данные, на примере Черного моря, которое, как видно, располагает достаточно большими рыбными ресурсами. Основой пищевой цепочки является фито- и зоопланктон, которые располагаются преимущественно в верхних слоях моря на глубинах до 50м. Ясно, что уничтожение планктона приводит к соответствующим снижению рыбной продуктивности. Именно с этих глубин берут охлаждающую воду тепловые электростанции и суда.

В настоящее время наибольшее распространение получили разомкнутые системы охлаждения, предусматривающие потребление воды. Рассмотрим этот вопрос на примере охлаждения судовой энергетической установки (слайд 5). Вода из окружающей акватории всасывается и прокачивается насосом через фильтр, теплообменник и арматуру, после чего сбрасывается обратно в акваторию. Используемые фильтры имеют размеры проходных отверстий до 4,5мм. Размер же планктона измеряется микронами и более, а большинство икринок имеют размер 1-2 мм. Таким образом, все они попадают в систему охлаждения и, пройдя перечисленные выше элементы системы, под воздействием теплового и механического факторов либо погибают, либо существенно повреждаются.

Оценки, выполненные при участии сотрудников Института биологии южных морей Академии наук, применительно для морской буровой платформы с суммарной мощностью энергоустановки 4000кВт, показали, что в результате действия указанных выше факторов уничтожается примерно

200т промысловых видов рыб. При этом учитывалось естественная гибель икринок и рыбной молоди (слайд 6).

Актуальность исследования определяется существенным экологическим ущербом, оказываемым водопотребляющими системами охлаждения энергоустановок на рыбные ресурсы морей и внутренних водоемов, в условиях наблюдаемой тенденции их снижения.

Целью исследования является создание экологически безопасных систем охлаждения энергоустановок, обеспечивающих сохранение биологических ресурсов морей и внутренних водоемов (слайд 7).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследования:

1. Определить возможные пути создания экологически безопасных систем охлаждения энергоустановок;
2. Разработать конструктивные схемы конечных устройств теплоотвода систем;
3. Оценить тепловую эффективность указанных систем и их элементов;
4. Оценить технико- экономическую эффективность систем.

Решение проблемы может быть найдено в создании замкнутых систем охлаждения, исключающих прием охлаждающей воды из акватории. Для обеспечения обязательного отвода теплоты могут быть использованы специальные теплообменники, совмещенные с обшивкой корпуса судна, через которую теплота отводится в забортную воду (слайд 8). Имеются немногочисленные примеры таких устройств, которые были созданы исключительно с целью обеспечения работоспособности судна в условиях чрезвычайно загрязненной (песком, илом и т.д.) забортной воды. В таких условиях есть угроза прекращения циркуляции охлаждающей воды, что приведет к аварийной остановке энергоустановки и, как следствие, судна в целом.

Для морских платформ для отвода теплоты могут быть использованы различные элементы корпуса платформ или же выносные пластинчатые теплообменные аппараты.

Для тепловых электростанций, расположенных на берегу водоемов, предлагается также перейти на замкнутые схемы. Для обеспечения охлаждения целесообразно в этом водоеме разместить погружное устройство теплоотвода (пластинчатые или трубные теплообменные аппараты), к которым будет транспортироваться требующего охлаждения пресная вода и возвращаться обратно на тепловую станцию (слайд 9).

Для оценки тепловой эффективности предлагаемых устройств теплоотвода были применены методы экспериментального исследования с использованием специально созданной теплогидравлической установки и модели устройства (слайд 10). Модель имела высоту 0,8м и ширину 0,5м. Модель размещалась в емкости с водой объемом 17м³. Подогретая вода прокачивалась через каналы модели и отдавала теплоту воде в емкости. Установка была оснащена необходимыми средствами измерения расхода воды, ее температуры и температуры поверхности модели.

В результате выполненных исследований определены показатели тепловой эффективности устройства теплоотвода замкнутой системы охлаждения (слайд 11). В частности получены зависимости коэффициента теплопередачи K от температурного напора Δt и от угла наклона поверхности φ . Наглядно видно, что в таких устройствах необходимо создавать максимальные температурные напоры и обеспечить их вертикальную ориентацию, что приведет к снижению их массы и габарита.

Полученные данные по тепловой эффективности позволили оценить массогабаритные характеристики устройств теплоотвода и систем охлаждения в целом. Это, в свою очередь, позволяет выполнить технико-экономические оценки эффективности таких систем. На слайде 12 показаны соответствующие результаты применительно для морской буровой платформы проекта 10170. В качестве интегрального показателя эффективности ИП было использовано отношения суммарных затрат C_{Σ} , связанных с созданием и эксплуатации системы к полезному результату CT , определяемому передаваемой системой теплотой Q (слайд 12). На базе такого подхода удалось проанализировать различные составляющие интегрального показателя ИП, представленные в таблице. При этом учитывались стоимость, затраты на собственные энергетические нужды, затраты на техническое обслуживание и ремонт и т.д. Экономико- экологическая составляющая определялась исходя из данных по концентрации планктона, икринок и рыбной молоди с учетом производительности насосов забортной воды морской платформы и естественной гибели этих организмов в природе, в случае их перехода от икринок до промыслового возраста. В случае замкнутой системы данный

показатель был равен нулю.

Как видно из общих принципов показания эффективности ИП чем меньше его значение, тем более совершенна система. Из рассмотрения таблицы следует, что в случае разомкнутой системы охлаждения интегральный показатель составляет 0,7332, а экологическая составляющая при этом равна 0,5651, в несколько раз превышая суммарную техническую составляющую, равную 0,1681. Сопоставление интегральных показателей для разомкнутой (ИП = 0,7332) и замкнутой (ИП = 0,1586) систем однозначно указывает на высокую эффективность замкнутых систем и их перспективность.

В заключение следует отметить, что рассмотренные варианты устройств теплоотвода замкнутых систем охлаждения могут быть усовершенствованы в результате проведения дополнительных исследований. Имеются предпосылки, говорящие о том, что в случае использования специальных методов интенсификации теплоотвода можно существенно снизить массогабаритные характеристики таких систем. Реализация данных решений обеспечит их более широкое внедрение практики экологически безопасных систем и сохранение рыбных ресурсов страны.

ВЫВОДЫ:

замкнутые системы охлаждения, в отличие от широко используемых разомкнутых систем охлаждения, обеспечивают сохранность рыбных ресурсов морей и внутренних водоемов;

замкнутые системы охлаждения обеспечивают более высокую эффективность по сравнению с существующими системами;

внедрение замкнутых технологий работы энергетических объектов соответствуют современным передовым тенденциям мировой науки и техники;

Необходим дальнейший поиск и разработка методов повышения эффективности теплоотвода систем, что обеспечит снижение их массогабаритных характеристик и способствует их широкому внедрению в практику.

Использованная литература:

1. Федоровский К.Ю. Повышение эффективности систем охлаждения судовых двигателей // Двигатели внутреннего сгорания. 2007г. № 1. С.109-113.
2. Климова Т.Н., Вдович И.В., Аннинский Б.Е. Состояние ихтиопланктона в западном секторе Черного моря в октябре 2005 г. // Вопросы ихтиологии. 2010. Т.50. №3. С. 349-355.
3. Загородняя Ю. А. Зоопланктон как кормовая база промысловых пелагических рыб / Ю. А. Загородняя, В. К. Морякова // Промысловые биоресурсы Черного и Азовского морей / Ред. Еремеев В. Н., Гаевская А. В., Шульман Г. Е., Загородняя Ю. А.; Институт биологии южных морей НАН Украины. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. С. 257-269.

ДОКЛАДЧИК:

Цикарева Елена Юрьевна
(Tsikareva Elena)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Дефицит водных ресурсов как угроза устойчивому развитию мировой экономики

The scarcity of the water resources as the threat to the sustainable development of the global economy

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Уральский государственный
экономический университет
(Ural State University of Economics)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Цикарева Елена Юрьевна
(Tsikareva Elena)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Более чем двукратное увеличение численности населения мира в XX в., а также другие негативные факторы, привели к дефициту водных ресурсов на планете. В работе дается характеристика этой проблемы, описываются ее аспекты, выдвигаются возможные пути ее решения, среди которых наибольшее значение уделяется мировому регулированию водопользования и глобальной торговле водой.

Annotation

More than double increase in the world population in the XX century, as well as other factors, have led to the shortage of the water resources all over the world. The paper analyzes the problem, describes its aspects, puts forward possible solutions of the problem, among which the most important ones are the global regulation of water use and the global water trade.

Ключевые слова: водные ресурсы; дефицит водных ресурсов; водные конфликты, глобальная торговля водой; мировой рынок воды

Keywords: water resources; water shortage; water conflicts; the world water trade; the world water market

С ростом численности населения мира и загрязнения окружающей среды все больше и больше вода становится дефицитным ресурсом, а число стран, ощущающих нехватку воды, увеличивается.

В настоящее время каждый шестой человек на планете не имеет доступа к необходимому количеству питьевой воды (около 1,1 млрд человек), и один из трех человек не имеет подходящих санитарных условий (2,6 млрд) [6]. По прогнозам, к 2025 г. число людей, испытывающих нехватку воды на этом уровне, увеличится до 5,5 млрд. человек, что составит две трети общей численности мира [8].

Запасы мировых водных ресурсов составляют около 1,4 млрд км³[3]. Однако, для использования пригодны лишь 93,0 тыс. км³[8]. Кроме того, водные ресурсы распределены неравномерно по территории Земли. Так, по запасам воды наиболее обеспеченной является Азия - 36% водостока планеты, при этом в этом регионе проживает 60% мирового населения, что позволяет говорить о трудном положении Азии [3].

Наиболее обеспеченной водными ресурсами на душу населения среди стран мира является Французская Гвиана (609 091 м³), а самой необеспеченной страной мира является Бахрейн (5 м³) (см. таблицу 1).

Таблица 1 – 5 самых обеспеченных и 5 самых необеспеченных водными ресурсами стран на душу населения, м³ на душу населения

10 самых обеспеченных водными ресурсами стран мира		10 самых малообеспеченных водными ресурсами стран мира	
Название страны	Возобновляемые водные ресурсы на душу населения, м ³ / д.н.	Название страны	Возобновляемые водные ресурсы на душу населения, м ³ / д.н.
Французская Гвиана	609 091	Бахрейн	5
Исландия	539 638	Египет	30
Гайана	315 858	Израиль	150
Суринам	236 893	Туркмения	206
Конго	230 125	Молдова	236

Вода очень важна для экономической деятельности, это ресурс, необходимый для производства продукции в сельском хозяйстве, промышленности и при производстве энергии. Сельское хозяйство – основной потребитель водных ресурсов, на него приходится 70% всей воды, забираемой для сельскохозяйственных, промышленных и бытовых нужд [4]. На сегодняшний день около 40% сельскохозяйственного производства в мире приходится на орошаемые земли [9]. В связи с этим от обеспеченности водными ресурсами будет зависеть продовольственная безопасность в будущем.

Промышленность является вторым по величине потребителем воды, на нее приходится около 20% общего водозабора [11]. Вода - ценный производственный ресурс для производителей гидроэнергетики. На сегодняшний день, в мировом энергобалансе она составляет 6,7%. Кроме воды как таковой существуют различные источники энергии и электроэнергии, и все они нуждаются в воде для различных производственных процессов. Так, например, для производства 1 ГДж

энергии из нефти необходимо 1,06 м3 воды [12].

Увеличение потребления пресной воды ведет к растущей нехватке водных ресурсов, которая негативно влияет на жизнь и здоровье людей. На сегодняшний день из-за недостаточного количества осадков в некоторых районах мира серьезной проблемой является проблема опустынивания, деградации земель и засухи, которая касается 1,5 млрд человек и несет угрозу продовольственной безопасности.

Ухудшающееся в результате увеличения спроса качество воды приводит к серьезным болезням, таким как желудочно-кишечные заболевания, малярия, лихорадка денге и др. Эти заболевания ежегодно становятся причинами смертей 3 миллионов человек в развивающихся странах, 90% из которых дети. При этом специалисты отмечают, что наличие доступа к безопасной воде могло бы сохранить жизни 1,5 млн детей в год [12].

Кроме того, улучшение доступа к питьевым ресурсам может увеличить уровень образования. Так, например, уменьшение расстояния до источника воды с 30 до 15 мин приведет к увеличению посещаемости девочками школ в Танзании на 12% [11].

Нехватка водных ресурсов также способствует появлению конфликтов различных масштабов и интенсивности. За последние полвека произошло 507 водных конфликтов, 21 из которых закончился военными действиями [2].

Увеличивающаяся нехватка чистой питьевой воды в регионах мира заставляет задумываться о скорейшем решении этой глобальной проблемы. Глобальная торговля водой, по мнению некоторых специалистов, - один из способов выхода из водного кризиса.

В настоящее время, мировой рынок воды уже начал складываться. Согласно журналу «Global Water Intelligence», объем водного рынка может оцениваться в пределах от 425 до 700 млрд долл. ежегодно [5]. Тезис о существовании мирового рынка воды подтверждают многочисленные сделки, которые были заключены в последние десятилетия (см. таблицу 2). Так, например, с 2004 г. Турция поставляет Израилу 50 млн м³ воды в год по цене 0,7 долл. за 1 м³.

Таблица 2 – Международные сделки по торговле водой

Страна-экспортер	Страна-импортер	Дата подписания контракта	Срок поставок	Способ поставки	Объем поставок	Цена сделки
Турция	Израиль	2004	20 лет	Трубопровод		
танкеры	50 млн. м ³ /год	0,7 долл. / м ³ ;				
35 млн. долл./год						
Турция	Иордания	2009		Трубопровод	-	Около 1,1 млрд. долл.
Иран	Кувейт	2003	30 лет	Трубопровод	90 млн. м ³ /год	2 млрд. долл./год
Греция	Кипр	2004	10 месяцев	Танкеры		39 млн. евро
Франция	Испания	2008	-	Танкеры	10 танкеров по 36 млн л воды	22 млн. евро
Киргизия	Германия			Бутилированная вода		12 долл./ 25л
Таджикистан	Иран	2012		Трубопровод	1 млрд. м ³ /год	Не определена

Рис. 1 - Альтернативные пути решения проблемы дефицита воды



На сегодняшний день существует большое количество и других путей решения проблемы дефицита воды. К ним можно отнести межбассейновую переброску речного стока, транспортировку айсбергов и добычу пресной воды из глубинных источников. Однако, наиболее распространенными является опреснение морской воды и очистка сточных вод (см. рисунок 1).

Таким образом, дефицит водных ресурсов отрицательно влияет на сельское хозяйство и промышленность мира, а также жизнь и здоровье людей; кроме того, он приводит к росту конфликтов между странами. Торговля водой, опреснение морской воды и очищение сточных вод – наиболее перспективные способы решения проблемы нехватки водных ресурсов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Бояркина О.А. Торговля водой - решение водного дефицита? [Текст]// Проблемы региональной экологии.-2012.-№1.- с. 111-215
2. Водные конфликты. Геополитическая ситуация в регионах мира [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vigorconsult.ru/resources/vodnyie-konfliktyi-geopoliticheskaya-situatsiya-v-regionah-mira/>
3. Дефицит пресной воды в странах мира. Справка. [Электронный ресурс]// РИА Новости.- Режим доступа: <http://ria.ru/documents/20100322/215718166.html#13946009329083&message=resize&relto=register&action=addClass&value=registration>
4. Обзор важных сообщений из 4-го доклада ООН об освоении водных ресурсов мира [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/Overview-RU-low%20res.pdf>
5. Панов Валерий. Битва за воду [Электронный ресурс]//Столетие. - Режим

доступа: http://www.stoletie.ru/rossiya_i_mir/bitva_za_vodu_2012-04-04.htm

6. Проблема пресной воды. Глобальный контекст политики России [Текст] – Москва: МГИМО-Университет, 2011. – 87 С.

7. Пути решения водной проблемы [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://geographyofrussia.com/puti-resheniya-vodnoj-problemy/>

8. Рудов Г.А. Дефицит пресной воды и его международное урегулирование [Электронный ресурс] //Мир и политика.– Режим доступа: <http://mir-politika.ru/162-deficit-presnoy-vody-i-ego-mezhdunarodnoe-uregulirovanie.html>

9. Современные тенденции в совершенствовании управления водными ресурсами в государствах – участниках СНГ [Текст]. – Алматы, 2013. – с. 52

10. Шанковский Олег. Голубое золото. Назревает глобальная революция в торговле водой [Электронный ресурс]//Корреспондент.-2014.-№1- Режим доступа: <http://korrespondent.net/business/economics/3283596-holuboe-zoloto-nazrevaet-hlobalnaia-revolutsiya-v-torhovle-vodoi>

11. UN-Water [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.unwater.org/statistics/en/>

12. Water Footprint Network [Electronic resource] .– Access mode: <http://www.waterfootprint.org/>

ДОКЛАДЧИК:

Чернокульский А. В.
(Alexander V. Chernokulsky)
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Опасные гидрометеорологические явления в России и риск их возникновения в условиях меняющегося климата
Extreme hydrometeorological events in Russia and their risk under climate change

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Институт физики атмосферы им.
А.М. Обухова РАН
(A.M.Obukhov Institute of
Atmospheric Physics)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Чернокульский А. В.
(Alexander V. Chernokulsky)

ТЕЗИСЫ:

В последние годы в России отмечен целый ряд экстремальных погодно-климатических явлений, многие из которых стали беспрецедентными в истории гидрометеорологических наблюдений: аномальная жара на Европейской территории России в 2010 году, сильные дожди на Черноморском побережье в 2012 и в 2015 гг., наводнение на Амуре в 2013 году, сильный смерч (торнадо) в Башкирии в 2014 году. Что это: проявление естественной изменчивости климата или прямое следствие глобального потепления, связанного с антропогенным влиянием? Изменится ли риск возникновения подобных опасных гидрометеорологических явлений в 21 веке? Можно ли увеличить предел их предсказуемости? В докладе будут представлены результаты исследований опасных гидрометеорологических явлений в России, позволяющие дать частичные ответы на поставленные вопросы.

ДОКЛАДЧИК:

Юнчина Мария Николаевна
(Junchina Marija Nikolaevna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ" (НИУ МГСУ), институт инженерно-экологического строительства и механизации (ИИЭСМ)
(Federal state budgetary educational institution of higher professional education "NATIONAL RESEARCH MOSCOW STATE UNIVERSITY" (national research University higher school of civil engineering), Institute of engineering-environmental engineering and mechanization)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Юнчина Мария Николаевна
(Junchina Marija Nikolaevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Водоснабжение Крыма. Проблемы и пути решения (на примере города Севастополь)

The water supply of the crimea. Problems and solutions (example of the city of Sevastopol)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Рассмотрен вариант организации забора воды для города Севастополь (Крым) с учетом гидрологических, природных и других условий местности путем строительства водозаборных сооружений из моря для подачи воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды.

Annotation

A variant of the organization of the water intake for the city of Sevastopol (Crimea), taking into account hydrological, and other natural conditions of the area through the construction of water intake facilities from sea to supply water for drinking and industrial purposes.

Ключевые слова: водоснабжение; водозаборное сооружение; водоприемный ковш; береговой колодец; морская вода; рабочая защитное устройство; биообрастания

Keywords: water supply; water intake structure; water bucket; shore wells; sea water; rabotaite device; biofouling

Крым – полуостров, расположенный на Черном море, широко известен у нас в стране и за рубежом как рекреационная зона. На его территории находится большое количество санаториев, домов отдыха и т.д. Присутствуют и минеральные источники, что позволяет полуострову выполнять и бальнеологическую функцию для людей.

Издавна по причине своего неудачного географического положения полуостров Крым всегда был беден водными ресурсами. В связи с увеличением численности населения и строительства промышленных предприятий и объектов сельского хозяйства потребность в воде увеличивалась. В середине 20 века был открыт Северо-Крымский канал, доставляющий воду из реки Днепр на полуостров. Однако в связи с произошедшими политическими событиями он был перекрыт Украиной и уже около года вода в Крым от него не поступает.

На полуострове имеются и другие водные ресурсы – подземные воды и зарегулированные в водохранилища реки, однако они не способны полностью удовлетворить потребность населения в питьевой воде. Большое количество водных объектов загрязнено, а в связи с прошедшими засухами уровень воды в них сильно понизился. Имеются большие проблемы с водоснабжением на полуострове, которые надо решать [1, 2].

Город Севастополь расположен на юго-западе Крыма, является морским военным и торговым портом, а также промышленным, научно-техническим и рекреационным центром полуострова. Население города составляет по данным переписи около 300 тыс. чел. Ощущается значительная нехватка качественной питьевой воды.

Неудачное географическое положение, а также небольшие запасы пресной воды вынуждают как можно скорее решать вопросы водоснабжения города. Было выяснено, что львиная доля пресной воды тратится на автомоечных комплексах (около 45% подаваемой в город воды). С учетом сложного местоположения единственно оптимальным решением становится забор морской воды из Черного моря и ее использование на различные цели после предварительного опреснения с обязательным кондиционированием [3].

В нашей стране еще в Советское время имелся первый неудачный опыт по возведению морских водозаборных сооружений на Каспийском море для города Шевченко (сейчас Актау, Казахстан). Система водоснабжения была запроектирована с ошибками, которые касались, прежде всего, отсутствия системы кондиционирования воды (воду не доводили до качества питьевой воды, а просто опресняли, убирая необходимые для жизнедеятельности минералы и микроэлементы). Теперь с учетом прошлых работ над ошибками были запроектированы морские водозаборные сооружения в других странах (ОАЭ, Индия, Китай), которые хорошо выполняют свое предназначение.

Береговая линия города Севастополь, в отличие от других населенных пунктов полуострова, более благоприятная для строительства водозаборных сооружений, т.к. имеется большое количество бухт и

заливов, где отрицательное влияние волнений и нагонов будет наименьшей по причине защищенности акватории выступами суши.

Перед тем как перейти к выбору схемы водоснабжения объекта необходимо изучить характеристики водной поверхности Черного моря в данном месте. Выбирается бухта, которая дальше всех врывается в сушу. Стоянка судов и плотов там будет категорически запрещена. На входе в бухту строится мол, являющийся гидротехническим сооружением, которое предназначается для защиты акватории бухты от волнения. Одним концом сооружение примыкает к берегу. Целесообразно устроить не менее трех молов, расположенных в бухте в шахматном порядке.

Так как Черное море в районе города Севастополь не замерзает, то отпадает влияние шуги и льда на проектируемое водозаборное сооружение. Это является неоспоримым преимуществом, значительно снижающим капитальные затраты на строительство и эксплуатацию всей системы.

В составе горных пород, слагающих акваторию бухт Черного моря, в большом количестве встречаются крупнообломочные отложения, к которым относят гальку, гравий и песок. Данные фракции, являясь как взвешенными, так и донными наносами, будут значительно осложнять забор воды из бухты, поэтому устанавливать береговое сооружение в бухте нецелесообразно. Придется возводить искусственный залив (ковш) в нижней части бухты, который будет вдаваться в берег [4].

Скорость движения воды в ковше будет меньше, чем в самой бухте, таким образом, взвешенные и донные наносы будут осаждаться до подхода к водозаборному сооружению. Таким образом, уменьшается вероятность завала водозаборного сооружения фракциями разной крупности, что облегчит забор воды и эксплуатацию сооружения. С учетом этого принимается водозаборное сооружение берегового типа.

В холодное время суток на Черном море появляются сгонно-нагонные явления, которые могут достигать высоты до 2 м. В бухтах имеют место сейши – периодические поднятия и опускания уровней воды по типу стоячих волн, происходящих без горизонтальных перемещений. Это происходит вследствие сгонов и нагонов воды, а также при наличии сейсмических явлений, что не редкость на территориях, прилегающих к морю. Колебания уровней воды может достигать и до 1 м и продолжаться несколько часов. По этой причине в обязательном порядке это учитывается при расчете сооружения, поэтому искусственно увеличивают глубину на подходе воды к водозабору [5]. Также предусматривают нижние ярусы водоприемных окон, которые располагают в шахматном порядке.

При возможно большом падении уровня воды в ковше целесообразно предусматривать при должном обосновании запасные и регулирующие емкости, устанавливаемые на берегу. Вода в них будет запасаться, а затем при понижении уровня подаваться потребителю, таким образом, компенсируя недостающие объемы.

Соленость морской воды отрицательным образом влияет на материал водозаборного сооружения, разрушая его значительно быстрее, чем на пресных источниках. Поэтому при строительстве сеточных водоприемных колодцев используется специальный гидротехнический бетон, который рассчитывается на постоянное или временное нахождение его под водой. Отдельные части морского водозаборного сооружения по высоте находятся в различных условиях работы в отношении влияния внешней среды, то рекомендуется подбор бетона вести по следующим зонам: надводная защищенная; надводная незащищенная; переменного уровня воды; подводная; подземная. Фундамент водозаборного сооружения заглубляют на глубину до двух метров и более с целью предотвращения его размыва, а также из-за сложных инженерно-геологических условий [6, 7].

Большие проблемы для забора воды вызывает наличие в море большого количества мусора и загрязнений, а также водорослей и др. Они, попадая в водозаборное сооружение, нарушают его работу. Также мешают водозаборному сооружению выполнять свою функцию морские обрастания, которым подвергаются подводные поверхности сеточных водоприемных колодцев, а также решетки и сетки, которые находятся соответственно в приемных и всасывающих отделениях берегового колодца. В районе города Севастополь интенсивность обрастания может составлять до 6 кг/м² в месяц.

На морском водозаборном сооружении для предотвращения попадания сора и водорослей в насосное оборудование целесообразно использовать вращающиеся сетки, количество которых принимается не менее двух в каждой секции в связи с большими объемами колоний водорослей. Промывка сеток от загрязнений осуществляется автоматически.

Двустворчатые моллюски и другие организмы, вызывающие обрастание на

водозаборах, должны в обязательном порядке убираться из системы [8]. Правильным решением будет являться предупреждение обрастания, а не борьба со следствием.

Открытые части сооружений можно очищать от обрастаний с помощью простого соскабливания острыми приспособлениями. Это можно производить для береговых сеточных колодцев, решеток, сеток и концов всасывающих труб, а также других механизмов.

Для уничтожения двустворчатых моллюсков, попавших в приемную камеру колодца, используется периодическое его хлорирование. Также возможно хлорирование воды и вблизи водозаборного сооружения в канале путем подачи не менее 1,5 мг/л хлора в течение не менее 5 дней, т.к. моллюски способны закрывать свои створки и сохранять свою жизнедеятельность в течение этого периода. Для предотвращения вредного воздействия хлора на рыбу (а также с целью ее отвода от водозаборного сооружения) на входе в ковш должно быть запроектировано рыбозащитное устройство. Целесообразно использовать специальные магнитострикционные излучатели (звукогенераторы), которые отпугивают рыбу и она не приближается к водоприемному ковшу.

Для снижения скорости втекания воды в водоприемный ковш должен устанавливаться на входе дамба-волнолом. Такое решение является дорогим и сложно возводимым. Целесообразно искусственно сузить вход в искусственный канал и сделать его с одним поворотом под 90°. Волны на подходе будут гаситься, не оказывая отрицательного влияние.

В качестве всасывающих линий целесообразно использовать пластмассовые трубы или трубы ВЧШГ, обладающие высокой коррозионной стойкости в борьбе с разрушающим воздействием морской воды.

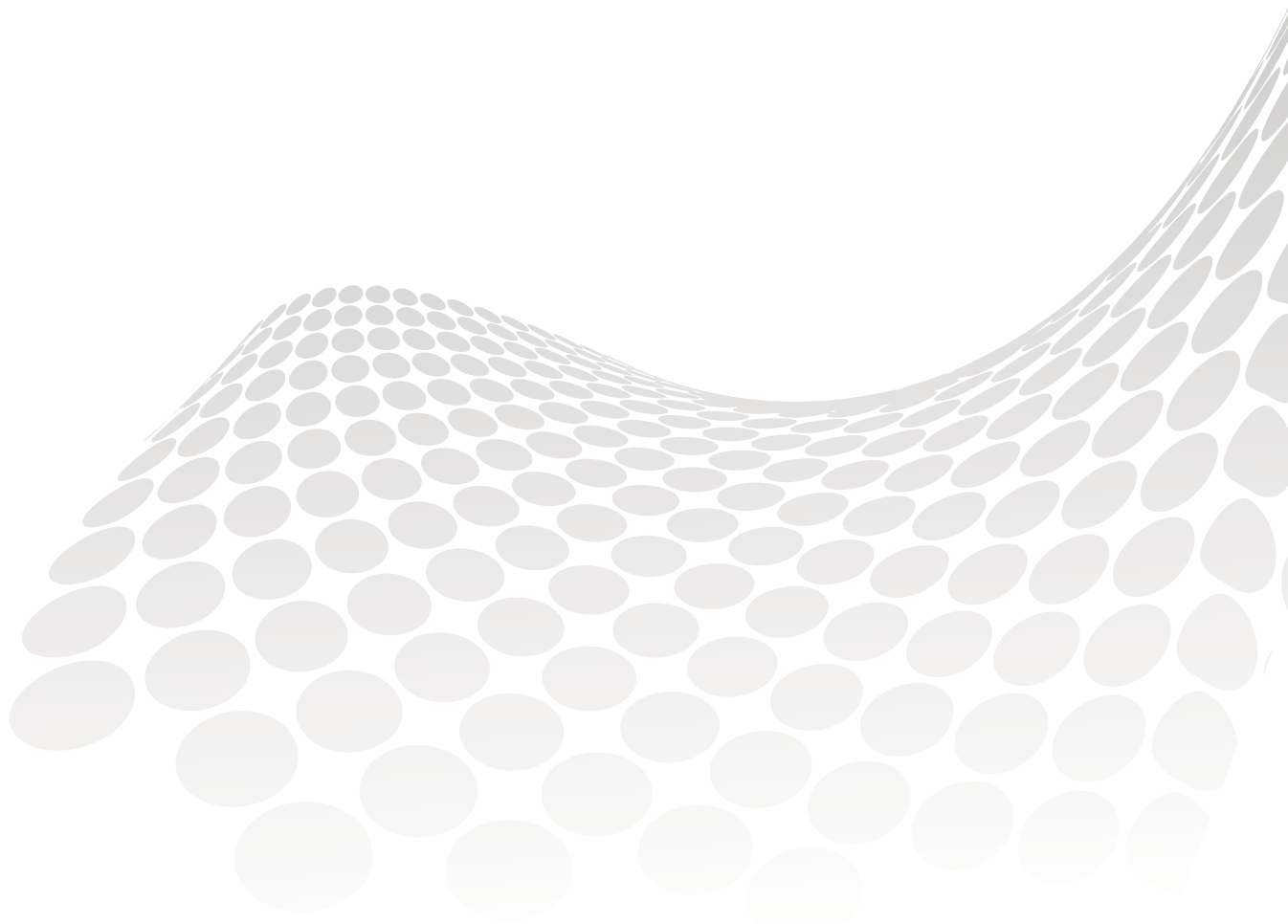
Периодически канал придется осушать и проводить профилактические мероприятия по очистке его дна от наносов, что позволит значительно улучшить забор воды.

В качестве заключения необходимо отметить:

1. Водоснабжение Крыма целесообразно производить путем забора воды из Черного моря с его последующим опреснением и кондиционированием, т.к. имеется малое количество пресной воды в регионе.
2. Водозаборное сооружение целесообразно размещать в бухтах, устанавливая в них молы для гашения волн.
3. Для борьбы с большим количеством наносов используется водоприемный ковш (искусственный залив).
4. Для гашения волн на входе в ковш необходимо сужать его проходное сечение и поворачивать его трассу под прямым углом.
5. Для предотвращения биологических обрастаний применяется периодическое хлорирование воды.
6. Строительство такого ковшевого морского водозаборного сооружения позволит неограниченно подавать воду потребителю на хозяйственно-питьевые, производственные и другие функции, необходимые в данном случае для региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Максименко Ю.Л., Кудряшова Г.Н. Охрана водных ресурсов. – М.: Издательство Ассоциация строительных вузов. 2015, 256 с.
2. Яковлев С.В., Губий И.Г., Павлинова И.И. Комплексное использование водных ресурсов. – М.: ОАО «Высшая школа», 2008. – 383 с.
3. Орлов Е.В. Водоснабжение. Водозаборные сооружения. – М. Издательство Ассоциации строительных вузов. 2015. 136 с.
4. Орлов Е.В., Мельников Ф.А., Серов А.Е., Юнчина М.Н. Улучшение забора воды. Строительство водоприемных ковшей на реках // Техника и технологии мира. 2014. № 9. С. 41-45.
5. Витрешко И.А. Водозаборные сооружения: Учебн. пос. / Моск. гос. строит. ун-т. – М.: МГСУ, 2009. – 80 с.
6. Орлов Е.В., Иванов Е.С., Квитка Л.А., Юнчина М.Н., Мельников Ф.А., Серов А.Е. Улучшение забора воды на водозаборных сооружениях // Естественные и технические науки. 2015. № 2 (80). С. 148-149.
7. Курганов А.М. Водозаборные сооружения систем коммунального водоснабжения: Учеб. пособие / Изд-во АСВ, СПбГАСУ. – М.: СПб., 1998. 246 с.
8. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: В 3 т. Т. 1. Системы водоснабжения, водозаборные сооружения: Учеб. пособие. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: АСВ, 2010. – 400 с.



**НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ,
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЦЕССЫ**

ДОКЛАДЧИК:

Алмаев Алексей Викторович
(Almaev Aleksey Victorovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный
исследовательский Томский
государственный университет (НИ
ТГУ)
(National Research Tomsk
State University (TSU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Алмаев Алексей Викторович
(Almaev Aleksey Victorovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Сенсоры взрывоопасных и токсичных газов на основе тонких пленок
диоксида олова

Sensors of explosive and toxic gases based on thin films of tin dioxide

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В работе обсуждается влияние влажности воздуха и долговременных испытаний на электрические и газочувствительные характеристики сенсоров H_2 на основе тонких пленок SnO_2 с нанесенными на поверхность мелкодисперсными слоями Pt/Pd ($Pt/Pd/SnO_2:Sb$) и с добавкой золота в объеме и на поверхности ($Au/SnO_2:Sb, Au$). Показано, что изгиб энергетических зон на границах раздела микрокристаллов SnO_2 в тонких пленках диоксида олова определяет зависимость откликов на воздействие водорода и проводимости сенсоров от уровня влажности и длительности эксплуатации приборов.

Annotation

The influence of air humidity and long – term operation on the electrical and gas-sensitive characteristics of H_2 sensors based on thin films SnO_2 with deposited Pt/Pd disperse layers ($Pt/Pd/SnO_2:Sb$) and with the additions of gold in the bulk and on the surface ($Au/SnO_2:Sb, Au$) has been studied. It is shown that the energy band bending at the SnO_2 microcrystals interfaces in thin films of tin dioxide determines the dependence of the responses exposed to hydrogen and the conductivity of sensors to the humidity and the duration of operation of devices.

Ключевые слова: сенсоры водорода, диоксид олова, термоциклирование, изгиб энергетических зон, влажность, стабильность

Keywords: hydrogen sensor, tin dioxide, thermo-cyclic operation mode, energy band bending, humidity, stability

В связи с развитием водородной энергетики особый интерес представляет создание быстродействующих, селективных, стабильных при эксплуатации сенсоров водорода, а также быстрых методов определения концентрации газа. В имеющихся разработках для определения концентрации H_2 используются градуировочные графики, измерение и построение которых требует времени и затрудняет процесс измерений. Кроме того, большая часть исследований выполнена применительно к пленкам, полученным методами толстопленочной технологии. Вместе с тем наиболее перспективной является тонкопленочная технология, которая имеет целый ряд преимуществ. Тонкие пленки обладают высокой стабильностью свойств, высокой чувствительностью, которая, в общем случае, тем выше, чем меньше размер микрокристаллов, и для тонких пленок это условие легче выполняется. О широте применений сенсоров на основе пленок металлооксидных полупроводников можно ознакомиться в монографии [1].

НИР посвящена решению актуальной задачи: разработке метода определения концентрации водорода в газовой смеси при помощи сенсоров на основе тонких пленок SnO_2 без привлечения градуировочных графиков в условиях колебания уровня влажности газовой смеси и при длительной эксплуатации сенсоров.

Нанокристаллические тонкие (100 нм) пленки SnO_2 были получены методом магнетронного распыления на постоянном токе мишени из сплава Sn и Sb в кислородно-аргонной плазме. Исследованы отличающиеся высокой чувствительностью к H_2 сенсоры с нанесенными на поверхность мелкодисперсными слоями Pt и Pd ($Pt/Pd/SnO_2:Sb$ – партия 1) и с добавками золота в объеме и на поверхности полупроводника ($Au/SnO_2:Sb, Au$ – партия 2). Все экспериментальные результаты получены с использованием современной экспериментальной техники и апробированных методик измерений на большом числе образцов. Измерения параметров сенсоров в зависимости от стабилизированной рабочей температуры выполнены с использованием оригинальных электронных схем, созданных на основе стандартных подходов с применением серийных аналоговых цифровых преобразователей.

В работе на основе теории электронных процессов на поверхности полупроводников при хемосорбции молекул и атомов газа предложена новая модель процессов диссоциативной адсорбции молекул воды и водорода на поверхности микрокристаллов диоксида олова. Используя эту модель можно объяснить и аналитически описать зависимость изгиба энергетических зон и проводимости пленок от уровня влажности воздуха.

Известно [2-5], что характеристики сенсоров, такие как проводимость и отклик на воздействие газа зависят от колебаний уровня влажности. Кроме

того, характеристики приборов изменяются при длительной эксплуатации, данная проблема практически не изучена. При использовании сенсоров в реальных условиях эти явления вызывают ряд неудобств, поэтому для повышения эффективности работы приборов необходимо исследовать влияние влажности воздуха и долговременных испытаний на характеристики сенсоров.

Измерения проводимости сенсоров проводили в режиме термоциклирования, поскольку в этом случае анализ характеристик позволяет определить изгиб энергетических зон на границах раздела микрокристаллов SnO_2 $e\Phi_s$ (e – заряд электрона, Φ_s – поверхностный потенциал), а также оценить концентрацию газа n_{H_2} [7]. Для сенсоров из партии 1 был выбран следующий режим: нагрев до $T_2=673$ К в течение 8 с, охлаждение до $T_1=473$ К в течение 6 с. В случае сенсоров из 2-ой партии температуры T_1 и T_2 не изменялись, длительность нагрева составляла 17 с, длительность охлаждения 6 с. Для исследований влияния влажности были выбраны образцы, параметры которых после длительных тренировок стабилизировались.

Анализ экспериментальных данных показал, что изгиб энергетических зон на границах раздела микрокристаллов SnO_2 в поликристаллических тонких пленках диоксида олова определяет зависимость других параметров сенсоров, таких как проводимость, отклик сенсоров на воздействие газа, от влажности воздуха и долговременных испытаний. Измерения в режиме термоциклирования согласно методике [7] показали, что для сенсоров на основе $\text{Pt/Pd/SnO}_2\text{:Sb}$ изгиб энергетических зон $e\Phi_s(0)$ на границах раздела микрокристаллов SnO_2 в пленках диоксида олова при нулевом уровне влажности газовоздушной смеси составляет 0,61 эВ, а для сенсоров, модифицированных золотом, $e\Phi_s(0)=0,46$ эВ. Это различие обусловлено тем, что наличие на поверхности каталитических слоев Pt/Pd способствует диссоциативной адсорбции кислорода из воздуха, увеличению поверхностной плотности хемосорбированных ионов кислорода Ni , и соответственно $e\Phi_s$. Золото не является активным окислительным катализатором, поэтому в случае сенсоров из второй партии значения Ni и $e\Phi_s$ ниже.

Увеличение абсолютной влажности A чистого воздуха от 2,5 до 16,5 г/м³ для сенсоров из партии 1 ведет к снижению $e\Phi_s$ от 0,577 до 0,479 эВ. Для сенсоров из второй партии повышение A от 2,0 до 16,3 г/м³ способствует уменьшению $e\Phi_s$ от 0,429 до 0,339 эВ. Зависимость $e\Phi_s$ от абсолютной влажности можно описать аналитическим выражением, полученным в предположении о наличии на поверхности микрокристаллов SnO_2 двух типов центров адсорбции для молекул воды, роль которых могут выполнять поверхностные дефекты, занятые адсорбированными ионами кислорода O^{2-} и O^- [8].

В работе [9] показано, что зависимость проводимости сенсора G_0 в атмосфере чистого воздуха от A близка к линейной и описывается выражением $G_0(A)=G_0(0)(1+\gamma_0 A)$. В ходе настоящей работы было установлено, что проводимость сенсоров в атмосфере чистого воздуха при увеличении A , так же как и в работе [9], возрастает, что связано с уменьшением $e\Phi_s$. При этом на кривых, изображающих эту зависимость (рис. 1), имеется два линейных участка, каждому из которых соответствует свой коэффициент γ_0 . Абсолютная влажность A_0 , при которой имеет место перегиб кривых на рис. 1, для сенсоров из 1-ой партии больше, и составляет 9,1 г/м³, для сенсоров из второй партии $A_0=7,0$ г/м³. Коэффициент γ_0 при $A < A_0$ – γ_{01} , при $A > A_0$ – γ_{02} . Для сенсоров из обеих партий γ_{01} мало отличается: 0,41 г-1м³ для 1-ой партии и 0,47 г-1м³ для сенсоров из партии 2. На втором участке γ_{02} для партии 1 составляет 0,048 г-1м³, что примерно в 2 раза меньше чем $\gamma_{02}=0,087$ г-1м³ для второй партии. Таким образом, G_0 для сенсоров на основе $\text{Au/SnO}_2\text{:Sb}$, Au в области $A > A_0$ сильнее зависит от колебаний уровня влажности.

Для сенсоров партии 2 сублинейная зависимость отклика от концентрации H_2 (рис. 2, кр. 2, 4) соответствует определяющей роли канальной составляющей проводимости. Интересно, что отклик сенсоров партии 2 при $n_{\text{H}_2} < 100$ ppm больше отклика сенсоров из 1-ой партии. При увеличении n_{H_2} наблюдается обратная картина. Повышение A приводит к уменьшению отклика на воздействие водорода сенсоров из обеих партий (рис. 2).

На рисунке 3 изображена зависимость величины $e\Phi_s$ от времени эксплуатации $t_{\text{эк}}$ для двух сенсоров партии 1 при $T_2=673$ К и $A=5,7 \pm 0,8$ г/м³. Наиболее существенные изменения изгиба энергетических зон при увеличении $t_{\text{эк}}$ наблюдаются в первые 30 суток после начала эксплуатации сенсоров. При дальнейшем увеличении $t_{\text{эк}}$ величина $e\Phi_s$ стабилизируется. Во время эксплуатации, сенсоры неоднократно подвергались воздействию водорода и высоких уровней влажности газовоздушной смеси. Вероятно, такое поведение характеристик сенсоров вызвано взаимодействием поверхности пленки SnO_2 с водородом.

Рис. 1 - Зависимости проводимости в атмосфере чистого воздуха от абсолютной влажности (кр.1. – партия 1, кр.2 – партия 2)

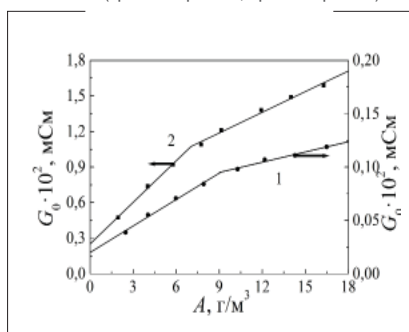


Рис. 2 - Концентрационные зависимости отклика на водород сенсоров из разных партий при $A=2,9$ г/м³ (кр.1 – партия 1, кр.2 – партия 2) и при $A=10,3$ г/м³ (кр.3 – партия 1, кр.4 – партия 2)

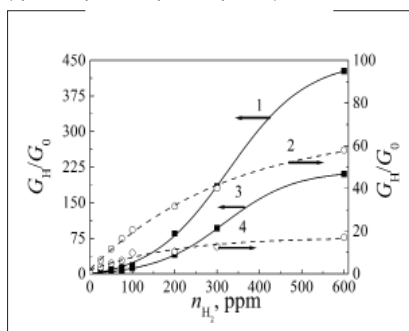


Рис. 3 - Зависимость изгиба энергетических зон от длительности срока эксплуатации сенсоров №1 и №2 при $T_2=673$ К и $A=5,7\pm0,8$ г/м³

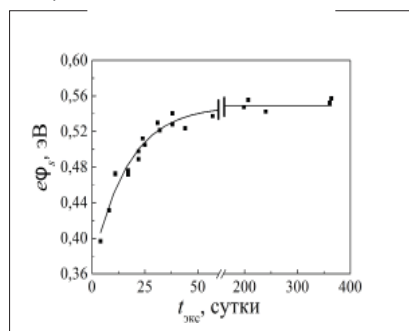
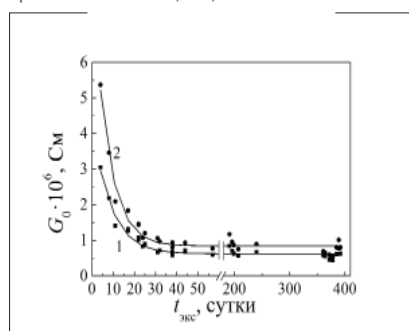


Рис. 4 - Зависимость проводимости сенсоров от длительности срока эксплуатации сенсоров №1 и №2 при $T_2=673$ К и $A=5,7\pm0,8$ г/м³



На рисунке 4 изображено изменение проводимости для двух сенсоров партии 1 в атмосфере чистого воздуха при $T_2=673$ К и $A=5,7\pm0,8$ г/м³. При длительных испытаниях G_0 значительно уменьшается в первые 30 суток эксплуатации сенсоров. Дальнейшее увеличение $t_{эксп}$ ведет к стабилизации проводимости. При $t_{эксп}>50$ суток G_0 для сенсора №1 составляет $6,23\cdot10^{-7}$ См, а для сенсора №2 – $8,32\cdot10^{-7}$ См. Таким образом увеличение $t_{эксп}$ почти до 400 суток ведет к уменьшению проводимости сенсора в 4,9 раза для сенсора №1 и в 6,45 раза сенсора №2. Проводимость сенсора с ростом времени эксплуатации изменяется симбатно $\epsilon\phi$. При малых значениях $n_{H_2}=50$ и 100 ppm GH/G_0 при $T_2=673$ К с увеличением длительности эксплуатации не меняется.

Согласно полученным экспериментальным данным, для детектирования и определения концентрации водорода в широком диапазоне изменений n_{H_2} при колебаниях уровня влажности газовой смеси целесообразнее использовать сенсоры на основе пленок Pt/Pd/SnO₂: Sb. В тех случаях, когда необходима высокая чувствительность при малых значениях n_{H_2} , приемлемо использование сенсоров на основе пленок Au/SnO₂: Sb, Au.

Для сенсоров водорода обоого типа наблюдается повышение $\epsilon\phi$ по мере увеличения времени их эксплуатации в течение примерно 30 суток, а затем изгиб энергетических зон стабилизируется. Наоборот проводимость сенсора в течение первых 30 суток эксплуатации уменьшается, а затем стабилизируется. Предполагается, что эти явления обусловлены увеличением поверхностной плотности центров адсорбции для кислорода.

На основе совокупности результатов, полученных при комплексном исследовании характеристик сенсоров в широком интервале температур и уровней влажности газовой среды, разработаны два варианта метода определения концентрации водорода в воздухе без использования градуировочных графиков. Показано, что, используя измеренные значения изгиба энергетических зон в чистом воздухе и отклик на воздействие водорода, эти методы позволяют определять концентрацию водорода, в интервале от 0,01 до 0,05 объемных% с погрешностью порядка 10–15%, независимо от колебаний уровня влажности.

Список использованной литературы

1. Korotcenkov G. Handbook of gas sensor materials: Springer, 2013. – p.454
2. Vlachos D.S., Skafidas P.D., Avaritsiotis. J.N. The effect of humidity on tin-oxide thick-film gas sensors in the presence of reducing and combustible gases // Sensors and Actuators B. – 1995. – V.24 – 25. – P.491–494.
3. Barzan N., Heilig A., Kappler J., et al CO – Water interaction with Pd – doped SnO₂ gas sensors: simultaneous monitoring of resistances and work function // Proc. of XIII European Conf. on Solid-State Transducers. September 12-15. 1999. Hague. Netherlands. – 1999. – P.367–369.
4. Fort A., Mugnaini M., Pasquini I., et al. Modeling of the influence of H₂O on metal oxide sensor responses to CO // Sensors and Actuators. – 2011. – B.159. – P.82–91.
5. Севастьянов Е.Ю., Максимова Н.К., Новиков В.А., и др. Влияние добавок Pt, Pd, Au на поверхности и в объеме тонких пленок диоксида олова на электрические и газочувствительные свойства // ФТП. – 2012. – Т.46. – №.6–С.820–828.
6. Замятин Н.В., Севастьянов Е.Ю. Информационная система для исследования полупроводниковых металлооксидных сенсоров // Доклады ТУСУРа – июнь 2010. – № 1 (21 – ч. 2.)
7. Гаман В.И., Максимова Н.К., Алмаев А.В., и др. Характеристики полупроводниковых резистивных сенсоров водорода при работе в режиме термоциклирования // Известия ВУЗов. Физика. – 2013. – Т.56. – №12. – С.96–102.
8. Гаман В.И., Алмаев А.В., Севастьянов Е.Ю., Максимова Н.К. Влияние паров воды и водорода на изгиб энергетических зон в микрокристаллах SnO₂ поликристаллических пленок диоксида олова // Известия ВУЗов. Физика. – 2015. – Т.58. – №2. – С.36–42.
9. Гаман В.И. Физика полупроводниковых газовых сенсоров: монография. – Томск: Издательство НТЛ, 2012. – 112 с.

ДОКЛАДЧИК:Аришина Ксения Валерьевна
(Ksenya V. Arishina)**ОРГАНИЗАЦИЯ:**Уральский федеральный
университет, Институт
естественных наук
(Ural Federal University,
Institute of Natural Sciences)**АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:**Аришина Ксения Валерьевна
(Ksenya V. Arishina)**НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:**Синтез, кристаллическая структура и аттестация низкосимметричных
молибдатов висмутаSynthesis, crystal structure and properties of low-symmetry bismuth
molybdates**ТЕЗИСЫ:****Аннотация**

Актуальность работы обусловлена перспективностью колончатых молибдатов висмута для использования в качестве твёрдых оксидных электролитов электрохимических устройств, что определяется уникальностью их структуры и высокой ионной проводимостью. Цель работы заключалась в исследовании возможности получения, установлении специфики структуры и свойств кислородно-ионных проводников на основе молибдата висмута $\text{Bi}_{13}\text{Mo}_5\text{O}_{34\pm\delta}$, замещенного марганцем и железом.

Annotation

The relevance of the work deals with the perspective of columnar bismuth molybdates for using as solid oxide electrolytes of electrochemical devices. That is due to their unique structure and high ionic conductivity. The purpose of the work is to study the availability of synthesis, define characteristics of the structure and properties of the oxygen ionic conductors based on bismuth molybdate $\text{Bi}_{13}\text{Mo}_5\text{O}_{34\pm\delta}$ substituted by manganese and iron.

Ключевые слова: кислородно-ионные проводники; молибдаты висмута; твёрдые электролиты; топливный элемент; импедансная спектроскопия

Keywords: oxygenic ionic conductors; bismuth molybdates; solid electrolytes; fuel element; impedance spectroscopy

Работа посвящена исследованию возможности получения, установлению специфики структуры и свойств кислородно-ионных проводников на основе молибдата висмута $\text{Bi}_{13}\text{Mo}_5\text{O}_{34\pm\delta}$, замещенного железом и марганцем. Матричное соединение $\text{Bi}_{13}\text{Mo}_5\text{O}_{34\pm\delta}$ содержит в своей структуре уникальные для твёрдых оксидов колончатые фрагменты $[\text{Bi}_{12}\text{O}_{14}]^{8n+}$, ориентированные вдоль оси у, и окруженные кислородно-молибденовыми полиэдрами и изолированными ионами висмута. $\text{Bi}_{13}\text{Mo}_5\text{O}_{34\pm\delta}$ кристаллизуется в триклинной симметрии (пр. гр Р-1), переходя при 310°C в устойчивую моноклинную модификацию, и проявляет себя как перспективный одномерный кислородно-ионный проводник [1]. Перенос заряда в структуре осуществляется анизотропно, вдоль колонок. Замещение в $\text{Bi}_{13}\text{Mo}_5\text{O}_{34\pm\delta}$ висмута возможно в позиции молибдена и изолированных атомов висмута. Таким образом, формулы твердых растворов замещения выглядят как $\text{Bi}_{13-x}\text{Me}_x\text{Mo}_5\text{O}_{34\pm\delta}$, где $\text{Me}=\text{Mn}$, $x \leq 0.7$; $\text{Bi}_{13}\text{Mo}_{5-y}\text{O}_{34\pm\delta}$, где $\text{Me} = \text{Fe}$, $x \leq 0.35$.

Образцы были синтезированы по стандартной керамической технологии из исходных оксидов Bi_2O_3 (ос.ч.), MoO_3 (ос.ч.), Mn_2O_3 (ос.ч.), Fe_2O_3 (ос.ч.), FeO (ос.ч.). Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили с помощью рентгеновского автоматизированного дифрактометра D8 ADVANCE Bruker (Cu-K α излучение, β -фильтр, позиционно-чувствительный детектор VÅNTEC-1). Анализ фазового состава и расчет кристаллографических параметров осуществляли с использованием программного пакета Celref и баз данных PDF4+ ICDD, COD и AMCSD. Денситометрический анализ порошков проводили измерением пикнометрической плотности. Для определения объемной плотности керамических брикетов образцы взвешивали гидростатически. Полную пористость образцов рассчитывали по результатам измерения пикнометрической и объёмной плотностей керамики. Дифференциальный термический анализ проведен в температурном интервале 293–973 K с использованием термоанализатора STA 409 PC Luxx, Netzsch. Распределение частиц порошков по размерам определено методом лазерного светорассеяния на анализаторе дисперсности SALD-7101 Shimadzu. Микроскопические исследования проведены с помощью сканирующего электронного (растрового) микроскопа JEOL JSM 6390LA. Спектры ИК-Фурье были сняты методом нарушенного полного отражения на спектрометре Nicolet 6700, в средней ИК-области. Общую электропроводность измеряли двухконтактным методом с платиновыми электродами с помощью импедансной спектроскопии (импедансметры Z-350M, Z-3000 фирмы "Elins") в диапазоне температур 1123–498 K в режиме охлаждения.

Методом РФА определены рентгеноструктурные характеристики замещенных молибдатов висмута (группа симметрии, параметры элементарных ячеек), установлены области гомогенности твердых

Рис. 1 - СЭМ-изображение порошков $\text{Bi}_{12.8}\text{Mn}_{0.2}\text{Mo}_5\text{O}_{34.5\pm\delta}$

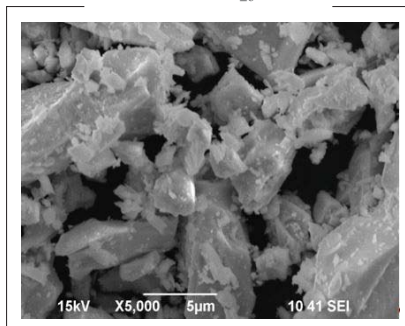
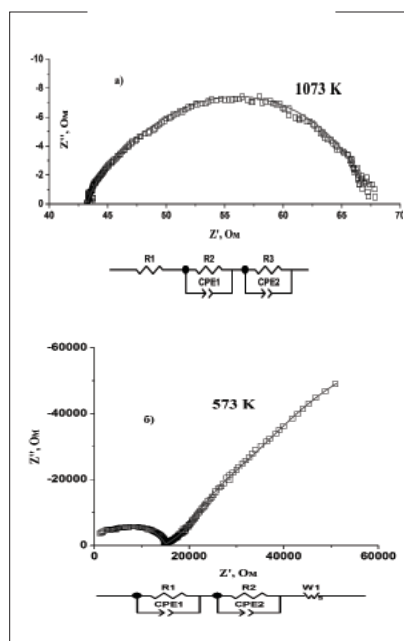


Рис. 2 - Эквивалентные схемы и типичные годографы импеданса на примере $\text{Bi}_{13}\text{Mo}_{4.7}\text{Fe}_{0.3}\text{O}_{34\pm\delta}$ молибдатов висмута: а) в высокотемпературной области; б) низкотемпературной области. Точками обозначены экспериментальные данные, сплошной линией – модельная зависимость



растворов и области существования полиморфных модификаций. Твердые растворы серии $\text{Bi}_{13-x}\text{Mn}_x\text{Mo}_5\text{O}_{34\pm\delta}$ кристаллизуются в триклинной модификации (пр. гр. P-1) до $x \leq 0.1$, в моноклинной модификации (пр. гр. P2/c) - до $x \leq 0.5$; образование твердых растворов $\text{Bi}_{13}\text{Mo}_{5-y}\text{Mn}_y\text{O}_{34\pm\delta}$ не наблюдается. $\text{Bi}_{13}\text{Mo}_{5-y}\text{Fe}_y\text{O}_{34\pm\delta}$ кристаллизуется в триклинной модификации (пр. гр. P-1) до $y \leq 0.2$, в моноклинной модификации (пр. гр. P2/c) - до $y \leq 0.35$. В качестве примера в таблице 1 приведены параметры элементарной ячейки некоторых составов $\text{Bi}_{13-x}\text{Mn}_x\text{Mo}_5\text{O}_{34\pm\delta}$.

Таблица 1 – Параметры элементарной ячейки $\text{Bi}_{13-x}\text{Mn}_x\text{Mo}_5\text{O}_{34\pm\delta}$

Состав, x	Пр. гр	Параметры элементарной ячейки						
		$a \pm 0.002, \text{\AA}$	$b \pm 0.001, \text{\AA}$	$c \pm 0.005, \text{\AA}$	$\alpha \pm 0.01, ^\circ$	$\beta \pm 0.01, ^\circ$	$\gamma \pm 0.01, ^\circ$	$V \pm 0.01, \text{\AA}^3$
0	P-1	11.798	5.803	24.744	89.70	102.80	89.90	1651.94
0.1		11.774	5.801	24.745	89.8	102.64	89.9	1649.13
0.2		11.714	5.801	24.741	89.9	102.46	90	1641.62
0.3	P2/c	11.706	5.793	24.706	90	102.18	90	1637.67
0.5		11.686	5.778	24.655	90	102.16	90	1627.40
0.7		11.675	5.773	24.648	90	102.23	90	1623.57

Методом лазерной дифракции установлено, что размер частиц порошков лежит в интервале от 0.1 до 20 мкм. Положение атомов в структуре уточнено методом ИК-спектроскопии. Максимум (883 см⁻¹), присутствующий на спектрах составов с триклинной модификацией $\text{Bi}_{13}\text{Mo}_4.8\text{Fe}_x\text{O}_{34\pm\delta}$ отнесен к вибрационным колебаниям искаженного полиэдра молибдена, в состав которого входит добавочный кислород O19. При появлении в структуре атома O19 полиэдры молибдена образуют группировку O4Mo-O-MoO_4 , что может объяснить возникновение добавочного пика в коротковолновой области. При помощи элементного анализа установлено соответствие состава полученных образцов номинальному соотношению, заложенному при синтезе. Полученные составы исследованы на наличие фазовых переходов методом дифференциальной сканирующей калориметрии. При допировании молибдатов висмута наблюдается сдвиг фазового перехода в область более низких температур. Фазовых переходов у твердых растворов, кристаллизующихся в моноклинной модификации, не обнаружено.

Для исследования свойств твердых растворов порошки всех составов были спрессованы и спечены в брикеты. Морфология и состав поверхности брикетов и порошков исследованы методом сканирующей электронной микроскопии, подтверждена гомогенность избранных образцов (см. рисунок 1). Методом гидростатического взвешивания установлено, что получаемая керамика обладает высокой плотностью спекания, средняя плотность составляет 96%.

Электропроводность образцов исследована методом импедансной спектроскопии. Подобраны эквивалентные схемы ячеек для низко- и высокотемпературной области (см. рисунок 2). На основании анализа импедансных спектров построены температурные зависимости проводимости.

Отмечены особенности температурных зависимостей электропроводности для различных составов. Выявлены наиболее перспективные по величине электропроводности образцы. Наибольшую проводимость проявляют замещенные железом молибдаты висмута с концентрацией допанта большей или равной 0.2, и марганцем в интервале концентраций от 0.2 до 0.4. Твердые растворы, полученные с участием Fe_2O_3 , проявляют большую электропроводность по сравнению с составами, полученными из FeO (см. рисунки 3 и 4).

Наблюдается заметное увеличение электропроводности по сравнению с матричным соединением, зависимость проводимости от температуры линейна и монотонна в интервале средних температур (773-573 K). У допированных молибдатов висмута отсутствует критический для материала фазовый переход из триклинной полиморфной модификации в моноклинную в исследуемом температурном интервале. Наблюдается небольшое изменение угла наклона (энергии активации проводимости) при охлаждении, что говорит о наличии перехода из высокотемпературной моноклинной модификации в низкотемпературную моноклинную форму.

Подобный эффект для колончатых структур описан в работе [2], где для корректного описания зависимости электропроводности замещенных молибдатов висмута от температуры в общем случае выделяются три участка: низкотемпературный (НТ), относящийся к триклинной модификации, средне- (СТ) и высокотемпературные (ВТ), относящиеся к низкотемпературной (НМ) и высокотемпературной (ВМ) моноклинной модификации. Автор [2] причиной изменения энергии активации проводимости считает незначительную перестройку (разупорядочение)

Рис. 3 - Температурные зависимости электропроводности для чистого и допированных железом молибдатов висмута (Fe_2O_3)

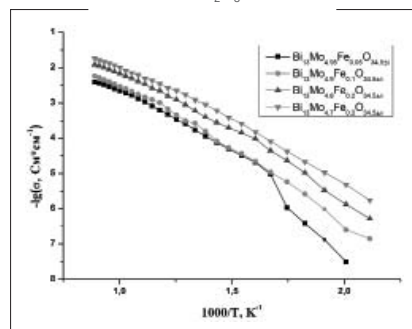
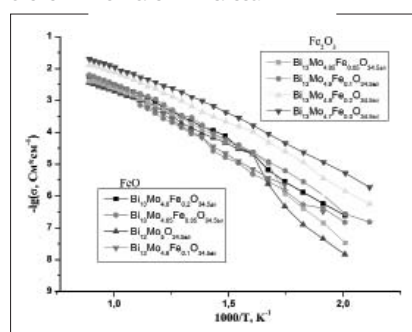


Рис. 4 - Температурные зависимости электропроводности для составов допированных железом, полученных из оксидов с различными степенями окисления железа



структуры в рамках одной симметрии. Скорее всего, она затрагивает кислородную подрешетку образца в процессе его нагрева/охлаждения. Возможно, это обусловлено разупорядочением кислородных полиэдров и появлением в структуре твердого раствора сопряженных Mo-O тригональных бипирамид.

Исходя из достаточно высоких значений электропроводности замещенных молибдатов висмута, можно утверждать, что исследованные соединения проявляют себя как перспективные электролиты в средней области температур. Благодаря малой пористости керамики и отсутствию критического материала фазового перехода из триклинной полиморфной модификации в моноклинную данные электролиты могут быть рекомендованы как материалы мембран для электрохимических устройств.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 14-03-92605 КОА

Список использованных источников:

1. Buttrey D. J., Vogt T., Yarp G. P. et al. The structure of Bi₂₆Mo₁₀O₆₉ // Mater. Res. Bull. – 1997. – V. 32. – P. 947-962.
2. Михайловская З. А. Низкосимметричные висмутсодержащие сложные оксиды с колончатой структурой: синтез, строение, свойства : дис... канд. хим. наук. – Екатеринбург, 2014. – 152 с.

ДОКЛАДЧИК:

Бахмацкая Александра Игоревна
(Bahmackaja Aleksandra Igorevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Моделирование процессов формирования композитных наноматериалов для сенсоров газов

Modeling of processes of formation of composite nanomaterials for gas sensors

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Южный федеральный университет
(Southern Federal University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Бахмацкая Александра Игоревна
(Bahmackaja Aleksandra Igorevna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Обнаружение взрывоопасных и токсичных газов производится датчиками газов, в качестве сенсорных элементов которых могут применяться металлооксидные пленочные нанокомпозиты. Целью исследования является развитие модельных представлений об образовании полупроводниковых наноструктурированных слоев в золь-гель процессах и разработке технологических решений получения газочувствительных слоев с более высокой газочувствительностью и селективностью, которые являются основой сенсоров газов.

Annotation

Metal oxide films of nanocomposites are applied as sensor elements gas sensors, which are used for the detection explosive and toxic gases. The purpose of the study - the development of model concepts about education nanostructured semiconductor layers in a sol-gel process, and the development of technological solutions produced gas sensitive layers with higher gas sensitivity and selectivity.

Ключевые слова: Золь-гель технология; нанокомпозитные материалы; газочувствительные материалы; моделирование; фракталы; перколяция

Keywords: Sol-gel technology; nanocomposite materials; gas sensing materials; modeling; fractals; percolation

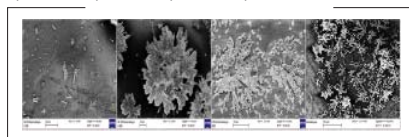
Нахождение эффективных технологических приёмов управления фрактальной размерностью и изучение фрактальных свойств материала позволяет исследовать природу материала и справиться с задачей прогнозирования свойств соединений на начальном этапе синтеза. Изменяя параметры синтеза возможно управление распределением вещества по поверхности от случайного до высокоорганизованного в виде фрактальных структур различного типа [1].

Объектом исследования были выбраны тонкие пленки на основе полиэтиленгликоля и оксидов меди, формирование которых происходит цитратным золь-гель методом по следующим стадиям, которым соответствуют изображения приведенные на рисунке 1:

1. Гидролиз и образование первоначальных структур на поверхности (до–150°C);
2. Окончательный гидролиз пленкообразующей компоненты, разложение промежуточных продуктов гидролиза (до–200°C);
3. Полное удаление растворителя и органических остатков, удаление основной части влаги, разложение неорганических кислот (300-350°C);
4. Полная дегидратация оксидных пленок и окончательное формирование структур (выше 500°C).

В результате исследования было установлено, что наибольшее совпадение,

Рис. 1 - РЭМ изображения поверхности пленок состава CuOx
1) 150°C; 2) 250°C; 3) 350°C; 4) 500°C



с фракталами образованными по алгоритму «Дракона Хартера–Хатвея» имеют первоначальные структуры полученные при температуре сушки 100–150°C, а фракталы образованные по модели Эдена со структурами полученными на второй стадии термообработки, т.е. 250°C. Фракталы полученные по «кластер-кластерному» механизму и механизму случайного блуждания имеют наибольшее совпадение со структурами полученными при температуре отжига 500°C.

В рамках работы учтено влияние pH раствора на фрактальную размерность пленочных структур исследуемых материалов. Результаты моделирования позволили сделать вывод, что фрактальная размерность варьирует в диапазоне от 1,342-1,509. Выявлено, что при одном и том же количестве частиц была получена размерность меньше, чем у фрактальных структур полученных моделированием без учета фактора pH. Это говорит о том, что регулируя модельную кислотность среды, можно задать такое распределение частиц по области заполнения, при котором более вероятен линейный рост, т.е. повышение pH среды ускоряет рост, он начинает происходить по наиболее легкому пути.

Результаты моделирования показали, что фрактально-перколяционная структура получается при 500°C и диапазоне pH 3-4 и концентрация меди 4-10 мольных%. Ранее в работе [2] проведена оценка газочувствительности нанокompозитных медьсодержащих материалов при разных технологических параметрах образцов полученных по данной методике и выявлено, что наилучшей газочувствительностью обладают пленки, полученные при температуре отжига 500°C и с pH=4 и концентрацией меди 4,3%.

Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания код проекта 1509, тема № 2014/174.

Список использованных источников:

1. I. E. Kononova, V. A. Moshnikov, M. B. Krishtab, and I. A. Pronin/ Fractally Aggregated Micro- and Nanosystems Synthesized from Sols Glass Physics and Chemistry, 2014, Vol. 40, No. 2, pp. 190–202. DOI: 10.1134/S1087659614020102
2. Моисеева Т. А., Мясоедова Т.Н., Петров В.В., Кошелева Н.Н. Разработка газочувствительного элемента на основе пленок оксидов меди для датчика аммиака // Электронный журнал «Инженерный Вестник Дона». – Номер 4 (часть 2), 2012 г. [Электронный ресурс] URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1347> (дата обращения: 25.05.2015).

ДОКЛАДЧИК:

Белякова Варвара Сергеевна
(Belyakova Varvara Sergeevna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
профессионального образования
«Пензенский государственный
университет архитектуры и
строительства»
(Penza State University of
Architecture and Construction)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Белякова Варвара Сергеевна
(Belyakova Varvara Sergeevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование современных бетонов с использованием каменной муки из различных пород

Study of modern concrete using stone powder from various breeds

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Показана возможность использования в самоуплотняющихся бетонах тонкомолотых горных пород без ухудшения реологических свойств бетонных смесей. Получены высокопрочные бетоны нового поколения, обладающие высокими технико-экономическими показателями и низкими удельными расходами цемента на единицу прочности.

Annotation

There is shown the possibility of using mill ground rocks in SCC without deterioration of rheological properties of concrete mixtures. Obtained high-strength concrete of the new generation with high technical and economic indices and low unit costs per unit of cement strength.

Ключевые слова: самоуплотняющиеся бетоны; рецептурно-технологические параметры, сырьевые ресурсы, прочность

Keywords: self compacting concrete, technological parameters, raw materials, strength

Как показывает история, развитие цивилизаций непосредственно связано с достижениями в области строительства. Одной из причин стремительного развития нашей цивилизации является изобретение в середине 19 века такого строительного материала как цементный бетон.

Современные бетоны по своим свойствам значительно превосходят изделия из традиционного бетона. Такие бетоны получили название High Performance Concrete (HPC) – высокофункциональные бетоны. К бетонам нового поколения за рубежом обычно относят высокопрочные, ультравысокопрочные, сверхэффективные, реакционно-порошковые бетоны, самоуплотняющиеся бетоны, самонивелирующиеся и другие. Они состоят из 7 и более оптимально подобранных компонентов. По своим свойствам современные высококачественные бетоны значительно превосходят традиционные. Кроме того они многообразны и позволяют охватить всю сферу использования бетонов в строительстве: от рядовых и монолитных бетонов с маркой по прочности не более M500 до высококачественных и бетонов повышенной прочности (M800-M1500), а также декоративных бетонов.

Особенностью современных бетонов является наличие в их составе значительного количества водно-дисперсной суспензии (реологической матрицы), состоящей из цемента, каменной муки, тонкого песка и воды с гиперпластификатором. Большое количество реологической матрицы необходимо для обеспечения высокой подвижности таких бетонных смесей. В них крупный и мелкий заполнитель как бы «плывет», не встречая препятствий и сопротивления, тогда как в бетонах старого поколения при недостатке матрицы частички заполнителя мешают друг другу и для укладки такого бетона приходится применять виброуплотнение или добавлять воду, увеличивая пористость и снижая прочность.

Повышение объема реологической матрицы можно достичь повышением доли тонкодисперсных компонентов, таких как цемент или каменная мука. Увеличение доли цемента является не рациональным, т.к. будет приводить его перерасходу и увеличению стоимости бетона, а также к увеличению усадки. Таким образом, целесообразнее вводить каменную муку в оптимальном соотношении с цементом.

Наиболее распространенной в мировой практике изготовления таких бетонов каменной мукой является пылевидный кварц, т.е. молотый кварцевый песок. К его достоинствам относится высокая реологическая активность, а в бетонах при его использовании наблюдается повышение плотности, снижение пористости. А прочность бетонов с этой тонкодисперсной добавкой при оптимально подобранной рецептуре может достигать 150 МПа и более. При всех его технологических достоинствах микрокварц обладает и существенным недостатком – повышенной себестоимостью получения, связанной с промывкой песка от глинистых частиц, последующей сушкой и помолотом в мельницах до высокой удельной поверхности. В связи с этим пылевидный кварц теряет часть преимуществ и является маловостребованным в России.

Поэтому целью нашего исследования является поиск альтернативы

пылевидному кварцу в современных высококачественных бетонах. Его замена позволит снизить себестоимость таких бетонов, тем самым сделать их более доступными на рынке.

Новизна исследования заключается в предлагаемых требованиях к породам для получения минерального наполнителя, используемому при производстве высококачественного бетона.

1. горные породы должны быть плотными для того, чтобы не допускать миграции воды и растворенного гиперпластификатора в поры частиц. Это требование больше относится к породам осадочного происхождения, которые могут иметь не только микро-, но и нанопористость. Пористость доломитов, известняков, доломитизированных известняков бывает различной в зависимости от месторождения, что обязывает проведение первостепенных исследований на пористость. Тонкомолотые граниты, базальты, диабазы и т.п., являющиеся породами изверженного происхождения, обладают только поверхностным водопоглощением за счет микротрещин и поверхностного смачивания. Поэтому они не требуют контроля пористости, т.к. при измельчении внутреннюю полость разрушают.

2. горные породы должны быть дисперсными и измельчены до микромасштабного уровня от 0 до 120 мкм для образования текучей дисперсной системы. Породы вулканического происхождения в своем большинстве являются плотными (литой или кристаллической структуры). Те вулканические породы, которые являются пористыми: пеплы, туфы, пемзы, имеют замкнутую пористость с алюмосиликатными перегородками пор и при измельчении тонкие частицы не поглощают воду.

3. горные породы должны обладать реологической активностью, сопоставимой с активностью цемента или близкой к ней. Увеличение водопотребности смеси цемента с тонкодисперсным наполнителем по сравнению с чистым цементом допускается до 10-15%.

4. частицы тонкодисперсного наполнителя должны быть положительно заряжены, т.к. все супер- и гиперпластификаторы являются анионноактивными и отрицательно заряженными функциональными группами, что способствует адсорбции полиионов гиперпластификатора на поверхности частиц, тем самым увеличивая подвижность смеси. На отрицательно заряженных частицах ионы ГП не осаждаются и их реологическое действие незначительно. К таким породам относятся кислые породы – кварцевый песок, диатомит, опока.

Таким образом, нами видится в качестве альтернативы применению микрокварца является использование отходов камнедробления плотных горных пород и пород, которые имеют лучшую размалываемость, чем кварцевый песок.

Одним из важнейших признаков пригодности горных пород для использования в качестве дисперсного наполнителя в порошковых и порошково-активированных бетонах нового поколения является показатель пористости, определяемый по водопоглощению (W_m) горной породы, из которой они изготовлены. Водопоглощение горных пород зависит от их пористости и характера пор: количества открытых и сообщающихся пор, оцениваемых эффективной пористостью, а также размерами пор.

В качестве первого теста пригодности, в соответствии с методикой, разработанной нами, необходимо определить водопоглощение зерен щебня фракции 15-20 мм. В зависимости от величины водопоглощения по массе через 48 часов щебень подразделяется на следующие категории:

I категория – водопоглощение не более 2% – является наиболее пригодным для получения бетонов всех марок от М200 до М1200;

II категория – водопоглощение от 2 до 4% – может быть использован для получения бетонов марок от М200 до М1000;

III категория – водопоглощение от 4 до 6% – может быть использован для бетонов марок от М200 до М800.

Оценка пригодности горных пород по водопоглощению показала, что наиболее подходящими являются магматические и плотные карбонатные породы (доломит, известняк-кальцит) с водопоглощением $W_m=0,09-0,8\%$, не пригодными являются опока и диатомит – $W_m=60-120\%$. В Пензенской области подходящей породой являются Саловский песчаник ($W_m=1,4\%$). Иссинский известняк и Никольский песчаник являются условно пригодными ($W_m=5-16\%$). Поэтому потребовалась проверка их реологической активности в сравнении с цементом.

Окончательной оценкой качества каменной муки является обеспечение необходимого распыла водной суспензии из нее в смеси с цементом и суперпластификатором. Критерием оценки является водоредуцирующий эффект (табл. 1). Он определяется по формуле:

$$B_{\text{эф}} = \frac{(B/C)_{\text{н}}}{(B/C)_{\text{п}}} \quad (1)$$

Таблица 1 – Реологическая активность муки из горных пород по водоредуцирующему эффекту Вэф

где (В/С)Н и (В/С)П – водоцементное отношение непластифицированной и пластифицированной суспензий при одинаковом распыле из конуса Хегерманна (280-320 мм).

Состав суспензии	Вид каменной муки	
	Известняк	Песчаник
Цемент: КМ 100:0	2,10	2,10
Цемент: КМ 67:33	2,25	2,09
Цемент: КМ 50:50	2,37	2,05

Как видно известняк усиливает реологические свойства суспензии, а песчаник незначительно ухудшает.

Для оценки эффективности использования каменной муки в современных бетонах были изготовлены порошковые, порошково-активированные песчаные и щебенистые бетоны.

Оценку качества подбора рецептуры и сырьевых материалов предлагается определять по удельному расходу цемента на единицу прочности при сжатии (кг/МПа):

$$\Pi_{R_{\text{сж}}}^{\text{уд}} = \frac{\Pi}{R_{\text{сж}}} \quad (2)$$

Таблица 2 – Показатели образцов из порошкового бетона

Этот оценочный критерий является обобщающим: техническим, экономическим и экологическим.

N	п/п	Цемент, кг/м³	Вид каменной муки	В/Т	В/Ц	$\rho_{\text{вн}}$, кг/м³	$R_{\text{сж}}^{28}$, МПа	$\Pi_{R_{\text{сж}}}^{\text{уд}}$, кг/МПа	W_t^3 , % через 3 сут.
1		681	Пылевидный кварц	0,124	0,386	2333	103,7	6,57	2,94
2		655	Известняк (Исса)	0,116	0,361	2302	110,5	5,93	2,11
3		680	Доломит	0,106	0,328	2324	110,5	6,15	2,52
4		669	Известняк (Тольятти)	0,123	0,383	2318	113,9	5,87	2,97
5		677	Песчаник (Никольск)	0,154	0,479	2095	85,0	8,00	5,89
6		657	Песчаник (Саловка)	0,123	0,383	2234	103,7	6,34	2,69
7		660	Диабаз	0,123	0,383	2305	107,1	6,16	2,81
8		690	Гранит	0,115	0,347	2302	108,8	6,34	2,17

Таблица 3 – Показатели образцов из порошково-активированного песчаного и щебеночного бетонов

N	п/п	Цемент, кг/м³	Вид каменной муки	В/Т	В/Ц	$\rho_{\text{вн}}$, кг/м³	$R_{\text{сж}}^{28}$, МПа	$\Pi_{R_{\text{сж}}}^{\text{уд}}$, кг/МПа	W_t^3 , % через 3 сут.
Порошково-активированные песчаные бетоны									
1		623	Песчаник (Никольск)	0,128	0,379	2296	107,2	5,81	1,69
2		643	Известняк (Исса)	0,096	0,314	2303	105,4	6,10	1,76
Порошково-активированные щебеночные бетоны									
3		310	Известняк (Тольятти)	0,064	0,496	2538	78,2	3,96	2,09
4		300	Известняк (Исса)	0,074	0,570	2445	68,0	4,41	2,47
5		247	Известняк (Тольятти)	0,069	0,650	2404	52,7	4,69	2,61
6		300	Известняк (Тольятти)	0,068	0,515	2451	90,1	3,33	2,37
7		294	Песчаник (Никольск)	0,069	0,650	2269	54,4	5,40	2,41
8		450	Известняк (Тольятти)	0,066	0,326	2370	97,8	4,60	2,89

Как видно прочность порошковых и порошково-активированных песчаных бетонов составила от 103 до 113 МПа на всех породах кроме Никольского песчаника при удельном расходе цемента от 5,9 до 6,6 кг/МПа. Тогда как этот показатель для щебенистых бетонов составил 3,3-5,4 кг/МПа.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что молотые горные породы различного химико-минералогического состава и генетического происхождения являются

высокоэффективными дисперсными добавками, которые, введенные в значительных количествах от 40 до 100% от массы цемента, позволяют получать бетоны с прочностью при сжатии от 54 до 110 МПа в зависимости от содержания цемента и вида бетонов.

2. Установлено, что удельный расход цемента на единицу прочности при сжатии, являющийся всеобъемлющим оценочным критерием всех выпускаемых бетонов, находится в пределах от 3,3 до 6,6 кг/МПа, что значительно ниже, чем в бетонах старого и переходного поколений с СП.

3. Определено водопоглощение бетонов нового поколения, которое находится в пределах от 1,7 до 3,0% в зависимости от вида бетона, что гарантирует высокую их водостойкость, низкую водопроницаемость и морозостойкость, и определяет их долговечность. Учитывая, что самоуплотняющиеся бетоны являются шагом в будущее, переход на технологию их производства гарантирует высокие технико-экономические показатели бетонов нового поколения.

Список использованной литературы

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. Учебник. М.: Изд-во АСВ, 2007. – 528 с.
2. Калашников В.И. Основы пластифицирования минеральных дисперсных систем для производства строительных материалов. Диссертация в виде научного доклада на соискание ученой степени доктора технических наук. Воронеж, 1996.
3. Белякова В.С., Калашников В.И., Москвин Р.Н., Белякова Е.А. Современные бетоны с использованием каменной муки из песчаников Пензенской области // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: материалы IX междунар. конф. молодых ученых. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та арх. и стр-ва, 2014. – С. 148-152.

ДОКЛАДЧИК:

Бескороваев Антон Игоревич
(Beskorovaev Anton Igorevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Автоматизация технологического процесса транспортировки и сушки зерна

Automation process transport and drying of grain

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Волгоградский государственный аграрный университет
(Volgograd State Agricultural University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Бескороваев Антон Игоревич
(Beskorovaev Anton Igorevich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Предлагается структура автоматизированной системы управления сушкой зерна с использованием датчиков влажности и программируемого логического контроллера. Внедрение автоматизированной системы позволит снизить потери при хранении и переработке зерна, сэкономить энергоресурсы элеваторов, минимизировать влияние человеческого фактора и риски возникновения аварийных ситуаций технологических комплексов.

Annotation

Proposed structure of the automated control system for grain drying with humidity sensors and programmable logic controller. Implementation of an automated system will reduce the losses during storage and processing of grain, grain elevators save energy, minimize the impact of human factors and the risk of accidents technological complexes.

Ключевые слова: автоматизированная система, датчик влажности, сушка зерна, программируемый логический контроллер

Keywords: automated system, a humidity sensor, drying grain, a programmable logic controller

Измерение влажности имеет доминирующую роль при производстве зерна, кормов и их продуктов для сохранения качества и оптимизации технологических процессов на разных стадиях хранения и переработки. Известно, что влажность зерна при хранении не должна превышать 14%. Влажное зерно при хранении может прорасти, что также ухудшает его качество и увеличивает потери массы. Так, зерно пшеницы с влажностью 20-25% при температуре 20-25°C за сутки теряет 0,05-0,3% сухих веществ. Поскольку на сушку зерна приходится более 90% общих затрат энергии на хранение, то снижение этих затрат является важным экономическим фактором. При ручном управлении процессом сушки операторы сушильных агрегатов затрачивают более 80% времени на управление, но при этом не обеспечиваются требуемые режимы, что приводит к потере или к получению некондиционного зерна. Процесс хранения и переработки

зерна сложный, многоступенчатый, энергоемкий, что требует внедрения совершенных, надежных систем автоматизации хранения и переработки зерна для достижения высокой эффективности работы данной отрасли.

Целью данной работы является разработка структуры автоматизированной системы управления (АСУ) сушкой зерна, что обеспечит сохранность качества зерна при хранении его в элеваторах за счет применения датчиков влажности и программируемого логического контроллера (ПЛК). Для достижения данной цели необходимо решить задачи:

- разработать датчик влажности зерна;
- определить диапазон и погрешность измерения влажности;
- разработать структуру автоматизированной системы управления сушкой зерна;
- разработать программное обеспечение АСУ сушкой зерна с применением ПЛК.

Среди производителей влагомеров известны ООО «Аквар-систем» (Беларусь), Vamsu (Англия), Super-Conti (Дания), Tome-56 (Япония), DNS7 (Венгрия), TORNUM (Швеция), Wile-50 (Финляндия). В большинстве случаев влагомеры встроены в технологические агрегаты и установки для уборки и сушки зерна, что практически исключает возможность их применения автономно (вне этих агрегатов).

Для построения датчика влажности зерна предлагается применять измерительный мост Уитстона, схема которого приведена на рис. 1.

Если мост сбалансирован, то напряжение в измерительной диагонали равно нулю и справедливы следующие уравнения: $I_3 \times R_3 = I_1 \times R_1$; $I_x \times R_x = I_2 \times R_2$. При сбалансированном мосте выполняется равенство $R_2/R_1 = R_x/R_3$. Отсюда $R_x = R_3 \times R_2 / R_1$. В качестве сопротивления R_x предлагается применять спираль из нихрома. При попадании на кольца спирали влажного зерна общее сопротивление спирали и параллельно подключенных влажных зерен $R_{общ}$ уменьшается и напряжение в точке P2 относительно точки P4 определяется по формуле:

$$U = (R_{общ} / (R_3 + R_{общ}) - R_2 / (R_1 + R_2)) \times U_{пит}.$$

Таким образом, получен элемент чувствительный на влажность. Для проверки чувствительности датчика был проведен эксперимент с сухим и влажным зерном. При сухом зерне напряжение в диагонали моста равно нулю. При влажности зерна около 25% напряжение в диагонали равно 47 мВ.

При выборе способа передачи аналоговых сигналов следует принимать во внимание условие, чтобы сигнал по возможности был малочувствительным к электрическим возмущениям. Для передачи сигнала на значительное расстояние лучше использовать не напряжение, а ток, потому что он остается постоянным по длине кабеля, а напряжение падает из-за сопротивления кабеля. Исходя из данной особенности, выбран способ передачи аналоговых сигналов по току.

Напряжение в диагонали моста Уитстона усиливается маломощным прецизионным операционным усилителем MAX4237 и преобразуется в ток преобразователем «напряжение-ток», выполненным по схеме Хауланда на операционном усилителе LM101A, схема электрическая данного преобразователя приведена на рис. 2.

Для определения параметров предлагаемого датчика влажности зерна проведено компьютерное моделирование, результаты которого приведены в таблице 1.

Рис. 1 - Схема измерительного моста Уитстона:

P1, P3 – диагональ питания;
P2, P4 – измерительная диагональ моста;
R1, R2 – левое плечо;
R3, Rx – правое плечо моста.

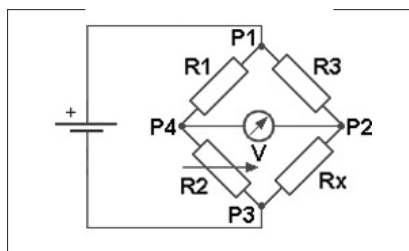


Рис. 2 - Схема электрическая принципиальная преобразователя Хауланда

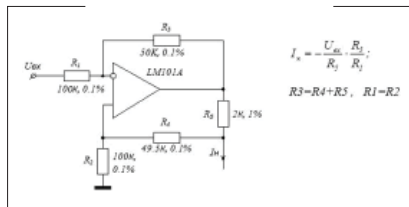


Таблица 1 – Результаты выполненного исследования

плеча моста, Ом	0	1	2	3	4	5	10
Uвых моста, мВ	0,00	-10	-20	-30	-40	-50	-110
Uвых ОУ MAX4237, В	+10 мВ	-1,02	-2,05	-3,09	-4,13	-5,18	-10,4
Iвых ОУ LM101A, mA	- 4	2,75	5,58	8,37	11,2	14	28,2

Градуировка и оценка точности датчика влажности производилась при помощи переносного влагомера Wille 55 (Финляндия). Wile-55 измеряет содержание влаги в цельных зернах и семенах и представляет собой микропроцессорный электронный прибор, который обеспечивает непосредственный вывод на дисплей процентного содержания влаги в 16 различных типах зерна и семян. Измеряемый диапазон содержания влаги от 8% до 35%.

При проведении исследования показания влагомера Wille 55 были приняты в качестве образцовых значений. Зерно, влажность которого измерена влагомером Wille 55, помещалось в проектируемый датчик и измерялось напряжение рассогласования моста. С учетом результатов компьютерного моделирования установлена зависимость выходного тока датчика от влажности зерна, при этом чувствительность датчика составляет 0,572

мА на 1% влажности зерна. Из-за ограничения номинального значения входного тока 20 мА ПЛК типа Jazz получен следующий диапазон измерения влажности – 10-35%, что соответствует лучшим аналогам. Погрешность измерения влажности данным датчиком составляет $\pm 10\%$. Цена предлагаемого датчика влажности в 25 раз ниже цены микроволнового датчика влажности зерна А-315, который выпускается в Белоруссии [1].

Для повышения точности измерения влажности предлагается установить второй контур для измерения температуры зерна. Измененные значения влажности, которые связаны с изменением температуры, будут автоматически компенсироваться (корректироваться) в ПЛК для каждой температуры. Для данной цели предлагается использовать датчик температуры с выходом напряжения типа TMP35, TMP36, TMP37. Данные низковольтные прецизионные температурные датчики вырабатывают выходное напряжение, пропорциональное температуре.

В качестве основы автоматизированной системы управления сушкой зерна применен промышленный контроллер JZ-10-11-R16 фирмы Unitronics. Основными критериями выбора указанного оборудования явились низкая цена и широкие функциональные возможности.

Для разработки программ контроллеров типа Jazz используется язык релейно-контактных схем LD – графический язык, реализующий структуры электрических цепей. Лучше всего LD подходит для построения логических переключателей, но достаточно легко можно создавать и сложные цепи с использованием встроенных функциональных блоков.

Диаграмма LD состоит из ряда цепей. Слева и справа схема ограничена вертикальными линиями — шинами питания. Между ними расположены цепи, образованные контактами и обмотками реле, по аналогии с обычными электронными цепями. Слева любая цепь начинается набором контактов, которые посылают слева направо состояние «ON» или «OFF», соответствующие логическим значениям ИСТИНА или ЛОЖЬ.

Для разработки программы управления объектом автоматизации разработана физическая модель, имитирующая работу исполнительных механизмов системы [2]. Функции исполнительных механизмов выполняли светодиоды. В качестве реальных объектов могут быть тепловентиляторы, ленточный транспортер, задвижки бункера-источника, пневматическая транспортная система, задвижки бункера-приемника и другие объекты. По программе ПЛК обеспечивается имитация макетом процесса срабатывания исполнительных механизмов.

Таким образом, в работе предложена структура аппаратных средств и программное обеспечение автоматизированной системы управления сушкой зерна с использованием ПЛК и датчиков влажности, которая для зернообрабатывающих предприятий имеет важное народнохозяйственное значение.

Результаты исследования позволяют сформулировать технические требования к автоматизированным системам управления сушкой зерна. На основе полученных результатов могут быть созданы и внедрены автоматизированные системы управления и ряд специализированных элементов автоматики для зернообрабатывающих предприятий, годовой экономический эффект от использования которых составит несколько миллионов руб.

Список использованных источников:

1. Микроволновой датчик влажности зерна в потоке [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.sensor.ru/articles /299/element_2239.html, свободный. – Загл. с экрана.
2. Бескороваев А.И., Евсеев К.В., Рябцев В.Г. Особенности программы для определения влажности зерна при помощи поточного влагомера // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) № 4 (13), 2015. – С. 47-49.

ДОКЛАДЧИК:

Божко Яков Григорьевич
(Bozhko Yakov Grigorevich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ГБОУ ВПО Уральский
государственный медицинский
университет Минздрава России
(ГБОУ ВПО УГМУ МЗ РФ)
(Ural State Medical
University (USMU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Божко Яков Григорьевич
(Bozhko Yakov Grigorevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка инновационных сорбционных материалов для систем локальной доочистки питьевых вод в целях профилактики общественно значимых заболеваний

Developing of innovative adsorbents for local water purification systems in order to prevent some socially significant diseases

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Авторами проекта синтезируются и направленно изучаются инновационные сорбционные материалы на основе шпинельных структур для систем локальной доочистки питьевых вод. Шпинельные сорбенты позволяют избирательно адсорбировать активные в комплексообразующем отношении органические соединения при сохранении полноценности ионного состава питьевых вод в целях профилактики общественно значимых заболеваний.

Annotation

The innovative sorption materials based on spinel-structures for water purification systems were synthesized and studied by the authors of the project. This sorption materials can adsorb active organic impurities and save full ionic composition of drinking waters after sorption. It gives an opportunity to prevent some socially significant diseases.

Ключевые слова: сорбционные материалы; шпинельные структуры; доочистка питьевых вод; органические примеси; комплексообразование

Keywords: sorption materials; spinel- structures; purification of drinking waters; organic impurities; complex formation

Одной из глобальных проблем в оценке свойств питьевых вод является определение состава и свойств органических примесей, содержащихся в них [7]. Органические примеси в питьевых водах имеют нерегулярное строение и характеризуются высокой полифункциональностью, поэтому могут оказывать на организм человека как позитивные, так и негативные эффекты. За счет особенностей строения органические соединения проявляют антиоксидантную активность, за счет комплексообразования- способствуют проникновению необходимых микроэлементов (кальций, магний, медь, железо, цинк). Однако высокая комплексообразующая способность органических примесей питьевых вод может способствовать развитию железо- и йододефицитных состояний [2, 5], стабилизации степени окисления металлов-микроэлементов (железо, медь) с последующим затруднением их вовлечения в каскады биохимических реакций [1, 2, 3]. Органика приобретает канцерогенную активность и способствует развитию онкологических заболеваний при традиционных методах обработки воды (хлорирование, озонирование, УФ-облучение), что было доказано ещё в конце 90-х годов [6].

Для улучшения качества воды широкую популярность приобрели локальные системы её доочистки. Современные сорбционные материалы, используемые в локальных системах доочистки питьевых вод, удаляют взвешенные примеси и улучшают органолептические показатели, но существенно снижают содержание важнейших для организма человека ионов (кальций, магний). В то время как по результатам исследований, проведенных во многих странах, дефицит этих ионов является одним из факторов риска развития сердечно - сосудистых заболеваний [4].

Цель проекта - разработать инновационные сорбционные материалы для систем локальной доочистки питьевых вод, позволяющие избирательно сорбировать активные в комплексообразующем отношении органические соединения при сохранении полноценности ионного состава питьевых вод в целях профилактики общественно значимых заболеваний.

В основу создания инновационных сорбционных материалов положена принципиально новая для РФ авторская идеология, учитывающая характер и свойства органических соединений, содержащихся в питьевых водах. Понимание значения свойств органических соединений, возможность правильной оценки комплексообразующей активности органических примесей по отношению к ионам металлов- микроэлементов- важный ключ к решению проблемы «интеллектуальной» сорбции органики и созданию индивидуальных для каждого типа вод сорбентов на основе предложенной авторами инновационной шпинельной структуры. Одновременно такой сорбент способен решать и важную с позиций профилактической медицины задачу- сохранение полноценности ионного состава питьевых вод для предотвращения общественно- значимых заболеваний (сердечно-сосудистая патология, железодефицитные состояния, йододефициты).

В ходе экспериментального исследования разработчиками были реализованы задачи поискового синтеза шпинельной структуры сорбентов на основе солей алюминия, меди, магния, железа, разработки методологии контроля качества синтезированных структур, поиска наличия или отсутствия у них свойств: малая растворимость, высокая поверхностная активность и избирательная сорбция активных органических соединений, зависящая от состава сорбента.

На основании дериватографического анализа предструктур были обоснованно выбраны температуры прокаливания – 620 и 700°C. Соответствие прокаленных структур сорбционных материалов шпинельным подтверждено рентгенограммой. Малая растворимость синтезированных шпинельных структур проверена и подтверждена кондуктометрическим и спектрофотометрическими методами анализа. Сохранение после сорбции полноценности ионного состава питьевых вод по кальциево-магниевому компоненту подтверждено трилометрическим методом определением общей жесткости.

Для контроля удаления активной азотсодержащей органики на шпинельных структурах был обоснован и разработан метод оценки комплексобразующих свойств органических соединений по отношению к меди (II). Обнаружено, что сорбент, синтезированный при 700°C, не обладает повышенной растворимостью и снижает после сорбции коэффициент активности органических соединений на единицу ООУ в водопроводной воде на 10%.

Выяснено, что определенная по методу БЭТ поверхность структур составляет от 80 до 100 м²/г. Доказано, что на поверхности шпинельной структуры адсорбируется 72,9% нитрат-иона из растворов с концентрацией 2 мг/л и 45,8% из растворов с концентрацией 3 мг/л.

В качестве образца адсорбтива для моделирования процессов сорбции активной азотсодержащей органики был обоснован выбран 1,10-фенантролин. Установлено, что за 30 минут из 20 мл раствора на поверхности сорбента адсорбируется 0,5 мг фенантролина, то есть 10 мг/г. Сорбция активной органики на шпинельных сорбентах эффективна до достижения фильтроцикла в 900 мл водопроводной воды, пропущенной через 1 г сорбента со скоростью 67 мл/мин. Кроме того, определено необходимое условие регенерации сорбента – замачивание в 4% растворе гидрокарбоната натрия. После регенерации сорбента динамическая емкость по 1,10-фенантролину увеличилась: количество поглощенного ООУ 0,06 мг/г до регенерации наблюдалось после пропускания 50 мл воды, а после регенерации аналогичный результат достигался после пропускания 300 мл модельного раствора фенантролина.

На следующих этапах запланированы разработка методики экспресс-контроля свойств сорбентов для обеспечения стабильности их качества и поиск эффективных комбинаций инновационных сорбентов с другими фильтрующими материалами.

Проект предполагает динамичное развитие, поддержан Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

Список использованных источников:

1. Белоконова Н.А. Критерии оценки свойств органических примесей в питьевых водах / Н.А. Белоконова, Я.Г. Божко, И.О. Петухова // «Природные и синтетические наночастицы в технологиях очистки вод и почв». Вторая международная конференция СНГ МГО по гуминовым инновационным технологиям. 29 октября – 2 ноября 2012, МГУ, с. 6
2. Белоконова Н.А. Определение устойчивости и биологической активности органических соединений железа (II, III) в водных растворах / Н.А. Белоконова // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2010. №2. С. 86-88.
3. Биохимия: Учебник / Под ред. Чл.-корр. РАН, проф. Северина. – 5 изд. испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 768 с.
4. Габинский Я.Л. Экология и острый инфаркт миокарда / Я.Л. Габинский, И.Е. Оранский, М.С. Фрейдлин // Российский национальный конгресс кардиологов, 25-29 апреля 2001 г.: тезисы докладов. М.: Пресса, 2000. С. 74.
5. Гайтан Е.А. Зобогенные факторы окружающей среды / Е.А. Гайтан // М.: Медицина, 2000. С. 359-377.
6. Жолдакова З.И. Критерии и принципы пересмотра ПДК веществ в объектах окружающей среды / З.И. Жолдакова, Н.В. Харчевникова // IV междунар. конгресс, 25-30 мая 2000 г. «Вода: экология и технология»: тезисы докладов. М.: ЗАО «Фирма Сибико Интеррэшнл», 2000. С. 749.
7. Плотникова И.А. Критерии оценки органических примесей в питьевых водах / И.А. Плотникова // Научно-методические и законодательные основы совершенствования нормативно-правовой базы профилактического здравоохранения: проблемы и решения. Материалы пленума научного совета по экологии человека и окружающей среды Российской Федерации 13-14 декабря 2012 г. // под ред. акад. Рахманина Ю.А.. М.: РАМН. С. 59-61.

ДОКЛАДЧИК:

Брунков П.Н.
Приглашенный лектор

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Применение комплексной диагностики при разработке и производстве современных полупроводниковых приборов наноэлектроники на примере hemt-структур

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФТИ им. А.Ф. Иоффе

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Брунков П.Н.
Бер Б.Я.
Берт Н.А.
Яговкина М.А.
Соколов Р.В.
Конников С.Г.

ТЕЗИСЫ:

В настоящее время в России интенсивно развивается промышленное производство современных полупроводниковых приборов. В частности, в Санкт-Петербурге сложился и успешно развивается научно-производственный и образовательный кластер в области фотоники и наноэлектроники. Разрабатываются и производятся приборные структуры, приборы и устройства, основанные на многослойных полупроводниковых наноразмерных гетероструктурах:

- светодиоды для твердотельных источников освещения (ЗАО «Светлана-ОЭ», ЗАО «Оптоган» и др.),
- сверхбыстродействующие лазерные диоды для телекоммуникаций (ООО «Коннектор Оптикс»),
- многокаскадные солнечные элементы (ОАО «Сатурн»),
- сверхвысокочастотные (СВЧ) транзисторы с высокой подвижностью носителей заряда в двумерном канале, известные в литературе как транзисторы с высокой подвижностью электронов (High Electron Mobility Transistor - HEMT). (СПб Академический университет – НОЦ нанотехнологий РАН, ЗАО «Светлана-Рост», ФГУП «НПП «Исток»).

В HEMT-структурах формируется двумерный проводящий канал, представляющий из себя квантовую яму, окруженную слоями широкозонных полупроводников, которые изготавливаются из легированного материала, что уменьшает рассеяние на ионах примеси свободных носителей заряда и, следовательно, обеспечивает их высокую подвижность в канале. Свободные носители заряда, заполняющие двумерный канал и обеспечивающие его проводимость, создаются за счет легирования мелкими примесями, пространственно отделенными от канала слоями широкозонного полупроводника. При разработке технологии HEMT-структур необходимо контролировать перераспределение свободных носителей заряда между двумерным каналом и неоднородно легированными широкозонными барьерами. Для разработки и постановки производства таких приборов необходимо оперативное получение наиболее полной и количественно точной информации о значимых параметрах и характеристиках приборных структур на всех этапах многостадийной технологической цепочки их изготовления:

- физико-химические характеристики: информация об элементном, примесном, химическом и фазовом составе слоев приборной структуры
- параметрах реальной кристаллической структуры (дефектность, механические напряжения) отдельных слоев и активных областей; о геометрических параметрах (толщины слоев, шероховатость поверхностей и интерфейсов);
- электро-физические параметры: положение р-п-переходов, распределение концентрации свободных носителей по слоям структуры, концентрация электрически и оптически активных дефектов, характеристики контактных слоев;
- спектрометрические, фотометрические, колориметрические и тепловые параметры приборных структур и готовых оптоэлектронных приборов.

Характерной чертой приборных наногетероструктур является наличие в них квантоворазмерных слоев с толщинами порядка нескольких нм. Это предъявляет серьезные требования к таким метрологическим параметрам диагностических методов, как чувствительность и пространственное разрешение, требует развития методического и программного обеспечения. Для получения достоверной информации о таких объектах необходимо использовать не отдельные методы, а комплекс взаимодополняемых и взаимопроверяемых методов. Кроме того, серийное производство и широкое применение современных приборов на основе наногетероструктур выдвигает и новые требования к метрологическому обеспечению измерения их функциональных характеристик.

Для решения задач обеспечения разработки технологии и постановки на производство современных приборов фотоники и наноэлектроники в ЦКП «Материаловедение и диагностика в передовых технологиях» (ФТИ им. А.Ф. Иоффе) развивается комплекс взаимодополняющих методов диагностики, включающий в себя количественную растровую и просвечивающую электронную микроскопию, рентгеноспектральный микроанализ, высокоразрешающую рентгеновскую дифрактометрию, рентгенофотозлектронную спектроскопию, оже-электронную спектроскопию, динамическую вторично-ионную масс-спектрометрию, метод рассеяния ионов средних энергий, а также сканирующую зондовую микроскопию.

ДОКЛАДЧИК:

Брюзгина Анна Владимировна
(Anna V. Bryuzgina)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт Естественных Наук, Департамент «Химический факультет»
(Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin», Institute of Natural Sciences, Chemistry Department)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Брюзгина Анна Владимировна
(Anna V. Bryuzgina)

Рис. 1 - Рентгенографические данные для $YFeO_{3\pm d}$, обработанная по методу Ритвелда: точки – экспериментальные данные; сплошная линия – теоретический спектр; сплошная нижняя линия – разница между экспериментальными данными и расчетным спектром

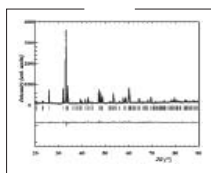


Рис. 2 - Кристаллографическая структура $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm d}$ (пр. гр. Pnma) построенная при помощи программы Diamond 3.2

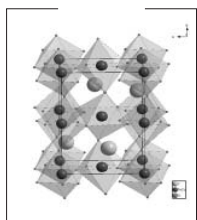


Рис. 3 - Изобарно-изотермической разрез диаграммы состояния системы Y-Fe-Co-O при 1373 K на воздухе

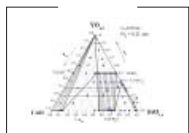


Таблица 1 – Средние значения КТР $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm d}$ ($0 \leq x \leq 0.45$) на воздухе

x	интервал температур, К	КТР $\times 10^5$, К $^{-1}$
0.00	298 - 1373	11.14
0.25	298 - 650	10.80
	650 - 1373	17.42
0.35	298 - 650	10.58
	650 - 1373	19.56
0.45	298 - 650	14.87
	650 - 1373	21.80

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Фазовые равновесия и свойства сложных оксидов в системе y-fe-co-o
Phase equilibria and properties of complex oxides in the y - fe - co - o system

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

На протяжении последнего десятилетия сложные оксиды со структурой перовскита привлекают большое внимание в связи с их широким применением в различных областях промышленности. Исследуемые материалы обладают каталитической активностью для комплексного окисления углеводородов и могут использоваться в качестве катализаторов горения, датчиков и в виде твердых электролитов [1,2].

Annotation

The complex oxides with a perovskite structure was intensively studied during last decade since they attracted a lot of attention due to their wide application in various industries. Materials of investigated are also known to be catalytically active for the complex oxidation of hydrocarbons and as combustion catalysts, as well as being used as sensors and as solid electrolytes [1,2].

Ключевые слова: Фазовая диаграмма; Синтез; Кристаллическая структура; Перовскит; Твёрдый раствор; $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm d}$; Керамика.

Keywords: Phase diagram; Synthesis; Crystal structure; Perovskite; Solid solution; $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm d}$; Ceramics.

Тезисы

Настоящая работа заключалась в изучении фазовых равновесий и физико-химических свойств индивидуальных фаз в системе Y - Fe - Co - O при 1373 K на воздухе.

Для изучения фазовых равновесий в системе Y - Fe - Co - O всего было приготовлено 45 образцов с различным соотношением металлических компонентов. По результатам рентгенофазового анализа установлено, что в изучаемой системе образуется четыре ряда твёрдых растворов: твёрдые растворы на основе CoO, на основе Fe₂O₃, на основе CoFe₂O₄ и на основе феррита иттрия ($YFeO_{3\pm d}$).

В данной работе подробно был изучен ряд на основе феррита иттрия состава $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm d}$. Дифрактограмма сложного оксида $YFeO_{3\pm d}$ была проиндексирована в рамках орторомбической ячейки (пр. гр. Pnma) (рисунок 1).

По результатам РФА установлено, что замещение железа на кобальт привело к образованию твёрдых растворов состава $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm d}$ с $0 \leq x \leq 0.45$. Подобно незамещённому ферриту иттрия данные сложные оксиды так же были описаны в рамках орторомбической ячейки (пр. гр. Pnma). Показано, что увеличение содержания кобальта в $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm d}$ приводит к монотонному уменьшению параметров и объёма ячеек, что можно объяснить размерным эффектом ($r_{Co^{3+}}/r_{Co^{4+}}=0.75/0.67\text{Å}$, $r_{Fe^{3+}}/r_{Fe^{4+}}=0.785/0.725\text{Å}$). На рисунке 2 представлена структурная модель для $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm d}$ с $0 \leq x \leq 0.45$.

В результате продолженной работы в изучаемых условиях диаграмма состояния Y - Fe - Co - O была разбита на 8 фазовых полей (рисунок 3).

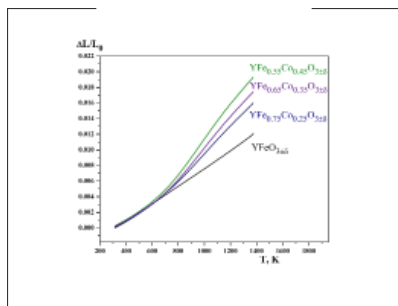
Следующим этапом работы было изучение физико-химических свойств кобальт-замещенных ферритов иттрия.

Кислородная нестехиометрия была изучена методом термогравиметрического анализа для сложных оксидов $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm d}$ ($0 \leq x \leq 0.45$).

Коэффициенты термического расширения (КТР) частично замещенных ферритов измерены на dilatометре Netzsch DIL 402C в интервале температур 298–1373 K на воздухе (таблица 1).

На рисунке 4 представлена температурная зависимость относительного линейного расширения на воздухе для $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm d}$ с $0 \leq x \leq 0.45$.

Рис. 4 - Зависимости относительного линейного расширения от температуры на воздухе для $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm\delta}$



Исследована общая электропроводность $YFe_{1-x}Co_xO_{3\pm\delta}$ четырёх контактным методом на воздухе. Для $YFe_{0.65}Co_{0.35}O_{3\pm\delta}$ представлена зависимость общей электропроводности (рисунок 5) и зависимость коэффициента Зеебека (рисунок 6) от температуры при $P_{O_2}=0.21$ атм.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 13-03-00958 А).

Список использованной литературы:

1. Aono H., Moritani K., Naohara T., Maehara T., Hirazawa H., Watanabe Y. New heat generation material in AC magnetic field for $Y_3Fe_5O_{12-\delta}$ based powder material synthesized by reverse coprecipitation method. // Mater. Letters. – 2011. – Vol. 65. – P. 1454 – 1465.
2. Bhat M., Kaur B., Kumar R., Joy P.A., Kulkarni S.D., Bamzai K.K., Kotru P.N., Wanklyn B.M. Swift heavy ion irradiation effects on structural and magnetic characteristics of $RFeO_3$ ($R = Er, Ho$ and Y) crystals // Nucl. Instr. & Meth. in Ph. Res.. – 2006. – Vol. 243. – P. 134–142.

Рис. 5 - Температурные зависимости общей электропроводности оксидов $YFe_{0.65}Co_{0.35}O_{3\pm\delta}$ на воздухе

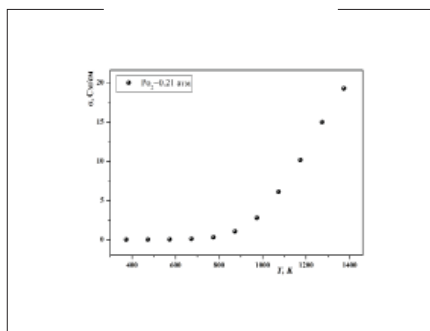
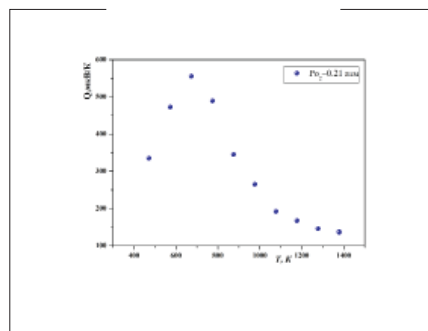


Рис. 6 - Температурная зависимость коэффициента Зеебека для $YFe_{0.65}Co_{0.35}O_{3\pm\delta}$



ДОКЛАДЧИК:

Бурлаченко Александр
Геннадьевич
(Burlachenko Alexander
Gennadievich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Получение и изучение пористых градиентных композиционных материалов на основе $Zr_m(O-C-B)_n$
Preparation and study of gradient porous composite materials based $Zr_m(O-C-B)_n$

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный исследовательский
Томский государственный
университет
(National research Tomsk
State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Бурлаченко Александр
Геннадьевич
(Burlachenko Alexander
Gennadievich)
Мировой Юрий Александрович
(Mirovoy Yuri Alexandrovich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В работе изучены структурные изменения в пористых композитах на основе $Zr_m(O-C-B)_n$, которые могут быть использованы в качестве теплоизоляции в агрессивных средах, что способствует развитию новых изоляционных покрытий для создания гиперзвуковых летательных аппаратов.

Annotation

In work studied the changes in structural composites based on porous $Zr_m(O-C-B)_n$, which can be used as thermal insulation in corrosive environments, which promotes the development of new protective coatings for creation of hypersonic aircrafts.

Ключевые слова: Градиентные структуры, керамика, диборид, тепловые свойства, теплозащита, изоляционные материалы

Keywords: Gradient structure, ceramics, diboride, thermal properties, heat protection, heat insulation materials

Одной из наиболее амбициозных задач современного материаловедения является создание композиционных материалов способных противостоять воздействию мощных тепловых потоков при температурах эксплуатации вплоть до 2200 – 2600°C [1]. Особое место среди перспективных высокотемпературных композитов занимают бескислородные керамические композиционные материалы и покрытия. Их преимущества низкая удельная масса, высокая температура эксплуатации, химическая инертность, коррозионная стойкость, высокое сопротивление зарождению и росту трещин, высокая прочность и др. [2]. Однако, не смотря на усилия исследователей и благоприятные технологические предпосылки, высокотемпературные материалы, на данный момент, не удовлетворяют необходимым требованиям.

Современное прогнозирование повышения эксплуатационных характеристик керамических композиционных материалов становится возможным посредством

создания пористой градиентной структуры. В качестве основных компонентов пористых градиентных керамических композитов наибольший интерес вызывают соединения на основе циркония. Гетерофазные керамики на основе ZrC и ZrB₂ характеризуются высокой термомеханической стойкостью. Оксид циркония ZrO₂ обладает аномально низкой теплопроводностью среди тугоплавких материалов.

Целью данной работы явилось создание теплоизоляционных керамических композитов на основе соединений циркония посредством формирования межфазового градиента. Использование ZrB₂ и ZrC в качестве барьерных слоёв в композите над ZrO₂ обеспечит эффективную устойчивость к термическим воздействиям и аномально низкую теплопроводность композиту.

Конструкции из разрабатываемых пористых градиентных керамических композиционных материалов ZrB₂ – ZrC – ZrO₂ перспективны при создании теплозащитных элементов гиперзвуковых летательных аппаратов, частей прямоточного воздушно-реактивного двигателя и жаровой трубы, поскольку в силу низкой теплопроводности керамического теплоизоляционного материала исключается необходимость охлаждения двигателя, и повышаются температура горения газа и КПД, что, в свою очередь, позволяет увеличить развиваемую скорость летательного аппарата.

Для получения теплоизоляционных градиентных керамических материалов с требуемыми свойствами в работе проведено исследование фазового состава и структурных характеристик используемых порошков. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства порошков используемых при синтезе пористых теплоизоляционных градиентных керамических материалов

Хим. Соединение	Площадь удельной поверхности (Суд), м ² /г	Средний размер частиц порошка, мкм	Фазовый состав
ZrO ₂ (3.25 вес.% MgO)	3.8	Гранулы – 100 Частицы - 2	Моноклинная фаза – 40 %; Тетрагональная фаза – 60 %
ZrC	6.2	1.5	Кубическая решетка
ZrB ₂	7.7		Гексагональная решетка

Рис. 1 - Изображение полированной поверхности композиционного материала а) ZrO₂- ZrC, б) ZrC-ZrB₂

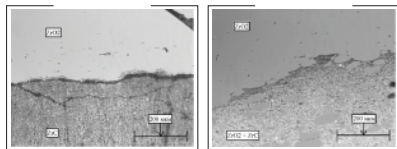
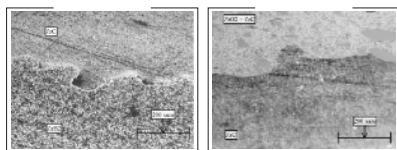


Рис. 2 - Изображение полированной поверхности композиционного материала – а) ZrO₂-ZrO₂+ZrC, б) ZrO₂+ZrC-ZrB₂



Структура пористого градиентного композиционного материала должна быть сконструирована таким образом, чтобы материалы, находящиеся на поверхности, могли выдерживать максимальные температуры с сохранением устойчивости к окислению. Последующие промежуточные слои должны обеспечить механическую вязкость и эффективную релаксационную способность по отношению к термическим напряжениям по всему сечению материала. Коэффициент теплового расширения в такой структуре можно регулировать путем изменения состава микроструктуры и соотношением средней пористости между внутренней и наружной поверхностью.

Синтез градиентного, композиционного материала, производили в графитовой пресс-форме, в которую последовательно слоями помещали керамические порошки ZrO₂ – ZrC – ZrB₂. Затем проводили индукционный нагрев до температуры 1600°C в атмосфере аргона, с постепенным увеличением давления на образец до P=19.8 МПа/см².

Изотермическая выдержка при максимальной нагрузке составляла 10 мин. Затем образец медленно охлаждали с одновременным снижением давления.

На рисунке 1(а, б) представлена структура пористого градиентного композиционного материала ZrO₂-ZrC-ZrB₂. В слоистой структуре композита, между ZrO₂ и ZrC образовалась трещина. В то же время между ZrC и ZrB₂ наблюдается хорошая адгезия. Причиной возникновения трещин являлась, прежде всего, разница в коэффициентах термического расширения ZrO₂ и ZrC.

На рисунке 2(а, б) представлена структура пористого градиентного композиционного материала- ZrO₂-ZrO₂+ZrC-ZrC-ZrB₂. Для релаксации внутренних термических напряжений был сформирован промежуточный слой смеси ZrO₂ и ZrC что привело к уменьшению термических напряжений и как следствию отсутствию трещин в образце.

Таким образом, в результате проведенных исследований, отработан оптимальный технологический режим получения градиентных многокомпонентных композиционных материалов Zr_m(O-B-C)_n с многоуровневой иерархической структурой методом высокотемпературного индукционного спекания под воздействием давления, обеспечивающий получение бездефектных образцов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Соглашения № 14.607.21.0056 (RFMEFI60714X0056).

Список Литературы

1. Севастьянов В. Г., Симоненко Е. П. Получение сверхвысокотемпературных композиционных материалов HfB₂-SiC и исследование их поведения под воздействием потока диссоциированного воздуха // Журнал неорганической химии. – 2013. – Т. 1. - № 11. – С. 1419–1420.
2. Sevast'yanov V.G., Simonenko E.P., Ignatov N.A. Low-temperature synthesis of TaC through transparent tantalum-carbon containing gel // Inorg. Mater. - 2010. - V. 46. - № 5. - P. 495-500.

ДОКЛАДЧИК:

Васильев Евгений Викторович
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Магниевые сплавы: назначение, свойства, тенденции и перспективы развития

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Тольяттинский государственный университет, НИО-2 «Физика прочности и интеллектуальные диагностические системы»

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Васильев Евгений Викторович

ТЕЗИСЫ:

Магний - самый легкий металлический материал: более чем в четыре раза легче стали, почти в три раза – титана и на 30% легче алюминия. При более высокой прочности, магний обладает жесткостью и плотностью, сопоставимой с самыми прогрессивными полимерами и при этом, в отличие от полимеров и алюминия, легко утилизируется и относительно легко перерабатывается для вторичного использования.

С момента открытия почти двести лет назад магний привлекает к себе повышенный интерес конструкторов в связи с высочайшей структурной эффективностью, которая может быть выражена соотношением прочности к плотности. Несмотря на это, применение магния и его сплавов до сих пор было ограничено литейными сплавами в довольно узких областях машиностроения по причине низкой пластичности и проблем с его термомеханической обработкой. Однако в последнее время в мире наблюдается стремительный рост в развитии магниевых сплавов, вызванный потребностью авиа- и автомобилестроения в новых сверхлегких материалах, с одной стороны, и развитием технологий обработки магния, с другой. Внедрение магниевых сплавов позволяет сократить энергозатраты, повысить экологичность транспорта (как наземного, так и аэрокосмического), улучшить общую экономическую эффективность перевозок и повысить их безопасность.

В медицине магний и его сплавы интересны в связи с высокой удельной прочностью и практически идеальной биосовместимостью. Кроме того, магний является уникальным материалом для медицинского применения ввиду его постепенной резорбируемости. Он растворяется в человеческом организме, образуя достаточно простые соединения (оксид и гидроксид), которые не только не токсичны, но даже способствуют заживлению тканей. Из магния могут изготавливаться различные протезы, такие, как костные или внутренние протезы для кровеносных сосудов. После выполнения своей функции такие протезы будут постепенно рассасываться, снижая необходимость повторного оперативного вмешательства.

Следует также отметить, что магний и его сплавы могут использоваться, например, как химический источник тока или в аккумуляторных батареях. А спектр применения конструкционных магниевых сплавов быстро расширяется с улучшением их технологичности и повышением свойств.

В настоящее время достигнут значительный процесс в технологиях получения и обработки магниевых сплавов. Так, использование методов интенсивной пластической деформации позволяет значительно повысить прочность и пластичность магниевых сплавов благодаря формированию ультрамелкозернистой структуры. К таким методам можно отнести, например, равноканальное угловое прессование, всестороннюю ковку, радиально-сдвиговую прокатку и пр.

Еще одним из способов повышения механических характеристик сплавов магния является формирование так называемой LPSO структуры, которая представляет собой упорядоченное чередование кристаллографических плоскостей с примесными атомами. По прочности такие сплавы могут конкурировать даже со многими сталями при значительно меньшей плотности.

Дальнейшее развитие магниевых сплавов идет по пути управления структурой на основе имеющихся фундаментальных и практических знаний. Регулируя содержание легирующих элементов и технологические параметры изготовления, можно получать сплавы с необходимым размером зерна, текстурой, заданной морфологией и распределением включений. А все это в свою очередь ведет к получению свойств, требуемых для определенной области применения.

ДОКЛАДЧИК:

Веремьева Анастасия
Александровна
(Veremyova Anastasiya
Aleksandrovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московский государственный
технический университет им. Н. Э.
Баумана (МГТУ им. Н. Э. Баумана)
(Bauman Moscow State
Technical University (BMSTU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Веремьева Анастасия
Александровна
(Veremyova Anastasiya
Aleksandrovna)

Соколовский Василий
Александрович
(Sokolovskiy Vasilii Aleksandrovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Оптико-электронная система на основе датчика волнового фронта для аттестационного контроля параметров формы вогнутых сферических зеркал

Optoelectronic system designed for surface shape parameters verification of concave spherical mirrors based on wavefront sensor

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В работе предложены методики измерения радиусов кривизны как малогабаритных, так и крупногабаритных вогнутых сферических зеркал. Рассматриваются методы калибровки датчиков волнового фронта, позволяющие повысить точность измерения.

Annotation

There are measurement methods of the radius of curvature of both small and large-sized concave spherical mirrors in the paper. Wavefront sensor calibration methods to increase the accuracy of measurement results are considered in the paper.

Ключевые слова: измерение радиуса кривизны; датчик волнового фронта.

Keywords: measurement of the radius of curvature; wavefront sensor.

1. Актуальность

В современных оптических технологиях одной из важнейших технических задач является проектирование высокоточной аппаратуры аттестационного контроля параметров формы оптических изделий.

Трудности, возникающие при разработке стендовой базы аппаратуры контроля гаммы зеркал связаны с подбором эталонной поверхности сравнения, а также с задачами юстировки схемы. Последний фактор, в частности, определяет погрешности измерения радиусов кривизны оптических зеркал при работе измерительных систем по схеме автоколлимационного хода лучей, что связано с высокоточным совмещением центра кривизны крупногабаритного зеркала с задним фокусом фокусирующих насадок.

Для решения описанных выше проблем авторами научно-исследовательской работы была предложена оптическая схема с совмещенными осветительной и эталонной ветвями на основе датчика волнового фронта (ДВФ) типа Шака-Гартмана.

В рамках работы выявлены основные факторы, влияющие на погрешность измерения: погрешности изготовления эталона, погрешности юстировки схемы, внешние воздействия и вибрации. Кроме того, интерферометры обладают малым угловым динамическим диапазоном (типовой диаметр выходного зрачка в пределах от 50 до 100 мм, а при его увеличении, стоимость сильно возрастает).

Разработанная схема позволяет устранить воздействие вышеописанных факторов и обладает следующими преимуществами:

1. Не требуется источник с большой длиной когерентности, что необходимо при контроле длиннофокусных зеркал;
2. Не требуется постоянный высокоточный эталон, что важно при работе с выходным зрачком диаметром больше 50 мм;
3. Большой угловой динамический диапазон измерений, что позволяет проводить контроль гаммы зеркал с заданным D/f' ;
4. Контроль деталей с различными оптическими покрытиями (следствие пункта 1);

Далее рассмотрим методики измерения радиуса кривизны зеркал более подробно в схеме с использованием ДВФ. Задача измерения радиуса кривизны вогнутых сферических зеркал может быть разбита на две:

1. измерение радиуса кривизны малогабаритных зеркал;
2. измерение радиуса кривизны крупногабаритных зеркал.

2. Измерение радиуса кривизны малогабаритных вогнутых сферических зеркал

Для измерения радиуса кривизны малогабаритных вогнутых сферических зеркал, необходимо получить автоколлимационный ход лучей в оптической системе, что наблюдается в двух характерных положениях зеркала:

1. положение 1 показано на рис. 1, когда насадка 8 фокусирует излучение в центр кривизны зеркала;
2. положение 2 изображено на рис. 2, когда прибор, смещаясь, фокусирует

Рис. 1 - Функционально-оптическая схема ОЭС ДВФ для измерения радиуса кривизны малогабаритных зеркал (положение 1): 1 – источник излучения; 2,4,6 – объективы; 3 – светоделитель; 5 – деталь; 7 – ДВФ; 8 – фокусирующая насадка

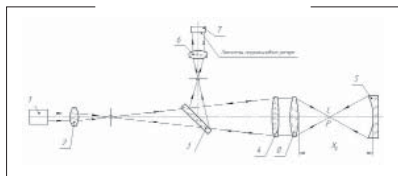


Рис. 2 - Функционально-оптическая схема ОЭС ДВФ для измерения радиуса кривизны малогабаритных зеркал (положение 2): 1 – источник излучения; 2,4,6 – объективы; 3 – светоделитель; 5 – деталь; 7 – ДВФ; 8 – фокусирующая насадка

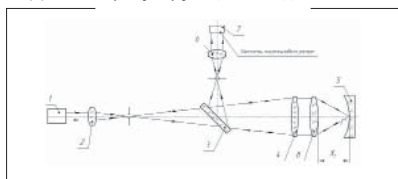


Рис. 3 - Эквивалентная расчетная схема приемной ветви

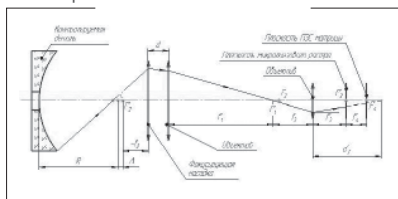
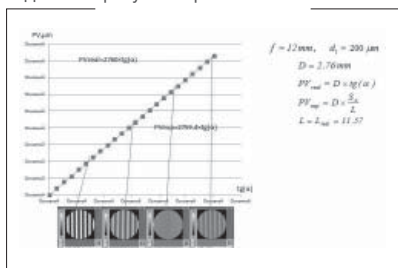


Рис. 4 - Результаты калибровки заданного фокусного расстояния



излучение в вершину сферического зеркала.

Разница между этими положениями определяет радиус кривизны зеркала по формуле (1):

$$R_3 = x_0 - x_1; \quad (1)$$

Критерием автоколлимационного хода лучей служит минимальное значение одного из полиномов, в виде разложения по которым представляется волновой фронт (ВФ) в алгоритме работы ДВФ, а именно, величины дефокусировки. Значение последней в двух характерных положениях оптико-электронной системы на основе датчика волнового фронта (ОЭС ДВФ) (рис. 1, 2) и будет определять методическую погрешность измерения радиуса кривизны.

На основе представленных функциональных схем была разработана эквивалентная расчетная схема (рис. 3) регистрирующей ветви для определения зависимости изменения фокального отрезка a_3 в плоскости ПЗС-матрицы от величины рассогласования Δ центра кривизны контролируемого зеркала и фокуса насадки и конструктивных параметров оптической системы. Проследив ход крайнего луча после отражения от контролируемого зеркала через все компоненты схемы, изображенной на рис. 3, в соответствии с формулой Ньютона получим формулу (2), связывающую смещение фокального отрезка в плоскости ПЗС-матрицы для крайнего элемента раstra и конструктивные параметры системы.

$$a'_3 = \frac{\left[\frac{-f_2^2 (R - 2\Delta) + 2f_2' \Delta (\Delta - R)}{2\Delta (\Delta - R)} - d \right] f_1' - f_1' - f_3' f_3'}{\left[\frac{-f_2^2 (R - 2\Delta) + 2f_2' \Delta (\Delta - R)}{2\Delta (\Delta - R)} - d \right] + f_1'} + f_3'$$

где f_1, f_2, f_3, f_4 – фокусные расстояния коллимирующего объектива, фокусирующей насадки, объектива и раstra, соответственно, R – радиус кривизны контролируемого зеркала, d – расстояние между объективом и фокусирующей насадкой.

3. Измерение радиуса кривизны крупногабаритных вогнутых сферических зеркал

Приведенная выше методика может быть реализована и для контроля крупногабаритных астрономических зеркал.

Особенность измерения в данном случае заключается в том, что, как правило, крупногабаритные астрономические зеркала имеют центральное конструктивное отверстие. В этом случае, не удаётся получить автоколлимационный ход лучей в положении 2 (рис. 2). Однако, если неоднократно проводить измерения, перемещая ОЭС ДВФ так, чтобы задний фокус насадки 8 (рис. 1) находился в окрестности центра кривизны измеряемого зеркала, то можно минимизировать величину дефокусировки « Δ ». При этом каждому положению прибора (фокального пятна) будет соответствовать свой квазиавтоколлимационный ход лучей и свое рабочее выражение, связанное величиной смещения пятна центроида в плоскости анализа. Таким образом, реализуется система из N уравнений с неизвестной величиной « R », решая которую алгоритмически прибор минимизирует погрешность в измерении искомой величины – радиуса кривизны.

Кроме вышеупомянутых погрешностей конструктивных параметров оптических элементов, входящих в состав ОЭС ДВФ и погрешности алгоритма восстановления волнового фронта датчиком волнового фронта, важно уделить внимание неточности установки линзового раstra по отношению к матрице фоточувствительных элементов. Для минимизации составляющей систематической погрешности, вносимой неточностью позиционирования раstra, проводится калибровка ДВФ.

4. Калибровка ДВФ

4.1. Калибровка ДВФ по углу

Рассматриваемый метод калибровки основан на изменении наклона эталонного ВФ регистрируемого ДВФ, создаваемый плоскостным интерферометром Физо, как идеальным коллиматором и сравнение экспериментального ВФ с теоретическим [1]. Предварительно перед экспериментом прокалиброван угол по эталону типа РПС, который был в дальнейшем назначен экспериментальным углом. По результатам

Рис. 5 - Положение пятен относительно волнового фронта

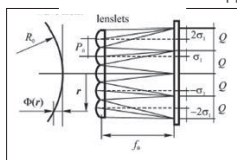


Рис. 5 - Отклонение измеренного эталонного волнового фронта от эталонной сферы

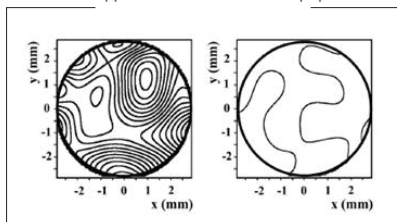
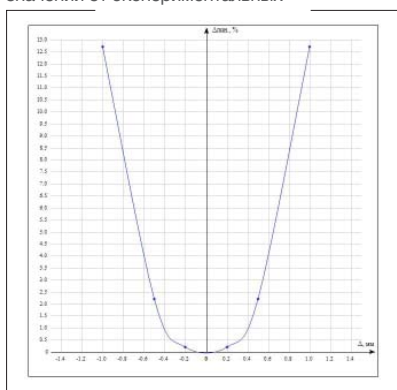


Рис. 6 - Отклонение расчетных значений от экспериментальных



эксперимента построен график, на котором видно изменение PV от угла экспериментальных значений и теоретических. В результате проведенной калибровки было скорректировано фокусное расстояние микролинзового раstra, которой составило $f_{\text{эксп}}=11,57\text{ мм}$ против, $f_{\text{теор}}=12\text{ мм}$.

4.2. Калибровка ДВФ с помощью сферического волнового фронта [2]

Альтернативой выше представленному методу может выступать метод калибровки с помощью сферического ВФ. Для регистрации сферического волнового фронта выдвигается требование к ДВФ, сохранение постоянным расстояния Q между соседними светлыми пятнами (рис. 5) в плоскости матрицы, которое равно диаметру микролинзы раstra. Чтобы получить высокую производительность, мы выстроили специальную систему ориентации в установке калибровки, чтобы убедиться, что линзовый растр сориентирован перпендикулярно локальной нормали сферической волны. В качестве источника использовался полупроводниковый лазер с подключенным к нему одномодовым волокном, для обеспечения точности излучения, благодаря этому сферический ВФ можно считать близким к идеальному.

Локально, дополнительные aberrации возникают из-за несовершенства микролинзового раstra, отклонение измеренного эталонного волнового фронта от эталонной сферы показано слева на рис. 6. При этом остальные отклонения составили $0,04\lambda$ PV или $0,006\lambda$ RMS. Эти отклонения в большей части внутреннее по отношению к датчику (рис. 6, справа), с наблюдаемыми временными колебаниями $0,003\lambda$ PV или $0,0004\lambda$ RMS.

5. Экспериментальные исследования

На основе разработанной структурно-функциональной схемы был собран стенд для проведения экспериментальных исследований.

Как видно из результатов измерения, представленных на рис. 7, линейное отклонение при смещении измеряемого зеркала на 1 мм составило 12,7% от расчетных.

Список использованной литературы:

- Neal D.R., O'Hern T.J., Torczynski J. R., Warren M. E., Shul R. Wavefront sensors for optical diagnostics in fluid mechanics: application to heated flow, turbulence and droplet evaporation // SPIE. Vol. 20. 2005, 1993. P. 194-203.
- Абдулкадыров М.А., Барышников Н.В., Денисов Д.Г., Животовский И.В., Карасик В.Е., Семенов А.П., Шаров Ю.А. Неравноплечий ИК-интерферометр Тваймана-Грина для контроля формы и качества поверхностей крупногабаритных оптических деталей на стадии шлифования // Оптический журнал. 2010. № 10. С. 40-47.

ДОКЛАДЧИК:

Воробьёва Юлия Сергеевна

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Расчёт фазовых ошибок в раскрыве одноповерхностного линзового коллиматора

ОРГАНИЗАЦИЯ:Новосибирский государственный
технический университет**АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:**

Воробьёва Юлия Сергеевна

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Обоснован выбор экструдированного пенополистирола в качестве перспективного материала для изготовления линзовых коллиматоров. Проведен расчет фазовых ошибок в раскрыве коллиматора. Описан опыт изготовления коллиматоров из экструдированного пенополистирола.

Annotation

The choice of extruded polystyrene foam as a perspective material for making lens collimators is proved. The computation of phase errors in the collimator aperture is performed. Experience of making extruded polystyrene foam collimators is described.

Ключевые слова: экструдированный пенополистирол; линзовые антенны; коллимирующие устройства; одноповерхностные радиолинзы; плоский фазовый фронт; фазовые ошибки

Keywords: extruded polystyrene foam; lens antenna; collimating device; one-surface lenses; flat phase front; phase errors

Измерения антенн можно проводить на полигонах или в безэховых камерах. Последние позволяют не только получить более точный результат, но и обеспечивают требование секретности и защиту от радиопомех. Платой за это является их высокая стоимость, которая пропорциональна размерам камеры и может достигать десятков миллионов рублей. Для снижения размеров камер и материальных расходов используют коллимирующие устройства, в частности, представляющие собой диэлектрические радиолинзы, преобразующие сферический фазовый фронт облучателя в плоский.

Коллиматорный метод заключается в измерении параметров антенн в поле, близком к полю плоской волны, создаваемом с помощью вспомогательного устройства – коллиматора, расположенного между облучателем и испытываемой антенной. Поле коллиматора, близкое к полю плоской волны, образуется в ограниченной области пространства – рабочей области коллиматора, расположенной за его раскрывом [1]. То есть метод позволяет обеспечить условие дальней зоны фактически располагая облучателем в ближней зоне исследуемой антенны.

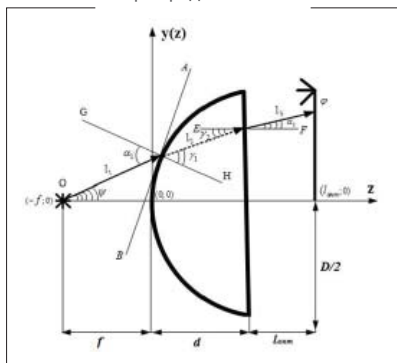
Радиолинзы обычно выполняют из диэлектрика. Важным достоинством диэлектриков является очень слабая зависимость коэффициента преломления n от частоты, в результате чего такие линзы весьма широкополосны.

Традиционно в качестве материала для изготовления коллиматоров применяют материалы с высоким коэффициентом преломления ($n=2-4$ и более): фторопласт, кварц, стекло, плексиглас и т.д. Было предложено рассмотреть наряду с ними экструдированный пенополистирол, материал с малым коэффициентом преломления ($n=1.023$) и провести их сравнительный анализ. Анализ проводился математическими методами по формулам [2], связывающим геометрические параметры радиолинзы и величины, характеризующие свойства материала. При анализе были охвачены такие критерии, как потери на отражение и в материале линзы, допуски на неоднородность материала и на точность изготовления. Таблицы с результатами расчетов представлены в статье [3]. Сравнительный анализ таблиц показал, что коллиматоры, изготовленные из экструдированного пенополистирола, отличаются высокими допусками на точность изготовления и на неоднородность материала, а также малыми потерями на отражение. Кроме того, экструдированный пенополистирол является недорогим, доступным и технологичным материалом.

При работе с коллиматорами облучатель часто может располагаться вне фокуса. Поэтому необходимо оценить влияние положения облучателя на фазовый фронт в раскрыве коллиматора. Всё вышеизложенное определяет цель работы: оценка искажений фазового фронта в раскрыве одноповерхностного линзового коллиматора при выносе облучателя из фокуса.

Для расчёта фазовых ошибок в раскрыве радиолинзы воспользуемся законами геометрической оптики (так как $\lambda \ll d$, где λ – длина волны, d – толщина линзы) [4]. Радиолинза помещается в начало координат (рис.1). Облучатель O формирует электромагнитную волну со сферическим фазовым фронтом, на пути которой стоит диэлектрическая радиолинза (диаметр D , показатель преломления n). Расстояние между облучателем и

Рис. 1 - Геометрия радиолинзы



линзой называется фокусным расстоянием f . В результате преломления на поверхности линзы происходит трансформация фронта первичного источника и в раскрые радиолинзы получается уже плоский фазовый фронт, который соответствует полю в дальней зоне. За линзой на расстоянии $l_{\text{ант}}$ стоит испытываемая антенна. Освещенная поверхность линзы – поверхность, обращенная к облучателю, противоположная – теневая (раскрыв радиолинзы). АВ – касательная к освещенной поверхности радиолинзы, GH и EF – нормали к освещенной и к теневой поверхностям соответственно. Если облучатель О имеет координату $(-f; 0)$, то говорят о том, что он находится в фокусе. Линза рассчитывается в декартовой системе координат, ее профиль описывается зависимостью $y(z)$, где z – координата по толщине линзы.

Профиль освещенной поверхности радиолинзы определяется выражением [2]:

$$y(z) = \sqrt{(n^2 - 1)z^2 + 2 \cdot (n - 1) \cdot f \cdot z}, \quad (1)$$

здесь z – координата радиолинзы по толщине, которая изменяется в интервале от 0 до d . Этот интервал разбивается на $N = \frac{d}{h}$ подинтервалов, где h – длина подинтервала, а N – целое число. Получается множество точек с координатами $\{(0; y(0)); (h; y(h)); (2h; y(2h)); \dots (d-h; y(d-h)); (d; y(d))\}$, описывающее освещенную поверхность радиолинзы.

Мой подход заключается в расчете фазового набега (а затем и фазовой ошибки) для каждой из множества точек раскрыва исследуемой антенны. Для этого формируются отрезки l_1, l_2, l_3 (рис.1) и по известному выражению рассчитывается фазовый набег в раскрые радиолинзы [2]:

$$\varphi_{\text{л}} = \beta_1 l_1 + \beta_2 l_2 + \beta_3 l_{\text{ант}}, \quad (3)$$

где l_1, l_2 – расстояния, которые проходит электромагнитная волна от облучателя до поверхности линзы и внутри линзы (рис.1) соответственно; β_1, β_2 – волновые числа для воздуха и материала линзы соответственно.

Для того чтобы работать с выражением (3), необходимо найти l_1, l_2 .

Эта задача решается при помощи геометрических методов и закона Снеллиуса:

$$n_0 \sin \alpha = n \sin \gamma. \quad (4)$$

Здесь: α – угол падения электромагнитной волны, угол между падающим на поверхность лучом и нормалью к поверхности, γ – угол преломления электромагнитной волны – угол между прошедшим через поверхность лучом и нормалью к поверхности, n_0 – коэффициент преломления окружающей среды.

Углы, под которым падает волна и под которым она преломляется, оптическая длина луча, уравнения нормали и касательной вычисляются геометрическими методами [4].

В результате всех описанных в [4] действий, получаем множество значений фазового набега φ в раскрые линзы.

Будем называть фазовой ошибкой разницу между максимальным и минимальным значением фазового набега. Рассчитаем величину фазовых ошибок для различных фокусных расстояний, с линзой и без:

$$\Delta_{\text{л}} = \varphi_{\text{л max}} - \varphi_{\text{л min}}; \Delta_{\text{б л}} = \varphi_{\text{б л max}} - \varphi_{\text{б л min}} \quad (12)$$

Результаты вычислений показали (табл.1), что фазовая ошибка при использовании линзы практически равна нулю и она во много раз меньше, чем без использования линзы, что, впрочем, ожидаемо.

Рис. 2 - Вынос облучателя

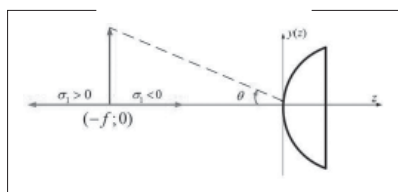


Таблица 1 – Фазовая ошибка в раскрые линзового коллиматора

Фокусное расстояние f, м	D=100 см		D=150 см	
	Фазовая ошибка			
	Без использования линзы, $\Delta_{\text{б л}}, ^\circ$	С линзой, $\Delta_{\text{л}}, ^\circ$	Без использования линзы, $\Delta_{\text{б л}}, ^\circ$	С линзой, $\Delta_{\text{л}}, ^\circ$
6	216.54	0.13	435.74	0.15
9	153.37	0.11	324.17	0.14
12	117.62	0.09	255.17	0.12
15	95.12	0.08	209.08	0.11

Проведём расчет фазовых ошибок при выносе облучателя из фокуса вдоль оси z . Обозначим величину отклонения облучателя σ_1 . Считаем, что при $\sigma_1 < 0$ происходит перемещение облучателя к линзе, $\sigma_1 > 0$ – от линзы.

Численный результат для линзы $D = 1$ м можно оценить по табл. 2.

При отклонении облучателя от рассчитанного положения вдоль оси z

Таблица 2 – Фазовая ошибка в раскрыве линзового коллиматора

f, м	Относительная величина выноса облучателя из фокуса, $\delta = \frac{\sigma_1 + f}{f}$										
	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
6	169.05	116.98	77.31	46.10	20.90	0.13	17.28	32.08	44.82	55.90	65.63
9	135.22	91.96	60.00	35.42	15.94	0.11	13.00	24.03	33.45	41.58	48.67
12	109.12	73.64	47.78	28.09	12.60	0.09	10.21	18.85	26.20	35.52	38.02
15	90.52	60.84	39.36	23.09	10.34	0.08	8.36	15.42	24.41	26.56	31.03

ошибка растет и, в этом случае, она меньше, чем без использования коллиматора. При отдалении облучателя ошибка растет значительно медленнее, чем при приближении облучателя к линзе.

Рассмотрим вынос облучателя из фокуса вдоль оси у. Величину отклонения облучателя покажем через угол θ (рис.2). Так как линза симметрична относительно оси z, то достаточно расчёт провести при отклонении облучателя в одном направлении, например вверх. Результаты показаны в табл.3.

Таблица 2 – Фазовая ошибка в раскрыве линзового коллиматора

f, м	Величина отклонения облучателя $\theta, ^\circ$					
	0	1	2	3	4	5
6	0.13	89.26	184.05	284.23	389.80	500.78
9	0.11	93.77	191.59	293.35	399.03	508.63
12	0.09	95.14	193.43	294.77	399.13	506.15
15	0.08	95.53	193.62	294.18	397.18	502.61

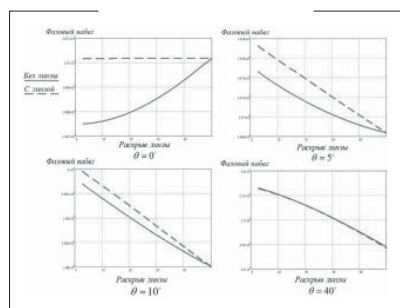
Вынос облучателя вдоль оси у из положения фокуса характеризуется быстрым ростом фазовых ошибок. При этом форма фазового фронта остается плоской, повернутой на некоторый угол. Это соответствует смещению фазового центра облучателя. Оценка величины этого смещения является предметом дальнейших исследований.

Сотрудниками НГТУ (кафедра РПИРПУ) был изготовлен линзовый коллиматор из экструдированного пенополистирола. Были проведены измерения фазового фронта этого коллиматора при помощи сканера электромагнитных полей, которые подтвердили полученные в работе численные результаты.

Список литературы:

1. Бахрах Л.Д., Кременецкий С.Д., Курочкин А.П., Усин В.А., Шифрин Я.С. Методы измерений параметров излучающих систем в ближней зоне – Л.: Наука, 1985. 272 с.
2. Жук М.С., Молочков Ю.Б. Проектирование линзовых, сканирующих, широкодиапазонных антенн и фидерных устройств. М.: Энергия, 1973. 440 с.
3. Воробьева Ю. С., Киселев А. В. К вопросу о выборе материала для изготовления линзового коллиматора – Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. Всерос. науч.-техн. конф., посвящ. 119 годовщине Дня радио, Красноярск, 6–8 мая 2014 г. – Красноярск : СФУ, 2014. – 606 с.
4. <http://efir.sfu-kras.ru/sites/efir.institute.sfu-kras.ru/files/SPR-2014.pdf>
5. Воробьева Ю.С., Степанов М.А. Расчет фазовых ошибок в раскрыве одноповерхностного линзового коллиматора – Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. [Электронный ресурс], Красноярск, 6–7 мая 2015 г. – Красноярск : СФУ, 2015. – 628 с.

Рис. 3 - Фазовый набег в зависимости от положения облучателя при его выносе вдоль оси у



ДОКЛАДЧИК:

Голодец Дмитрий Борисович
(Golodets Dmitry Borisovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московский государственный
технический университет им. Н. Э.
Баумана (МГТУ им. Н. Э. Баумана)
(Bauman Moscow State
Technical University (BMSTU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Голодец Дмитрий Борисович
(Golodets Dmitry Borisovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Синергетический эффект объединения технологий при производстве
ответственных деталей из алюминиевых сплавов

The synergistic effect of combining technologies in the production of critical
parts from aluminum alloys

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Данная работа посвящена комплексному исследованию синергетического эффекта объединения двух инновационных технологий: тиксотехнологии и фрикционной перемешивающей обработки при изготовлении деталей «колесо» и «поршень». Особое внимание обращается на повышение механических свойств в отдельных частях конструируемой детали из-за принципиального изменения микроструктуры обработанной области. Изучена микроструктура деталей. Проведенное исследование расширяет возможности машиностроительных материалов при разработке конструкторско-технологического решения задачи.

Annotation

This work is devoted to the complex study of the synergistic effect of combining two innovative technologies: thixoforming and friction stir processing in the manufacture of parts "wheel" and "piston". Particular attention is paid to the improvement of the mechanical properties in parts of the constructed details of the fundamental changes in the microstructure of the treated area. The microstructure details. This study extends the capabilities of engineering materials in the development of engineering and design solution.

Ключевые слова: алюминиевые сплавы, жидкая штамповка, тиксопрессование, FSP, новые конструкторско-технологические решения.

Keywords: aluminum alloys, liquid punching, thixoforming, FSP, new design and technological solutions.

В последние годы возник и получил широкое промышленное признание новый перспективный твердофазный процесс перемешивающей (деформирующей) обработки (Friction Stir Processing, далее – FSP), который вызывает интенсивные локальные изменения микроструктуры и позволяет повысить механические характеристики сплава в обрабатываемых деталях, но чаще всего используется только как способ сварки. В этом методе результат достигается путем локального введения тепла трения, разогрева трибоконтакта до состояния интенсивного изнашивания обрабатываемого материала и организацией его локального пластического течения с помощью вращения и перемещения внедренного инструмента, что в результате сопровождается микроструктурными изменениями во всем обрабатываемом объеме материала.

Список использованных источников:

1. Семенов Б.И., Куштаров К.М. Производство изделий из металла в твердотвердом состоянии. М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2010. -223, с. : ил., цв. вкл 8с.
2. Корневич А.П., Семенов Б.И. Локальное повышение механических характеристик готовых изделий и полуфабрикатов на примере колесного диска большегрузного автомобиля из алюминиевого сплава 2014 // Заготовительные производства в машиностроении. 2011. №8. С.8-14.
3. B-A. Behrens, T. Matthias «Numerische Abbildung der Formgebung von Aluminium im teilflussigen Zustand // www.utfscience.de IV/2009.
4. Семенов Б.И., Семенов А.Б., Джиндо Н.А., Нго Тхань Бинь, Белоусов И.Я., Койдан И.М. Экспериментальное изучение процесса тиксоштамповки фасонной модельной детали из сплава АК7 // Заготовительные производства в машиностроении. 2014. №3. С.22-27

ДОКЛАДЧИК:

Губский Александр Юрьевич
(Gubskiy Alexander Yurievich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московского Государственного
Строительного Университета
(Moscow State University
of Civil Engineering)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Губский Александр Юрьевич
(Gubskiy Alexander Yurievich)
Гареева Розалина Расимовна
(Gareeva Rozalina Rasimovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Кладочные растворы с керамическими микросферами, армированные полимерной фиброй

Lightweight masonry mortar with hollow ceramic microspheres reinforced with polymeric fiber

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Данная исследовательская работа посвящена разработке кладочного раствора с применением керамических микросфер – компонентов золы уноса, которые при добавлении в раствор улучшают его теплоизоляционные свойства. Для увеличения прочности раствора, а так же его морозостойкости и долговечности была применена полимерная фибра двух видов. Авторами был разработан оптимальный состав раствора с керамическими микросферами, определен оптимальный расход фибры, изучены характеристики данных растворов.

Annotation

This research work is dedicated to the development of masonry mortar with ceramic microspheres - components of fly ash, which are added to the mortar to improve its insulating properties. To increase the strength of the mortar, as well as its frost-resistance and durability, two kinds of polymer fiber were used. The authors have developed an optimal composition of the mortar with ceramic microspheres, determined the optimum consumption rate of fiber, studied the characteristics of these mortar mixtures.

Ключевые слова: кладочный раствор; Зола уноса; Керамические микросферы; Полимерная фибра; Полипропиленовая фибра; Полиакриловая фибра

Keywords: masonry mortar; Fly ash; Ceramic microspheres; Polymer fiber; Polypropylene fiber; Polyacrylic fiber

Широкое применение в современном строительстве получили эффективные штучные стеновые материалы, такие как керамический камень, блоки из легких бетонов. Данные изделия обладают низкой средней плотностью и хорошими теплоизоляционными свойствами, что позволяет применять их как в малоэтажном, так и в многоэтажном строительстве. Для таких изделий целесообразно применять облегченные растворы с плотностью и прочностью, соответствующей аналогичным характеристикам штучного материала.

Характеристики раствора считаются оптимальными, если его плотность не превышает плотность изделия, а прочность превышает прочность изделия на 10-15%. Более высокая средняя плотность кладочного раствора приводит к тому, что растворный шов становится мостиком холода. Анализ характеристик существующих растворов и стеновых изделий показал, что для широкого ряда изделий не существует оптимальных кладочных растворов (рис. 1).

Одним из возможных решений данной проблемы является применение облегчающих наполнителей для кладочных растворов. Однако применяемые в строительстве наполнители, такие как: вспученные вермикулитовый и перлитовый пески, гранулированные пеностекло и пенополистирол, существенно снижают прочность раствора, обладают высокой водопотребностью, что приводит к расслаиванию растворной смеси.

Керамические микросферы (КМС) применялись в качестве облегчающего наполнителя для строительных материалов. Они образуются в составе летучей золы при высокотемпературном факельном сжигании угля. Толщина оболочки составляет 10% от диаметра микросферы, истинная плотность материала стенок микросфер 2450 кг/м³, средняя плотность микросфер 370-390 кг/м³. Коэффициент теплопроводности микросфер составляет 0,08 Вт/(м·°C) при 20°C. Состав газовой фазы внутри сфер представляет собой смесь CO₂ ~ 70%, N₂ ~ 30%. Предел прочности при объемном сжатии составляет 15...28 МПа.

В качестве вяжущего был использован портландцемент ЦЕМ II / А-Ш 42,5 Н (Holcim) с добавкой 9,8% гранулированного шлака. Были использованы минеральные добавки: суперпластификатор PERAMIN SMF 10, воздухововлекающая добавка ASCO 93, редиспергируемый порошок Vinnapas 8034H.

Для повышения морозостойкости, долговечности и прочности раствора в раствор вводились различные волокна фибры: полиакриловые длиной 6,4 мм и 3,2 мм, полипропиленовые длиной 6 мм (рис. 2, 3). Вводилось различное количество фибры – 0.3%, 0.6%, 0.9% массы фибры от массы вяжущего для полиакриловой и полипропиленовой фибры с длинными волокнами, а так же 0.6%, 0.9% и 1.2% - для полиакриловой фибры с короткими волокнами.

Для получения однородной сухой смеси и равномерного распределения волокон фибры в объеме смеси, сухие компоненты перемешивались в течение

Рис. 1 - Анализ существующих эффективных штучных стеновых изделий

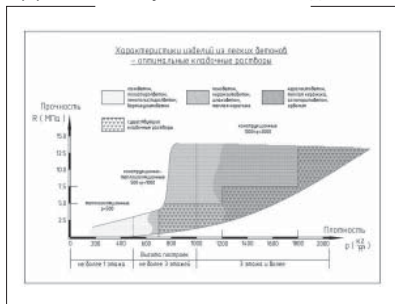


Рис. 2 - Полиакриловая фибра

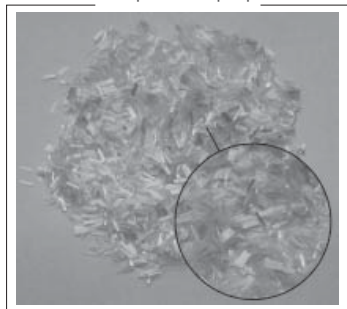


Рис. 3 - Полипропиленовая фибра

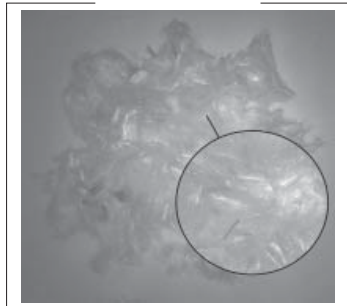


Рис. 4 - Характеристики растворов

Характеристики раствора	КС+ полипропиленовая фибра					КС+ Полиакриловая фибра				
	КС*	L = 3,25 мм	L = 3,25 мм	L = 6,4 мм	L = 6,4 мм	КС*	L = 6,0 мм	L = 6,0 мм	L = 6,0 мм	L = 6,0 мм
Водоудерживающая способность, %	0,85	0,70	0,71	0,72	0,87	0,69	0,68	0,69	0,71	0,73
Водоудерживающая способность, %	93	92	92	92	92	91	92	92	92	92
Средняя плотность раствора, кг/м³	900	1120	1100	1093	1090	1007	1093	1093	1093	1097
Средняя плотность сухого камня, кг/м³	775	947	925	911	916	817	911	902	927	929
Морозостойкость, циклы	30	50	50	50	75	75	75	75	75	75
Прочность, МПа	На изгиб	5,15	4,22	4,25	4,02	4,51	4,23	3,77	4,11	4,61
Прочность, МПа	На сжатие	12,08	15,98	16,23	15,31	16,91	16,18	14,23	15,97	16,78
Вязкость	На сжатие	0,247	0,264	0,242	0,264	0,267	0,261	0,245	0,264	0,275

Рис. 5 - Прочность растворов

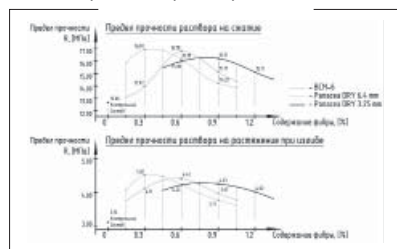
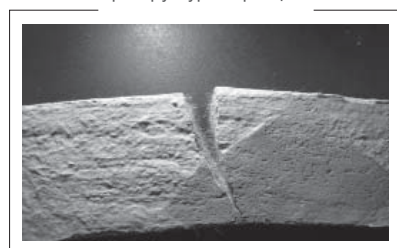


Рис. 6 - Макроструктура образца



3-х минут в растворосмесителе. Затем в чашу растворосмесителя добавлялась вода, после этого раствор перемешивался еще в течение 3 минут. Погружение стандартного конуса массой 300 г для всех растворных смесей составило 7...8 см, что соответствует марке по подвижности Пк2. Водоудерживающая способность растворных смесей определялась при помощи прибора ОВС, средняя плотность растворной смеси – при помощи стального пикнометра вместимостью 100 см³.

Были изготовлены образцы-балочки размером 4×4×16 см, которые твердели в течение 28 суток в условиях, регламентируемых ГОСТ. Для определения предела прочности на сжатие и растяжение при изгибе полученные образцы испытывались на гидравлическом прессе. Средняя плотность сухого камня определялась на образцах-балочках 4×4×16 см, высушенных до постоянной массы при температуре (105 ± 5)°C.

Полученные в ходе исследований результаты представлены в Таблице 1, а также на графиках. Макроструктура разрушенного образца представлена на рис.4.

Было установлено, что полиакриловая фибра с длинными волокнами более эффективна, чем фибра с короткими волокнами, при меньшем её расходе, что положительно влияет на стоимость раствора. При этом существует оптимальное содержание фибры в растворе, при котором достигается наибольшее увеличение прочности раствора на растяжение и на сжатие. При дальнейшем увеличении содержания фибры в растворе, прочность начинает снижаться.

Оптимальный расход полипропиленовой фибры выше, чем у полиакриловой, при этом оба раствора имеют примерно одинаковые характеристики. Оптимальным считаем раствор с добавлением 0.3% полимерной фибры Rapasea DRY с длиной волокон 6.4 мм.

В результате исследований был разработан кладочный раствор, обладающий высокой удельной прочностью, что позволяет использовать его для широкого ряда эффективных стеновых изделий. Был определен оптимальный расход микросфер для разработанного раствора, который составил 30...60% КМС от массы цемента. Было определено влияние воздухововлекающей добавки на характеристики раствора; разработаны составы с воздухововлекающей добавкой с прочностью выше 5 МПа и средней плотностью 600...900 кг/м³, которые могут быть использованы для изделий из ячеистых бетонов.

Также, было определено влияние полимерной фибры на характеристики раствора. Было установлено, что введение 0,5% полимерной фибры от массы вяжущего позволяет:

- повысить прочность раствора на растяжение при изгибе на 43% и на сжатие на 33% соответственно;
- повысить марку по морозостойкости раствора до 75 циклов;
- повысить коэффициент трещиностойкости раствора.

Список использованной литературы:

1. Горшков А.С., Гладких А.А. Влияние растворных швов кладки на параметры теплотехнической однородности стен из газобетона [Текст] // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 3. – С. 39–42.
2. Губский А.Ю., Волченко К.С. Облегченные кладочные растворы с алюмосиликатными микросферами // Научно-техн. конф. по итогам научно-исследовательских работ студентов ИСА: сборник докладов – 2014. – С. 239–241.
3. Губский А.Ю., Волченко К.С. Исследование свойств облегченных кладочных растворов с алюмосиликатными микросферами // Строительство - формирование среды жизнедеятельности: сборник трудов XVII Междунар. межвуз. научно-практич. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых – 2014. – С. 925–930.
4. Данилин Л.Д., Дрожжин В.С., Куваев М.Д., Куликов С.А., Максимова Н.В., Малинов В.И., Пикулин И.В., Редюшев С.А., Ховрин А.Н. Полые микросферы из зол-уноса – многофункциональный наполнитель композиционных материалов // Цемент и его применение. – 2012. – №4. – С. 100–105.
5. Орешкин Д.В., Беляев К.В., Семенов В.С., Кретова У.Е. Полые микросферы – эффективный наполнитель в строительные и тампонажные растворы // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 9. – С. 50–51.
6. Семенов В.С., Розовская Т.А. Сухие кладочные смеси с полыми керамическими микросферами // Научное обозрение. – 2013. – № 9. – С. 195–199.
7. ГОСТ 5802–86. Растворы строительные. Методы испытаний [Текст]. – Взамен ГОСТ 5802–78; введ. 1986–07–01. – М.: Минстрой России, 1985.
8. ГОСТ 310.4–81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии [Текст]. – Введ. 1983–07–01. – М.: Издательство стандартов, 1983.
9. ГОСТ 28013–98. Растворы строительные. Общие технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 28013–89; введ. 1999–07–01. – М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС), 1998.

ДОКЛАДЧИК:

Даубарайте Дарья
Константиновна
(Daubaraite Daria
Konstantinovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный исследовательский
технологический университет
«МИСиС» (НИТУ «МИСиС»)
(National University of Science and
Technology "MISIS" (NUST "MISIS"))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Даубарайте Дарья Константиновна
(Daubaraite Daria Konstantinovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка технологических режимов получения декоративных
износостойких покрытий на изделиях из титановых сплавов
The Development of Technological Regimes of Obtaining Decorative and Wear-
resistant coatings on titanium alloys

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Разработаны новые технологические режимы получения композиционных декоративных твердых износостойких покрытий на изделиях из титановых сплавов методом микродугового оксидирования с высокой производительностью процесса и низкой шероховатостью. Новые технологические режимы позволяют получать multifunctional покрытия с физико-химическими свойствами, в несколько раз улучшенными по сравнению с многочисленными технологическими режимами, разработанными ранее как российскими, так и зарубежными учеными. Полученные покрытия имеют перспективы широкого применения в авиастроении, приборостроении, судостроении, а также на рынке потребительских товаров.

Annotation

New technological regimes for obtaining decorative hard and wear-resistant on the details made of titanium alloys by microarc oxidation. New technological regimes allow to obtain multifunctional coatings with high physics-chemical properties which are several times higher than ones, which were previously developed by Russian and foreign scientists. Presented coatings have a great prospective of being used in aviation, shipbuilding, instrumentation and also on the market of consumer goods.

Ключевые слова: микродуговое оксидирование; МДО; титан; титановый сплав; BT6; BT8; микроразряды; плазма; алюминат натрия; техническое жидкое стекло; электролит; износостойкость; декоративный вид; твердость; термостойкость

Keywords: microarc oxidation; MAO; titanium; titanium alloy; VT6; VT8; microdischarges; plasma; sodium aluminate; technical liquid glass; electrolyte; water solution; wear-resistance; decorative look; microhardness; heat resistance

Титановые сплавы, благодаря их высокой коррозионной стойкости в большом ряде агрессивных сред и удельной прочности, находят широкое применение в приборостроении, авиационной и судостроительной промышленности. Их применение в значительной степени расширяют за счет модифицирования их поверхности, приводящей к увеличению твердости, износостойкости и эрозионной стойкости. Среди известных методов нанесения защитных покрытий на легкие конструкционные сплавы большое распространение в последние годы получил метод плазменного микродугового оксидирования (МДО). Процесс МДО включает образование большого числа короткоживущих плазменных микроразрядов, «перемещающихся» по всей поверхности рабочего электрода, и, благодаря высокой температуре (до 200000°C) в них, имеет значительное преимущество перед другими методами получения защитных покрытий на изделиях из легких конструкционных сплавов.

Вместе с тем, разработанные способы получения покрытий этим методом, как правило, проводимых в щелочных водных растворах, содержащих алюминат натрия (NaAlO_2), как Российскими, так и зарубежными учеными имеют существенные недостатки:

- 1) микротвердость до 700 HV и, как следствие, низкая износостойкость вследствие большой пористости, вызванной наличием большого числа различных фаз в покрытии, основой которого являются твердые оксиды;
- 2) высокая шероховатость поверхности покрытий;

В связи с вышеизложенным, целью данной работы являлось разработать высокопроизводительные и экологически чистые способы получения твердых износостойких покрытий на изделиях из титановых сплавов, в том числе сложной геометрической формы, методом МДО. Кроме того, разработать стабилизатор щелочно – алюминатных электролитов для увеличения длительности их работоспособности.

Для достижения цели, поставленной в работе получали покрытия на основе аморфных SiO_2 и Al_2O_3 , содержащих небольшие концентрации кристаллических фаз методом МДО титановых сплавов в водных растворах при больших концентрациях (70 г/л) технического жидкого стекла, а также при проведении этого процесса в алюминатном растворе.

Действительно, после проведения МДО титановых сплавов (BT6, BT8) по разработанным способам были получены декоративные малопористые покрытия на основе аморфного оксида (SiO_2) микротвердость которых достигала 1250 HV. Данные покрытия являются термостойкими и не изменяют свой цвет после неоднократного (100 циклов) нагрева до температуры 550°C. Длительность работоспособности электролитов была увеличена не менее, чем в 5 раз по сравнению с таковой у щелочно – алюминатных электролитов. Работа выполнена на кафедре ЗМИП НИТУ «МИСиС», в рамках данной работы успешно защищен дипломный проект и выигран конкурс «УМНИК».

ДОКЛАДЧИК:

Дорогов Максим
Владимирович
Член экспертной группы

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГБОУ ВПО «Тольяттинский
государственный университет»

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Дорогов Максим Владимирович

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Получение микро- и нанообъектов, материалов с развитой поверхностью методом электроосаждения металла и последующего отжига

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Электроосаждение металлов является одним из перспективных методов получения материалов с заданными структурой и свойствами. К его преимуществам относятся дешевизна оборудования и возможность автоматизации процесса.

Цель лекции – показать возможности метода электроосаждения, для получения различных микро- и нанообъектов, материалов с развитой поверхностью, применяемых в различных отраслях народного хозяйства.

Варьируя технологические параметры процесса электролиза (плотность тока, перенапряжение, время электролиза, температура и pH электролита и т.д.) получают широкое многообразие частиц, кристаллов, пленок и покрытий [1, 2]. Электроосаждение позволяет получать не только чистые металлы, но и сплавы, что значительно расширяет применение данного метода в промышленности.

Физические и физико-химические свойства электроосажденных металлов и сплавов, как правило, отличаются от справочных величин, которые обычно приводятся для материалов металлургического происхождения [3]. Объясняется это особой структурой материалов электролитического происхождения. В работах [4, 5] описаны частицы и кристаллы, обладающие осями симметрии 5-го порядка, а значит содержащие дефекты дисклинационного типа. Наличие таких дефектов обуславливает большую упругую энергию, запасенную в материале [6].

Релаксация энергии в процессе электролитического роста или последующего отжига [7, 8] приводит к формированию специфической огранки или рельефа и значительно увеличивает удельную поверхность материала.

Материалы с развитой поверхностью широко применяются в химической промышленности в качестве катализаторов различных реакций, на предприятиях водоочистки в качестве сорбентов и т.д.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №13-02-00221) и гранта Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых (г/контракт № 14.B25.31.0011).

Литература

1. Викарчук А.А., Ясников И.С. Структурообразование в наночастицах и микрокристаллах с пентагональной симметрией, формирующихся при электрокристаллизации металлов // Издательство Тольяттинского государственного университета - Тольятти, 2006. 250 с.
2. Staikov G. Electrocrystallization in nanotechnology // WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2007. 264 p.
3. Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов // Янус-К. 1997. 389 с.
4. Викарчук А.А., Воленко А. П. Пентагональные кристаллы меди: многообразие форм роста и особенности внутреннего строения // Физика твердого тела. 2005. Т. 47, № 2. С. 339344.
5. Викарчук А.А. Нанообъекты, наноматериалы и микроизделия из них, полученные методом электроосаждения металла // Вектор науки ТГУ. 2009. № 1. С. 7– 15.
6. Владимиров В.И., Романов А.Е. Дисклинация в кристаллах // Л.: Наука, 1986. 224 с.
7. Викарчук А.А., Дорогов М.В. Особенности эволюции структуры и морфологии поверхности икосаэдрических частиц меди в процессе отжига // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2013. Т. 97. № 9-10. С. 682-686.
8. Абрамова А.Н., Дорогов М.В., Vlassov S., Kink I., Дорогин Л.М., Löhms R., Романов А.Е., Викарчук А.А. Нановискеры оксида меди: методика получения, особенности структуры и механические свойства // Физика и Механика Материалов. 2014. Т. 19. №. 1. С. 88-95.

ДОКЛАДЧИК:

Доронин Федор
Александрович
(Doronin Fedor Alexandrovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московский государственный
университет печати имени Ивана
Федорова
(Moscow State University
of printing arts)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Доронин Федор Александрович
(Doronin Fedor Alexandrovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Плазмохимическая модификация поверхности полимерных пленок
Plasma treatment of the surface of the polymeric films

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В настоящей работе изучали влияние плазмохимической обработки на поверхностные характеристики полимерных плёнок. Показано, что для модифицированных полимеров наблюдается увеличение поверхностной энергии, обусловленное формированием на поверхности пленок кислородсодержащих групп.

Annotation

In the present work investigated the effect of plasma treatment on the surface characteristics of the polymer film. It is shown that for the modified polymer, an increase of surface energy due to the formation of films on the surface oxygenated groups.

Ключевые слова: поверхностная модификация полимеров; полимеры; плазмохимическая обработка; полиолефины; поверхностная энергия

Keywords: surface modification of polymers; polymers; plasma treatment; polyolefins, surface energy

В полиграфическом и упаковочном производстве в последнее время достаточно интенсивно применяются полимерные пленочные материалы. Это связано с бурным развитием индустрии по выпуску разнообразных товаров, в том числе продуктов питания в упаковке из полимеров. Поскольку полимерные материалы характеризуются низкими значениями поверхностной энергии, они плохо смачиваются водой и водосодержащими жидкостями, имеют низкую адгезию к красителям на водной и неводной основе, печатным краскам, напыленным в вакууме слоям различных металлов и т.д. Следовательно, требуется повышение их поверхностных характеристик [1].

Активно для обработки поверхности полимеров и изделий из них используют метод модификации в низкотемпературной плазме тлеющего разряда. Важной особенностью плазмохимической модификации полимеров, определяющей особый интерес к этому методу, является то, что направленным изменениям подвергается обрабатываемая поверхность материала, очень тонкий приповерхностный слой, толщина которого, по разным оценкам, составляет от 100 Å до нескольких микрон. Под воздействием плазмы поверхность полимера может становиться как предельно гидрофильной, так и максимально гидрофобной. Объем полимера при этом не изменяется, материал сохраняет свои физико-химические, механические, эксплуатационные свойства. Воздействие плазмы на поверхность полимера позволяет изменять его поверхностные свойства, а именно смачивание, адгезию к тонким слоям металла, наносимого различными методами, способность к склеиванию и т. п. [2].

В настоящей работе изучали влияние плазмохимической обработки на поверхностные характеристики полимерных плёнок различной химической природы. Использовали полимерные пленки полиэтилена низкой плотности (ПЭНП), полипропилена (ПП), полиэтилентерефталата (ПЭТФ).

Исследовали образцы полимерных плёнок размером 10×10 см, которые помещали в зону светящегося положительного столба тлеющего разряда, располагая его для этого на внутренней поверхности цилиндрического активатора установки (реактора), и обрабатывали образец с одной стороны в течение заданного временного промежутка при токовой нагрузке (рисунок 1). Для проведения исследований по определению поверхностной энергии полимерных плёночных образцов были выбраны две жидкости таким образом, чтобы силы их поверхностных натяжений максимально отличались друг от друга [3]:

Этиленгликоль (ГОСТ 19710-83). Является простейшим представителем многоатомных спиртов (HO—CH₂—CH₂—OH). Токсичен. В очищенном виде представляет собой прозрачную бесцветную жидкость слегка маслянистой консистенции, не имеет запаха. Поверхностное натяжение этиленгликоля составляет 46,1 мН/м при T=20°C.

Вода дистиллированная. Представляет собой прозрачную жидкость, не имеющую цвета (в малом объеме) и запаха. Путем дистилляции вода очищена от растворенных в ней минеральных солей, органических веществ и других примесей. Поверхностное натяжение воды составляет 72,8 мН/м

Рис. 1 - Схема расположения модифицируемого образца в зоне положительного столба тлеющего разряда

А – свечение положительного столба воздушной плазмы тлеющего разряда внутри стеклянного цилиндрического активатора ; Б – схема расположения плёночного образца по внутренней цилиндрической поверхности активатора

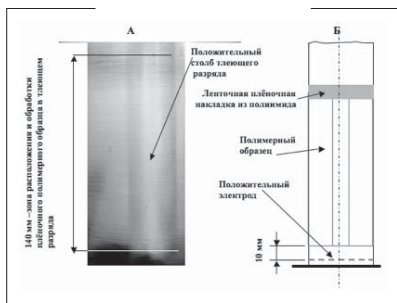


Рис. 2 – Общий вид и отдельные узлы лабораторного стенда для скоростной макросъемки процесса смачивания

1 – цифровой фотоаппарат с возможностью записи видео; 2 – удлинительные кольца; 3 – объектив; 4 – основная стойка с горизонтальной площадкой, регулируемой по высоте; 5 – микрометрический винт; 6 – шприц на 1 мл; 7 – наконечник игольчатого типа для дозирования; 8 – светодиодный источник света; 9 – металлическая плоскопараллельная подложка для фиксации исследуемого образца; 10 – магниты; 11 – термостатирующая поверхность; 12 – исследуемый образец

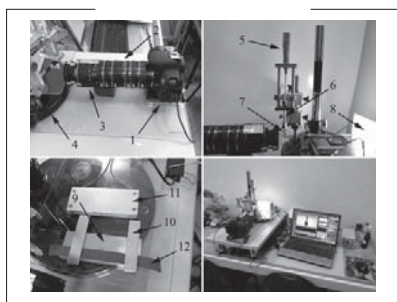


Рис. 3 – Пример рабочего интерфейса программы для анализа и обработки изображений ImageJ: 1 – значение краевого угла смачивания, рассчитанное с помощью плагина «Drop analysis»; 2 – профиль капли этиленгликоля на поверхности образца пленки ПЭНП

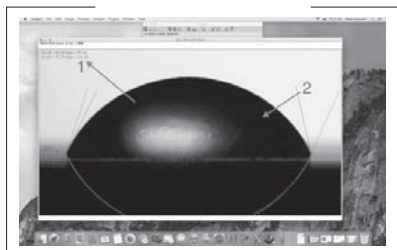


Таблица 1 – Поверхностные свойства полимерных плёночных материалов после их обработки в положительном столбе плазмы тлеющего разряда.

N п/п	Материал	Вид пленки	Өв/ Ээтг, °	γDS /γPS, мН/м	γ, мН/м
1	ПЭНП	Исходная	89,5/65,5	21,3/4,5	25,8
		Модифициро-ванная	43,6/25,1	8,3/47,7	56,0
2	ПП	Исходная	85,4/68,2	12,6/10,1	22,7
		Модифициро-ванная	57,6/46	6,4/38,1	44,5
3	ПЭТФ	Исходная	72,4/52,5	14,8/17,0	31,8
		Модифициро-ванная	37,2/21,6	6,0/57,2	63,1

при T=20°C.

Для определения значений краевого угла смачивания полимерных образцов двумя wybranными для исследований жидкостями использовали лабораторный стенд для скоростной макросъемки, состоящий из фотоаппарата высокого разрешения, с возможностью записи видео, металлической подложки, на которой фиксировали образец полимерного пленочного материала, микрометрического винта для подачи капли, а также компьютера с программным обеспечением для удаленной съемки и последующей обработки полученных снимков (рисунок 2).

Объём капель жидкостей, используемых при проведении исследований, составлял 6,1 мкл.

Капли дистиллированной воды и этиленгликоля наносили последовательно на исследуемый полимерный образец 12 с помощью малообъёмных медицинских шприцов 6, оснащённых наконечниками игольчатого типа 7. Металлическую плоскопараллельную подложку с образцами 9 устанавливали на термостатирующую поверхность 11, расположенную строго горизонтально. Горизонтальность расположения образца с нанесённой каплей жидкости необходима для того, чтобы форма нанесенной капли не была искажена. С помощью цифрового фотоаппарата 1 производили настройку резкости с последующим получением на экране компьютера широкоформатного изображения профиля капли жидкости. Расчет краевого угла смачивания проводили в программе с открытым исходным кодом ImageJ, предназначенной для анализа и обработки изображений (рисунок 3), с предустановленным плагином «Drop analysis», разработанным в Федеральной политехнической школе Лозанны (ERPFL, Швейцария) [4].

Каждый полученный снимок капли предварительно обрабатывали и сохраняли в 8-битные изображения для последующего расчета показателя краевого угла смачивания.

Расчет полярной и дисперсионной составляющих поверхностной энергии осуществляли по формуле 1.1, предложенной Д.В. Ван Кревеленом [5]:

$$(\cos\theta+1) \times \gamma_L = 2 \times \sqrt{\gamma_s^D \times \gamma_L^D} + 2 \times \sqrt{\gamma_s^P \times \gamma_L^P}$$

где γ_{SD} и γ_{LD} , γ_{SP} и γ_{LP} – соответствующие дисперсионная и полярная составляющие поверхностной энергии для твердых и жидких фаз.

Зная краевые углы смачивания полимерных образцов θ для этиленгликоля и дистиллированной воды, а также соответствующие значения γ_{LP} и γ_{LD} для выбранных тестовых жидкостей, решали систему из двух уравнений и находили составляющие поверхностной энергии для твердой фазы, то есть для образцов исследуемых полимерных пленок.

Система уравнений для использования в качестве тестовых жидкостей дистиллированной воды и этиленгликоля, соответственно, имеет вид:

$$\cos\theta+1=0,1282 \times \sqrt{\gamma_s^D} + 0,1962 \times \sqrt{\gamma_s^P}$$

$$\cos\theta+1=0,2214 \times \sqrt{\gamma_s^D} + 0,1837 \times \sqrt{\gamma_s^P}$$

Уравнение (1.2) используется при расчете поверхностной энергии полимера с учетом полярной и дисперсионной составляющих поверхностной энергии воды, а (1.3) – с учетом составляющих поверхностной энергии этиленгликоля.

Суммарное значение поверхностной энергии твердого тела равно:

$$\gamma_s = \gamma_s^D + \gamma_s^P$$

Экспериментальные результаты (краевой угол смачивания по воде θ_w и этиленгликолю $\theta_{эг}$, поверхностная энергия γ , ее полярная γ_{PS} и дисперсионная γ_{DS} составляющие), полученные в результате обработки полимерных материалов в плазме тлеющего разряда при постоянном электрическом напряжении, токе разряда 60 мА, времени обработки 60 с при остаточном давлении воздуха 20 ± 10 Па, представлены в таблице 1.

Для всех модифицированных полимерных материалов наблюдается увеличение поверхностной энергии. Возрастание поверхностной энергии полимеров объясняется увеличением её полярной

составляющей, обусловленное формированием на поверхности пленок кислородсодержащих групп.

Таким образом, по результатам проведенных исследований с полимерами различной химической природы можно рекомендовать использование плазмохимической обработки для повышения энергетических характеристик поверхностей этих материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы» (Соглашение №14.583.21.0007 от 28 ноября 2014 года).

Список использованной литературы

1. Гильман А.Б. Плазмохимическая модификация поверхности полимерных материалов // Школа по плазмохимии для молодых ученых России и стран СНГ. Иваново: ИГХТУ, 1999.
2. Головатинский С.А. Модификация поверхности полимеров импульсной плазмой атмосферного давления // Вестник Харьк. ун-та. 2004. № 628. С. 80.
3. Краткий справочник физико-химических величин. Изд. 8. Под ред. Равделя А. А. и Пономаревой А. М.. Л: Химия. 1983
4. Biomedical Imaging Group: [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://bigwww.epfl.ch/demo/dropanalysis/>
5. Ван Кревелен Д. В. Свойства и химическое строение полимеров (пер. с англ). Голландия, 1972. Под ред. А. Я. Малкина. - М.: Химия, 1976. - 416 с.

ДОКЛАДЧИК:

Евдокимов Александр Петрович
(Evdokimov Alexandr Petrovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Изучение характеристик горения комбинированных зарядов, применяемых для обработки нефтяных скважин
Study of combustion characteristics of the combined charges, used for the treatment of oil wells

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Казанский национальный исследовательский технологический (КНИТУ)
(Kazan National Research Technological (KNRTU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Евдокимов Александр Петрович
(Evdokimov Alexandr Petrovich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В работе установлены закономерности влияния рецептур и условий применения на характеристики горения комбинированных зарядов. Комбинированные заряды, состоящие из медленногорящего и быстрогорящего слоев исследованы в специально разработанном исследовательском стенде. Стенд имитирует условия нефтяной скважины по наличию жидкой среды и повышенному давлению. На основании результатов исследований выявлены способы регулирования характеристик горения комбинированных зарядов.

Annotation

In work research the laws of influence of formulations and application on the combustion characteristics of the combined charges were set. Combined charges, consisting of slow-burning and, fast-layers were investigated in a specially designed research stand. The stand simulates the conditions of an oil well by the presence of a liquid medium, and high blood pressure. Based on the results of research methods for controlling the combustion characteristics of the combined charges were revealed.

Ключевые слова: комбинированный заряд; энергонасыщенный материал; скорость горения; лабораторный стенд; давление; скважина

Keywords: a combined charge; high-power stuff; burning rate; laboratory bench; the pressure well

В настоящее время большинство скважин нефтедобывающего фонда находится на поздней стадии разработки, характеризующейся значительным снижением дебитов. Такая ситуация характерна как для отечественных месторождений, так и для зарубежных. Существующие технологии зачастую не эффективны для решения задач повышения дебитов. Поэтому требуются новые технологии и технические средства для более интенсивного воздействия на призабойную зону, а также необходим

комплексный подход к обработке скважин. Перспективно создание технологии, обеспечивающее сочетание высокоактивного химического воздействия на породу, теплового воздействия и высокоимпульсного динамического воздействия на пласт.

Основной задачей исследований, выполняемых в проекте, является установление закономерностей влияний рецептуры и условий применения на характеристики горения комбинированных зарядов. Для выполнения исследований был разработан лабораторный стенд, имитирующий скважинные условия, позволяющий регистрировать зависимость давления от времени в процессе горения комбинированных зарядов в замкнутом объеме с помощью регистрирующей аппаратуры Нейва-10000. Исследовались комбинированные заряды состоящие из двух типов зарядов: медленногорящего и быстрогорящего. Для изготовления медленногорящего использовались: аммиачная селитра марки Б, бихромат калия, эпоксидный компаунд, включающий в себя эпоксидную смолу ЭД-20, пластификатор ЭДОС и отвердитель агидол АФ-2. Для изготовления быстрогорящего состава использовали перхлорат аммония и гексахлорэтан.

В результате исследований определены закономерности горения комбинированных зарядов в условиях имитирующих нефтяную скважину и выявлены способы регулирования характеристик горения. Установлено, что максимальное значение скорости горения составляет 1350 мм/с в интервале давления от 40 до 212 атм при содержании перхлората аммония 90%. А медленногорящий заряд имеет скорость не превышает 5 мм/с и мало зависит от давления. Полученные результаты исследования могут быть использованы при разработке новых типов устройств, позволяющих одновременно проводить химическую, тепловую и газодинамическую обработку призабойной зоны нефтяной скважины, с целью повышения нефтеотдачи пласта. Эти устройства будут обладать следующими преимуществами:

1. Длительность проведения обработки сокращается в 2 раза по сравнению с традиционными способами;
2. Устройство не относится к классу взрывчатых материалов и соответственно не требует вооруженной охраны при хранении, транспортировке и эксплуатации;
3. Скорость горения быстрогорящего заряда может регулироваться в широких пределах: от 400 до 4000 мм/с, при этом скорость существующих устройств составляет 400-500 мм/с.

Список использованных источников:

1. Мокеев А.А. Лабораторный стенд для изучения характеристик горения комбинированных зарядов энергонасыщенных материалов / А.А. Мокеев, А.С. Сальников, Л.Х. Бадретдинова, А.П. Евдокимов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 15. С. 95-97.
2. Мокеев А.А. Исследование комбинированных зарядов энергонасыщенных материалов для обработки нефтяных / А.А. Мокеев, А.С. Сальников, Л.Х. Бадретдинова, А.П. Евдокимов, А.А. Марсов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 15. С. 268-269.

ДОКЛАДЧИК:

Захаров Владислав
Сергеевич
(Zakharov Vladislav Sergeevich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГБОУ ВПО "Курский
государственный университет"
Kursk State University

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Захаров Владислав Сергеевич
(Zakharov Vladislav Sergeevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Просвечивающий электронный микроскоп российского производства -
готовый продукт приборостроения
Transmission electron microscope of the Russian production - ready product
instrumentation

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Просвечивающий электронный микроскоп является мощным инструментом, без которого не может обходиться ни одна исследовательская лаборатория в области физики, химии, материаловедении, биологии и т.д. Данный проект является идеей создания отечественного аналога, способного конкурировать с зарубежными аналогами на внешнем и внутреннем рынке.

Annotation

Transmission Electron Microscope is a powerful tool, without which it can not do any one research laboratory in the field of physics, chemistry, materials science, biology and so on. This project is the idea of creating a domestic analogue capable of competing with foreign counterparts on the foreign and domestic market.

Ключевые слова: Физика; Химия; Материаловедение; Российский аналог; Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ)

Keywords: Physics; Chemistry; Materials Science; Russian analogue; Transmission electron microscope (TEM)

Важнейшим этапом познания окружающего мира является анализ и исследование объектов, находящихся в нем. С развитием науки и техники анализ получал множество различных методов, которые, впоследствии, улучшались и расширялись. Одним из основных методов анализа является микроанализ, который применяется во многих сферах науки и техники. Этот метод исследует объекты мельчайшего размера, для получения изображения внутреннего мира исследуемого объекта. В достижении такой цели анализа нам помогает просвечивающая электронная микроскопия.

Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) предполагает изучение тонких образцов с помощью пучка электронов, проходящих сквозь них и взаимодействующих с ними. Электроны, прошедшие сквозь образец, фокусируются на устройстве формирования изображения: флуоресцентном экране, фотопластинке или сенсоре ПЗС-камеры.

Благодаря меньшей чем у света длине волны электронов ПЭМ позволяет изучать образцы с разрешением в десятки тысяч раз превосходящим разрешение самого совершенного светоптического микроскопа. С помощью ПЭМ возможно изучение объектов даже на атомарном уровне. ПЭМ является одним из основных методов исследования в целом ряде прикладных областей: физике, биологии, материаловедении и т.д.

На относительно малых увеличениях контраст на ПЭМ возникает из-за поглощения электронов материалом исследуемого образца. На высоких увеличениях сложное взаимодействие волн формирует изображение, требующее более сложной интерпретации.

Современные ПЭМ имеют режимы работы, позволяющие: изучать элементный состав образцов, ориентацию кристаллов, фазовый сдвиг электронов и т.п. Для исследований в области материаловедения, металлургии, кристаллографии, физики полупроводников созданы современные высоковольтные (до 300 кэВ) ПЭМ высокого разрешения, позволяющие в обычном режиме получать изображения атомов. С дополнительными аналитическими приставками (рентгеновские энергодисперсионные спектрометры, спектрометры потерь энергии электронов) они позволяют определять элементный состав областей менее 0.5 нм в диаметре.

В настоящее время ПЭМ производятся фирмами FEI Company (США), Carl Zeiss Group (Германия), JEOL Ltd. (Япония), Delong Instruments (Чешская Республика) и ПП «Сумы-Прибор» (Украина).

Учитывая широкую область применения и острую востребованность прибора для реализации большинства критических технологий Российской Федерации, задача создания независимого российского производства и средств просвечивающей электронной микроскопии является актуальной и прагматически весомой.

Благодаря этому был разработан данный проект, позволяющий создать первый отечественный просвечивающий электронный микроскоп,

способного конкурировать с зарубежными аналогами на внешнем рынке, так и на внутреннем. Данный микроскоп будет соответствовать тем конфигурациям, которые предложит заказчик.

На данном этапе проекта имеется ряд задач:

1. Поиск и выбор отечественных предприятий, обладающих необходимыми для изготовления компонентов электронного микроскопа технологиями.
2. Разработан комплект рабочей конструкторской документации просвечивающего/сканирующего электронного микроскопа SEO-STEM.
3. Изготовление и испытания опытного образца SEO-STEM.
4. Доработка конструкторской документации до серийной литературы О1 по результатам испытаний.

В результате начальных исследований осуществлён поиск и выбор отечественных предприятий, обладающих технологиями, необходимыми для изготовления компонентов электронного микроскопа. Например, на территории Курской области к таким относятся ОАО «Прибор», АО «Авиаавтоматика» имени В.В. Тарасова», ООО «МНТЦ» и др. Разработан комплект рабочей конструкторской документации просвечивающего/сканирующего электронного микроскопа SEO-STEM.

Список использованных источников

1. Я. С. Уманский, Ю. А. Скаков, А. Н. Иванов, Л. Н. Расторгуев. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. — М.: Металлургия, 1982, 632 с.
2. Д. Синдо. Т. Оикава. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия. — М.: Техносфера, 2006, 256 с. ISBN 5-94836-064-4.

ДОКЛАДЧИК:

Идиатулина Александра
Александровна
(Idiatulina Alexandra Alexandrovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Инновационная технология получения кормовой муки из вторичного растительного сырья
Innovative technology of feed meal production from secondary vegetable raw material

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Кубанский государственный технологический университет» (ФГБОУ «КубГТУ»)
(Federal state budgetary educational institute "Kuban state technology university" (FSBEI «KubSTU»))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Идиатулина Александра
Александровна
(Idiatulina Alexandra Alexandrovna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Современный уровень развития пищевой и перерабатывающей промышленности требует принципиально нового подхода к проблеме использования вторичных ресурсов, создания безотходных технологий, позволяющих максимально использовать все ценные компоненты вторичного растительного сырья.

Annotation

Modern level of food and processing industry development requires implementation of fundamentally new approach to solve problem of a secondary resources utilization, waste-free technologies development, allowing to utilize fully all valuable components of secondary raw materials.

Ключевые слова: вторичное сырьё; отходы переработки плодов тыквы; параметры сушки отходов; кормовая мука.

Keywords: secondary raw materials; waste of pumpkin fruits processing; drying parameters of waste; feed meal.

В настоящее время во всех регионах страны имеются и постоянно накапливаются большие запасы мало используемых или вообще не используемых отходов переработки сельхозпредприятий, мукомольной, пищевой промышленности. Почти половина производимой хозяйствами страны побочной продукции – вторичных сырьевых ресурсов не находит применения. Не принося очевидной пользы, они, в лучшем случае, используются в нативном виде на корм скоту, а зачастую просто выбрасываются, в то время как являются большим резервом пополнения сырьевых ресурсов для производства комбикормов.

При переработке плодов и овощей вторичные ресурсы составляют до 30% от массы сырья. В условиях Кубани это более 800 тыс. т дополнительного сырья.

Отходы консервных предприятий по переработке плодов и овощей богаты питательными веществами и являются безвредными. Они представляют собой полноценное сырьё для дальнейшей переработки и использования в кормопроизводстве. Большую группу составляют отходы переработки плодов тыквы, которые могут быть с успехом использованы как основной компонент комбикормов после предварительной сушки до содержания в

них около 10% влаги и соответствующем измельчении [1]. В Краснодарском крае и Республике Адыгея плоды тыквы перерабатываются на тыквенный сок, напитки, пасты, повидло. Количество тыквенных отходов при этом составляет около 10 тыс. т. в год, из которых можно получить более 3 тыс. т тыквенной муки, пригодной для ввода в комбикорма. Отходы обладают высокой кормовой ценностью благодаря содержанию в них безазотистых экстрактивных соединений, органических кислот, сахаров, витаминов, минеральных соединений, пектиновых веществ, в зависимости от сорта и условий произрастания, в пересчёте на сухую массу, содержится 1,3–14%. В состав мякоти плодов тыквы входят все незаменимые аминокислоты, количество которых составляет 26,6...29,8% от общей суммы аминокислот. Она выгодно отличается от многих других продуктов растительного происхождения содержанием лизина – одной из дефицитных аминокислот [2].

В работе был исследован химический состав отходов переработки плодов тыквы сорта «Мускатная». Влажность отходов составила 78,4-81,2%, сырой протеин 4,04-4,21%, сырой жир 0,28-0,36, сырая клетчатка 3,66-3,79%, сырая зола 0,74-0,90%, безазотистых экстрактивных веществ 10,12-11,24%, пектиновые вещества 1,63-1,69%.

Анализ результатов исследования показывает, что в своем естественном состоянии отходы не совместимы с традиционными технологиями производства комбикормов. Они очень нестойки при хранении, быстро закисают, сбраживаются, теряя ценные компоненты. К тому же они могут быть заражены гнилостными микробами, содержать сальмонеллы. Хранение отходов в таком состоянии возможно в течение 1 – 2 суток и требует оперативного химического или физического воздействия для предупреждения микробиологической порчи и инактивации ферментов. Хранение и перевозка отходов, содержащих около 80% воды, является дорогостоящей операцией и экономически не выгодна. Для круглогодичного кормления скота и расширения района использования отходов необходимо сделать их более стойкими в хранении. Наиболее распространенным и эффективным способом консервирования является сушка сырья.

Для сушки сырья используют в основном конвективный подвод теплоты. Теплоноситель готовят путем подогрева атмосферного воздуха в паровых или электрических калориферах, а также путем смешения его с продуктами сгорания топлива. Для сушки выжимок используются также рамные и полочные сушилки.

Определяющим критерием в выборе конструкции сушильного аппарата является возможность регулирования температуры таким образом, чтобы ткань сырья не нагревалась выше 80 – 85°C и поверхность частиц сырья предохранялась от подгорания. При увеличении температуры сырья от 85 до 130 – 140°C содержание пектина снижается с 29,0 до 26,7%, что связано с термической деградацией пектиновых веществ.

Высокая конечная влажность отходов способствует протеканию биохимических процессов при хранении и приводит, в конечном счете, к их порче. Для отходов переработки плодов тыквы конечная влажность должна быть не выше 11%. Процесс сушки заключается в переносе влаги из поверхностных слоев отходов в окружающую атмосферу. Образующаяся разница концентраций экстрактивных соединений в поверхностном слое и более глубоких слоях высушиваемых выжимок вызывает перенос влаги к поверхностным слоям. Для этого устанавливаются параметры сушки (температура воздуха, степень загрузки сушилки отходами, скорость переработки и т.д.) так, чтобы темп удаления влаги с поверхностных слоев высушиваемых частиц был равен темпу переноса влаги из более глубоких слоев к поверхностным.

В данной работе с целью изучения и выбора оптимальных параметров сушки исследуемого сырья, проведена сушка отходов переработки плодов тыквы при различных температурных параметрах: 85, 100 и 120°C до конечной влажности $W=10,0\pm1\%$. Отходы переработки плодов тыквы предварительно подвергали отжиму на шнековом прессе. Анализ результатов исследований показывает, что при выборе для тепловой сушки температуры $T=120^\circ\text{C}$ через 10 минут начинался процесс обугливания отходов тыквы. Вероятной причиной этого является превышение скорости удаления влаги из поверхностных слоев отходов скорости переноса влаги к поверхностным слоям, в связи с чем поверхностный слой пересушивался и обгорал. Образующаяся корочка затрудняла дальнейшее удаление влаги, а температура выжимок повышалась, быстро приближаясь к температуре окружающего горячего сушильного газа. Наступала интенсивная деполимеризация пектиновых соединений, что подтверждается исследованиями, изложенными в работах. Дальнейший процесс сушки

Рис. 1 - Кинетика сушки отходов переработки плодов тыквы

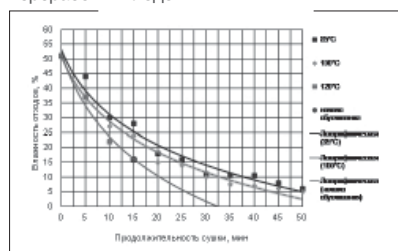
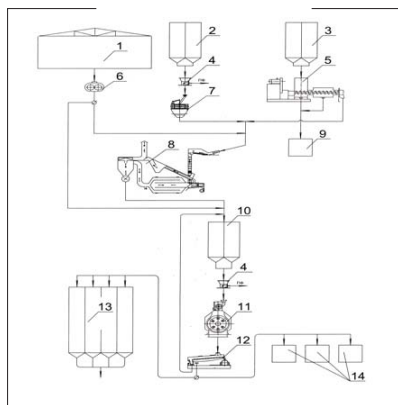
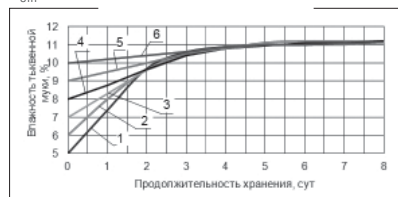


Рис. 2 - Способ получения кормовой муки из отходов переработки плодов тыквы

- 1 – площадка для хранения отходов;
- 2 – наддробильный бункер; 3 – надпрессовый бункер; 4 – магнитный сепаратор;
- 5 – пресс шнековый; 6 – жмыхоломач;
- 7 – измельчитель; 8 – сушилка барабанная;
- 9 – отстойник; 10 – наддробильный бункер;
- 11 – дробилка; 12 – просеиватель;
- 13 – бункера для хранения; 14 – контейнеры

Рис. 3 - Приращение содержания влаги в тыквенной кормовой муке с различной начальной влажностью ($T=20\pm 5^\circ\text{C}$; $P_{\text{отн}}=70\pm 5$, $P=0,1\pm 0,005$ МПа) при хранении

сырья вели при температурах 85 и 100°C. Оптимальной выбрана температура $T=85^\circ\text{C}$ в течение 30-35 минут, что согласуется с правилами «Ведения технологического процесса подготовки сырья для получения пектина», предусматривающими мягкий температурный режим сушки сырья (85 – 87°C) [3,4]. Более высокая температура ухудшает показатели качества сырья, способствует разрушению пектиновых веществ, в сырье появляются продукты углеводного распада.

Кинетика процесса сушки показана линиями тренда, рассчитанными на основе логарифмической регрессии (рисунок 1).

На основе проведенных исследований разработан способ получения кормовой муки из вторичного сырья – отходов переработки плодов тыквы. Данный способ (рисунок 2) предполагает ведение технологического процесса получения кормовой муки из вторичных растительных ресурсов в двух направлениях. По первому направлению при высокой влажности вторичного растительного сырья предусмотрен предварительный отжим на шнековом прессе 5, с последующей сушкой на барабанной сушилке 8. Далее сырьё поступает в наддробильные бункера 10 и через магнитный сепаратор 4, на дробилку 11, где происходит его измельчение до размера частиц 1 – 1,5 мм и просеивание 12. Остаток на сите $\varnothing 3$ мм – не более 5%. По второму направлению при влажности вторичного растительного сырья, не требующего предварительного отжима оно, при необходимости, оно может поступать на предварительное измельчение – на жмыхоломач 6 или сразу на сушилку 8, затем в наддробильные бункера 10 сырьё, после которых через магнитный сепаратор 4 попадает на дробилку 11, где происходит его измельчение и просеивание. Полученная кормовая мука может храниться длительное время в контейнерах, бункерах или 4-х слойных крафт-мешках.

Исследовано приращение содержания влаги в тыквенной кормовой муке с различной начальной влажностью при хранении. Образцы были высушены до влажности 5, 6, 7, 8, 9, 10%. По ежедневному приращению массы рассчитывали степень увлажнения тыквенной муки. Результаты исследования представлены на рисунке 3. Анализ результатов исследования показывает, что чем меньше начальная влажность кормовой муки, тем более интенсивно она поглощает влагу из окружающей среды. На 3 – 4 сутки все образцы достигали $W = 10,5 - 10,8\%$. При высушивании тыквенной муки до влажности 5, 6 и 7% наблюдается чрезмерное пыление продукта, что является крайне нежелательным.

Прирост влажности кормовой муки через месяц хранения не превышал 0,5%, что подтверждает правильность выбора параметров сушки, исследуемых отходов.

Инновационная технология получения кормовой муки позволит расширить сырьевую базу производства комбикормов за счёт вторичных ресурсов сельскохозяйственного, пищевых и смежных производств.

Список использованной литературы

1. Лебедева А.Т. Тыквенные культуры. М.: Россельхозиздат, 1987. 80 с.
2. Студенцов Н.А., Скляров В.Я., Иванова Е.Е. Использование вторичных ресурсов перерабатывающей промышленности АПК для производства комбикормов // Тез. докл. Межд. науч.-практ. конф. Краснодар, 1997. С. 50 – 52.
3. Донченко Л.В., Надыкта В.Д. Безопасность пищевой продукции. М.: Пищепромиздат, 2001. 528 с.
4. Истошина Н.Ю., Соловьёва Е.В., Идиатулина А.А. Определение оптимальных параметров сушки отходов переработки плодов тыквы // Изв. вузов. Пищевая технология. 2015. № 2-3. С. 57-59.

ДОКЛАДЧИК:

Ильин Дмитрий Анатольевич
(Ilin Dmitriy Anatolievich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский Московский
государственный строительный
университет» (НИУ МГСУ)
(National Research Moscow
State University of Civil
Engineering (MGSU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Ильин Дмитрий Анатольевич
(Ilin Dmitriy Anatolievich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка гибридной арматуры композитной полимерной с
повышенными эксплуатационными характеристиками
Design of hybrid polymer composite reinforcement with high performance
characteristics

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В 2014 году была утверждена государственная программа РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», в которой обозначена подпрограмма №14 – Развитие производства композиционных материалов (композитов) и изделий из них. В рамках программы ведутся исследования свойств композитов и разработка нормативно-технической документации.

Annotation

In 2014, the Russian state program “Development of pro-industry and increase its competitiveness “ was approved. It indicates the part №14 “Development of the production of composite materials (composites) and their products”. In the framework of the program the researchers of properties of composites are being done and the respective standards are under development.

Ключевые слова: арматура композитная полимерная (АКП); гибридная композитная арматура; модуль упругости; углеродное волокно; предел прочности при разрыве

Keywords: Fiber reinforced polymer rebar (FRP-rebar); hybrid polymer composite reinforcement; elastic modulus; carbon fiber; tensile strength

Композитные полимерные материалы занимают все более прочные позиции в современном строительстве, выступая альтернативой традиционным конструкционным материалам. Это обусловлено не только высокими физико-механическими характеристиками, но и такими эксплуатационными свойствами, как коррозионная стойкость в агрессивных средах, диэлектрические свойства, магнитная инертность и др.

Особое место среди композитных материалов занимает арматура композитная полимерная (АКП) – это силовой стержень, изготовленный из непрерывного армирующего волокна и термореактивной смолы. В зарубежных источниках можно встретить определение Fiber reinforced polymer rebar (FRP-rebar). Постоянный рост числа публикаций в мировой научно-технической литературе о высокопрочной полимерной арматуре для бетонных конструкций, свидетельствует о перспективности этого материала и необходимости изучения его свойств для расширения областей применения [1,2].

На сегодняшний день наибольший объем производимой АКП занимает арматура стеклокомпозитная (АСК) – это связано с доступностью химически стойкого стеклянного ровинга. Однако АСК обладает существенным недостатком – модуль упругости 50 ГПа, что в 4 раза ниже, чем у стальной арматуры. Предлагаемое решение проблемы – это создание гибридной композитной арматуры на основе стеклянных и углеродных волокон с нано-модифицированным полимерным связующим.

Целью НИР является разработка композитной полимерной арматуры с повышенными эксплуатационными характеристиками. Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач:

- обоснование возможности получения АКП с повышенными эксплуатационными характеристиками, а именно с повышенным модулем упругости и высокой стойкостью в щелочной среде бетона;
- подбор оптимального соотношения стеклянного и углеродного волокна, исследование характеристик экспериментальных образцов АКП;
- подбор нано-модификатора для эпоксидного связующего;
- изготовление и комплексное исследование физико-технических свойств экспериментальных образцов АКП;

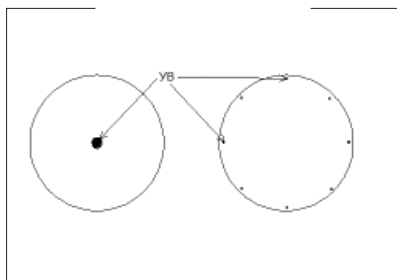
Арматура композитная полимерная относится к волокнистым композитам с однонаправленными непрерывными волокнами. К АКП применимы все закономерности композитов. Был произведен расчет теоретического модуля упругости АКП по теории разрушения композитов и правилу смесей [3, 4].

Согласно целям и задачам исследовательской работы на производственной линии ООО «НЦК» [5] были изготовлено 180 метров экспериментальных образцов гибридной композитной арматуры диаметром 12 мм. Для проведения сравнительных испытаний так же были отобраны образцы стеклокомпозитной арматуры (АСК) (рис. 1).

Рис. 1 - Образцы исследуемой АКП



Рис. 2 - Схемы распределения углеродных волокон по сечению композита: а) АКК-Ц б) АКК-К



В экспериментальных образцах 3,7% стеклянных волокон были замещены углеродными волокнами (УВ) с исходным модулем упругости 220 ГПа. Одна схема расположения, подразумевала расположение всех углеродных волокон по центру композита, обозначение данного вида арматуры АКК-Ц. Согласно второй схеме УВ были равномерно распределены по контуру (рис. 2.2), обозначение АКК-К.

Отбор исследуемых образцов осуществлялся по ГОСТ 31938-2012[6]. Определение геометрических размеров и физико-механических характеристик АКП проводили по ГОСТ 32492-2013[7]. Прочности бетона при сжатии определяли по ГОСТ 10180-2012[8].

В качестве основных характеристик для оценки свойств АКП были взяты геометрические размеры и физико-механические характеристики:

- номинальный диаметр, площадь поперечного сечения, плотность;
- предел прочности при осевом растяжении;
- модуль упругости при растяжении;
- относительное удлинение при разрыве;
- предельное напряжение при поперечном срезе;
- прочность сцепления стержней АКП с бетоном В25.

В ходе сравнительных испытаний установлено, что лучшие физико-механические показатели имеют образцы гибридной композитной арматуры с расположением углеродных волокон по контуру (АКК-К). В таблице 1 приведены сводные данные исследованных характеристик экспериментальных образцов АКК-К.

Таблица 1 – Физико-технические показатели АКК-К

№ п/п	Наименование	Показатели
1	Номинальный диаметр, мм	11,89
2	Площадь поперечного сечения, мм ²	111,05
3	Средняя плотность, кг/м ³	2046
4	Предел прочности при осевом растяжении, МПа	990-1100
5	Модуль упругости при растяжении, ГПа	61-62
6	Теоретическое значение модуля упругости при растяжении, ГПа	65
6	Относительное удлинение при разрыве, %	1,77
7	Предельное напряжение при поперечном срезе, МПа	180-190
8	Прочность сцепления стержней АКП с бетоном В25	12-13

На основании выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. Обоснована возможность получения АКП с повышенным модулем упругости и стойкостью к щелочной среде бетона, за счет разработки гибридной композитной арматуры на основе углеродных и стеклянных волокон.
2. Установлена зависимость для прогнозирования модуля упругости АКП. Теоретические значения сходятся с результатами испытаний с достоверностью 95-97%, это позволяет по полученной зависимости подбирать соотношения компонентов АКП с целью получения арматуры с заданными характеристиками.
3. Анализ результатов испытаний на растяжение образцов гибридной композитной арматуры показал, что при замещении стеклянных волокон углеродными в количестве 3,73% приводит к увеличению модуля упругости, причем при краевом расположении УВ модуль упругости увеличивается на 20% по сравнению со стеклокомпозитной арматурой.
4. Результаты испытаний при поперечном срезе показали увеличение предельного напряжения у гибридных образцов АКП, причем у образцов с центральным расположением углеродного волокна повышение на 2%, а у образцов с краевым расположением на 16%, в сравнении с образцами стеклокомпозитной арматуры, это говорит о целесообразности расположения УВ по контуру.
5. Введение углеродных волокон не повлияло на прочность сцепления стержней АКП с бетоном. Установлено, что при сцеплении с бетоном работает внешний эпоксидный слой и профиль АКП.
6. Установлено, что для модификации эпоксидного связующего наиболее эффективны нано- частицы меди и никеля.

Работа выполняется при финансовой поддержке «Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере», номер договора/соглашения №4559.

Список использованных источников

1. Степанова В. Ф., Степанов А.Ю., Жирков Е.П. Арматура композитная полимерная: книга. М.: Изд-во Бумажник, 2013. 200 с.
2. Степанова В.Ф., Фаликман В.Р. Перспективы применения композитов в бетоне и железобетоне: научные труды 3-ей всероссийской (2-ой

международной) конференции по бетону и железобетону. Москва: РАН, 2014. Том 3. с. 103-115.

3. Победря Б.Е. Механика композиционных материалов: книга. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. с. 336.

4. Фудзии Т. Дзако М. Механика разрушения композиционных материалов/ пер. с япон. С.Л. Масленникова под ред В.И. Бурлаева. М.: Мир. 1982. 232 с.

5. ТУ 2296-002-38276489-2013. Арматура композитная полимерная Monsterod. М. 23 с.

6. ГОСТ Р 31938-2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия. М.: Изд-во Стандартиформ, 2014., 33 с.

7. ГОСТ-32492-2013. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения физико-механических характеристик. М.: Изд-во Стандартиформ, 2014., 16 с.

8. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М.: Изд-во Стандартиформ, 2013., 35 с.

ДОКЛАДЧИК:

Казаринов Н.А.

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Новые материалы в экстремальных условиях. Эксперименты и моделирование

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Санкт-Петербургский государственный университет

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Казаринов Н.А.

ТЕЗИСЫ:

Тестирование материалов в условиях экстремальных нагрузок позволяет оценить применимость того или иного материала для проектирования конструкций, которые должны работать при сверхвысоких и сверхбыстрых нагрузках. Данные исследования также имеют фундаментальное значение, так как позволяют обнаруживать и исследовать новые физические эффекты. При этом компьютерное моделирование играет все более значимую роль для планирования экспериментов с целью повышения эффективности экспериментальных исследований.

ДОКЛАДЧИК:

Камалин Александр Владимирович
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка технологического процесса повышения износостойкости стакана подшипника газотурбинного двигателя методом микродугового оксидирования

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Открытое акционерное общество «Авиационный комплекс им. С. В. Ильюшина»

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Камалин Александр Владимирович

ТЕЗИСЫ:

Важнейшей характеристикой эффективного функционирования элементов ДЛА является сопротивление различным видам механического износа. Эти процессы износа характеризуются циклическим, контактно-статическим и объемными видами нагружения в широком диапазоне температур, сопровождаются изменением концентрации напряжений, развитием микротрещин (усталостью), разупрочнением, отслаиванием, перераспределением остаточных напряжений, фреттингкоррозией, и обусловлены явлениями, которые наиболее интенсивно протекают в поверхностных слоях (ПС) и являются основной причиной снижения работоспособности и долговечности деталей.

В данной лекции в качестве одного из эффективных и экономически целесообразных путей достижения высокой износостойкости рабочих поверхностей деталей ДЛА и ЭУ, а также элементов летательных аппаратов, изготавливаемых из «вентильных» металлов и их сплавов (Al, Ti, Zr, Mg и др.), рассматривается метод формирования оксидных керамических покрытий, с помощью технологии микродугового оксидирования (МДО).

Известно, что для авиационного производства характерно широкое использование оксидов алюминия и циркония для защитных покрытий, традиционно получаемых методами анодирования, плазменным напылением, методами вакуумных ионно-плазменных технологий. Но, как показывает сравнительный анализ, покрытия, получаемые методом микродугового оксидирования, обладают лучшими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками, особенно, по сравнению со штатно применяемой технологией анодирования. Несмотря на относительную простоту и перспективность, метод МДО пока не нашёл широкого применения в трибосопряжениях, используемых в ДЛА и ЭУ. Это объясняется тем, что не разработаны опытные технологии и не определены оптимальные режимы

формирования оксидных износостойких покрытий, соответствующих экстремальным условиям их эксплуатации в составе ДЛА и ЭУ, недостаточно изучены процессы, особенности и условия разрушения МДО покрытий при изнашивании. В связи с этим актуальность темы определяется: в научном плане – разработкой и исследованием способов МДО для получения композиционных керамических оксидов алюминия, стойких к различным видам износа; в практическом отношении — созданием технологий, позволяющих значительно повысить износостойкость ПС элементов, изготовленных из сплавов алюминия, обеспечить их заданный ресурс и надежность, а также решить ряд технологических и экологических проблем при разработке технологического оборудования. Цель лекции – знакомство с разработкой технологии повышения износостойкости композиционных керамических покрытий на основе оксида алюминия, получаемых методом микродугового оксидирования для элементов ДЛА и ЭУ.

Для достижения поставленной цели в лекции рассматриваются следующие аспекты:

1. Анализ различных технологий формирования покрытия на сплавах металлов «вентильной группы» и обоснование выбора метода микродугового оксидирования;
2. Проектирование установки микродугового оксидирования;
3. Разработка опытного технологического процесса повышения износостойкости детали и исследование результатов опытного технологического процесса;
4. Экономическая часть.

ДОКЛАДЧИК:

Кистанкина М.А.¹
(Kistankina M.A.)
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Люминофорные материалы на основе стеклокерамики для энергосберегающих светодиодов и светодиодных модулей
Glass-based phosphor materials for energysaving leds and led modules

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Университет ИТМО
(ITMO University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Кистанкина М.А.¹
(Kistankina M.A.)

ТЕЗИСЫ:

Высокая степень интеграции электронных и оптоэлектронных элементов в светодиодных устройствах, приводящая к уменьшению их размеров и увеличению плотности электрической и оптической мощности, требует решения ряда научно-практических задач, таких как: отвод избыточного тепла из светодиодной структуры, увеличение вывода света и квантовой эффективности. Одним из перспективных путей решения данных проблем является использование в качестве материалов первичной оптики в мощных светодиодных модулях образцов люминофорных материалов, основанных на стеклокерамической матрице. На данный момент специалисты предлагают различные методы синтеза таких люминофорных материалов [1-7]. В настоящем докладе мы представляем результаты исследований люминофорного материала, основанного на различных видах стеклокерамической матрицы.

В ходе проведенных исследований были разработаны две новые технологии синтеза люминофорного материала на основе матрицы свинцово-силикатного стекла $40\text{SiO}_2\text{-}25\text{PbO-}20\text{PbF}_2\text{-}15\text{AlF}_3$ или раствора жидкого стекла $\text{Na}_2\text{O}_7\text{Si}_3$, имеющей в своей структуре микрочастицы иттрий-алюминиевого граната, легированного ионами церия $3+$ (ИАГ:Ce $^{3+}$). Были проведены исследования морфологии поверхности, величины квантового выхода, а также оптических и термических свойств синтезированного композитного люминофорного материала. Для исследования применения полученных образцов в промышленно произведенных светодиодных лампах и сборках был специально сконструирован светодиодный модуль, имеющий в своей структуре в качестве материала первичной оптики образец синтезированного люминофорного материала. Были зарегистрированы суммарные спектры люминесценции разработанных светодиодных модулей, а также получены значения максимальной температуры нагрева поверхности исследуемого люминофорного материала.

В результате проведенных исследований можно заключить, что были успешно разработаны две технологии получения новых образцов композитного люминофорного материала на основе различных видов стеклокерамической матрицы с микрочастицами ИАГ:Ce $^{3+}$. Полученные образцы по своим оптическим и термическим свойствам не уступают промышленным образцам люминофоров на силиконовой основе. Было доказано, что полученный в ходе исследования люминофорный материал на основе стеклокерамической

матрицы перспективен для использования в элементах первичной оптики мощных белых светодиодных модулей и сборок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. S. Fujita, S. Tanabe. Opt. Mater 32, 886 (2010).
2. X. Yi, S. Zhou, C. Chen, H. Lin, et. al. Ceram. Intern. 2, 7043 (2014)
3. V.A. Aseev, V.V. Golubkov, E.V. Kolobkova, et. al. Glass Phys. Chem. 38, 212 (2012).
4. J.Y.Woo, J. Lee, N. Kim, et. al. World Acad. Sci. Eng. Technol. 6, 169 (2012).
5. C.C. Tsai, W.C. Cheng, J.K. Chang, et al. J. Disp. Technol. 9, 427 (2013).
6. M.A. Shvaleva, L.A. Nikulina, V.A. Aseev, et al. Optical Review. 21, 683 (2014).
7. L.Y. Chen, W.C. Cheng, C.C. Tsai, et al. Optical Express. 22(S3), 671 (2014).

ДОКЛАДЧИК:

Ковальский Сергей
Евгеньевич
(Kovalsky Sergey Eugenievich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Моделирование термодесорбционных процессов водорода в вольфраме
Simulation thermal desorption processes of hydrogen in tungsten

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ «МИФИ»)
(National Research Nuclear University
“MEPhI” (NRNU “MEPhI”))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Ковальский Сергей Евгеньевич
(Kovalsky Sergey Eugenievich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Данная работа посвящена изучению поведения водорода в вольфраме методами классической молекулярной динамики. Работа проводилась в два шага. Первым шагом был проведен поиск потенциала межатомного взаимодействия для системы W-H. Второй шаг заключался в разработке и тестировании схемы моделирования термодесорбционных процессов. Полученные данные обсуждены в свете имеющихся экспериментальных данных.

Annotation

This work was devoted to investigation of hydrogen behavior in tungsten by means of molecular dynamics techniques. In order to reach the goal, the work was divided into two steps. At the first one the choice and test of an interatomic potential for the system W-H was performed. At the second step we used the chosen potential to simulate thermo-desorption process. The obtained results are discussed in a view of existed experimental data.

Ключевые слова: водород; вольфрам; классическая молекулярная динамика; поверхностные эффекты; термодесорбция

Keywords: hydrogen; tungsten; molecular dynamics; surface effects; thermal desorption

1 Введение

Одной из основных проблем эксплуатации материалов в условиях облучения внутри термоядерных реакторов является накопление различных газов в объеме материала. Это может привести к снижению радиационной стойкости материала и ухудшению его механических свойств. В процессе горения плазмы вольфрам подвергается воздействию интенсивных потоков изотопов водорода (дейтерия и трития), а также облучению ионами гелия с энергией 3,5 МэВ и нейтронами с энергией 14,5 МэВ, возникающими в результате D-T термоядерной реакции.

Наиболее применяемым методом определения концентрации водорода в вольфраме, а также энергии выхода водорода из ловушек является метод термодесорбционной спектроскопии (ТДС). Однако интерпретация экспериментально наблюдаемых спектров ТДС и определение механизмов захвата газовых примесей ловушками как этим, так и другими экспериментальными методами представляют собой сложную и неоднозначную задачу. Поэтому, для описания поведения газовых примесей на атомарном уровне активно используются методы компьютерного моделирования.

Данная работа посвящена моделированию поведения водорода в вольфраме методами классической молекулярной динамики. Полученные результаты сравниваются с известными данными из литературных источников.

2 Методология

Для моделирования структуры и эволюции атомной системы используется метод молекулярной динамики. Для описания взаимодействия между атомами используется полуэмпирический метод. В данной работе используется трехчастичный потенциал Терсоффа-Абеля [1]. Для реализации данных методов использован программный продукт LAMMPS.

3 Результаты расчетов

3.1 Тестирование выбранного межатомного потенциала

Для расчетов с использованием программы LAMMPS параметры используемого потенциала должны быть заданы в специальном файле, который был создан самостоятельно на основе данных приведенных в работе [2]. На первом этапе была проведена оценка корректности выбранного потенциала, так как результаты моделирования существенным образом зависят от корректности задания параметров.

Сначала проверялась работа части потенциала, отвечающей за W-W взаимодействие. Для этого с помощью данного потенциала были посчитаны равновесный параметр решетки вольфрама, константы упругости, объемный модуль упругости. Далее была проверена часть потенциала, отвечающая за W-H взаимодействие. Для этого рассчитаны следующие параметры молекул WH, WH₂, WH₃: энергия когезии, длина связи и угол между связями Θ . В заключение, посчитана энергия растворения водорода в октаэдрической и тетраэдрической конфигурациях в кристалле вольфрама.

Рассчитанные величины совпадают с аналогичными данными работы [2], из чего можно заключить, что изготовленный файл потенциала адекватно воспроизводит данные исходной работы и пригоден к дальнейшему использованию.

3.2 Влияние свободной поверхности на свойства вольфрама

Для оценки эффекта влияния поверхности, была проведена релаксация решетки при наличии поверхности. Далее измерены межплоскостные расстояния в зависимости от расстояния от поверхности. При этом существенной реконструкции поверхности не наблюдается. Расчеты показывают, что существенному влиянию подвергаются только первый слой атомов, межплоскостное расстояние которого составило 1.45 Å при равновесном 1.582 Å. Расстояния между следующими слоями колеблются вокруг величины 1.58 Å, отклоняясь от равновесного значения не более чем на 0.01 Å.

В результате расчетов выявлено, что для проникновения водорода извне в приповерхностные слои вольфрама, требуется преодолеть энергетический барьер в 1.04 эВ. С другой стороны, водород, накопленный в объеме материала, имеет тенденцию аккумулироваться в зоне второго слоя, в которой ему энергетически выгодно находиться.

3.3 Моделирование процессов термодесорбции водорода из вольфрама

При моделировании термодесорбционных процессов в качестве референтного эксперимента использовались данные [3]. В данном эксперименте образец из вольфрама (чистота 99.95%) облучался пучком D₂ с энергией 8 КэВ и флюенсом 1×10^{21} D₂/м². Затем происходил нагрев от температуры 300K до температуры 1400K со скоростью 1 K/c.

Для моделирования профиля имплантации дейтерия в решетку при заданном флюенсе и энергии была применена программа SRIM (The Stopping and Range of Ions in Matter). Расчетный профиль распределения атомов водорода по глубине образца представлен на рисунке 3.1(а)

Исходя из профиля проникновения и обеспечения компромисса между эффективностью расчетов и как можно большей площадью поверхности, выбрана расчетная ячейка размером 20x20x250 атомных ячеек (63.3x63.3x797.57Å). Представленный на рисунке 3.1(а) профиль залегания дейтерия был интерполирован функцией, которая использовалась для задания вероятности помещения водорода на ту или иную глубину при заполнении решетки вольфрама атомами водорода.

Зависимость числа атомов водорода от глубины в расчетной ячейке представлена на рисунке 3.1(б). Можно видеть, что она хорошо воспроизводит профиль проникновения дейтерия внутрь вольфрама, показанный на рисунке 3.1(а).

Для моделирования диффузии водорода и выхода его из расчетной ячейки за разумное достижимое время моделирования применяется моделирование при повышенной температуре. В данном случае оценка температуры моделирования проводилась исходя из того, что время ожидаемого критического процесса (выход водорода из вакансии) не превышало 100 пикосекунд.

Согласно оценке, необходимая температура равна ~1850 K. Поэтому, выбранная схема моделирования термодесорбции состояла из нагрева системы до 1850 K, а затем выдержки при этой температуре в течение длительного времени (до нескольких наносекунд).

На рисунке 3.2 показаны результаты моделирования стадии нагрева расчетной ячейки до 1850 K.

Как видно из представленных результатов, в процессе нагрева в расчетной ячейке образуются поры, которые при дальнейшем нагреве разрастаются.

Рис. 1 - Профили заполнения водородом в эксперименте[3] и расчетной ячейке

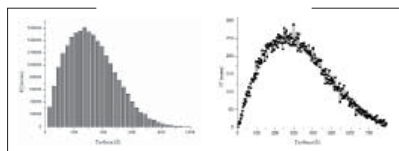


Рис. 2 - Результаты моделирования процесса нагрева расчетной ячейки

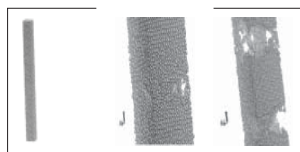
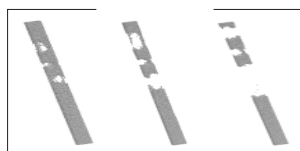


Рис. 3 - Состояние системы при температуре 1850 K на различном времени выдержки



Последующая выдержка расчетной ячейки при 1850 К в течение 100 пс приводит к ее разрушению и отслоению двух слоев вольфрама от остального материала. Результирующее состояние системы отображено на рисунке 3.3. В целом режим разрушения напоминает блистеринг. Однако в описанном эксперименте блистеринг и образование крупных пор не наблюдались.

Данный эффект может быть вызван многократно превышающей достигнутой в эксперименте концентрацией водорода в объеме, слишком высокой температурой расчета, некорректной работой потенциала в данных условиях.

Для выяснения причин наблюдаемого эффекта была проведена проверка по каждому пункту. При проверке первых двух пунктов, было проведено моделирование при меньшей температуре (1300K), концентрации водорода (1.7%) а также их совокупности, однако, несмотря на уменьшение данных параметров, отслоение по-прежнему наблюдается.

Для проверки третьего пункта была проведена оценка энергии связи двух атомов водорода, находящихся на различном расстоянии друг от друга в тетраэдрических конфигурациях. В первых двух координационных сферах энергия связи двух атомов водорода составила 5 эВ. При такой энергии связи, сближение на расстояние меньше 1 Å вызывает образование устойчивого к разрыву комплекса атомов водорода. При дальнейшем росте водородного комплекса, связи между атомами вольфрама оказываются разорванными, и получается эффект, показанный на рисунках 3.1-3.3.

Следовательно, несмотря на полезность данного потенциала для систем с низкой концентрацией водорода, где атомы водорода практически не взаимодействуют друг с другом, при увеличении концентрации водорода в объеме вольфрама он становится неприменим. Из проведенных расчетов следует, что данный потенциал малопригоден для моделирования процессов термодесорбции водорода из вольфрама.

Дополнительный поиск по литературе позволил обнаружить новую работу [4], где действительно был продемонстрирован эффект кластеризации атомов водорода при его высокой концентрации в объеме вольфрама при использовании потенциала из работы [2]. Одновременно было показано, что потенциал, описанный в работе [5], не приводит в аналогичных условиях к нефизической кластеризации водорода. Поэтому в дальнейшем мы планируем провести тестирование потенциала [5] для моделирования нашей задачи.

Выводы

В данной работе было произведено численное исследование поведения водорода в решетке вольфрама с целью моделирования эффектов термодесорбции водорода из вольфрама. В работе получены следующие результаты:

1. Тестирование работы потенциала, как на системе вольфрам-вольфрам, так и на системе вольфрам-водород показало правильность составления файла потенциала.
2. Показано, что влияние поверхности на межплоскостное расстояние слабое и ограничивается только первым слоем. На более глубоких слоях расстояние колеблется вокруг равновесного с отклонением не более 0.01 Å;
3. Выявлено, что из рассчитанной энергии растворения водорода следует, что на расстояниях до 6.35Å водороду энергетически выгодно уходить на поверхность, при этом потенциальные барьеры на пути к поверхности у водорода отсутствуют;
4. Показано, что при использовании тречастичного потенциала терсоффа-абеля в вольфраме может наблюдаться эффект блистеринга. Данный эффект является результатом нефизично высокой энергии связи двух атомов водорода, которую дает данный потенциал (5 эВ).

Использованная литература

1. Tersoff J., Phys Rev B 1998. –Vol.37, –P.6991.
2. Juslin N., Erhart P., Träskelin P., Nord J., Henriksson K. O. E, Nordlund K., Salonen E., and Albe K. , Analytical interatomic potential for modeling nonequilibrium processes in the W–C–H system, Journal of Applied Physics 2005.–Vol. 98.– P.123520.
3. Iwakiri H., Morishita K., Yoshida N., Effects of helium bombardment on the deuterium behavior in tungsten, J. Nucl. Mater. 2002 – Vol.307–311 – P.135–138.
4. Cusentino M. A., Hammond K.D., Sefta F., Juslin N., Wirth B.D., A comparison of interatomic potentials for modeling tungsten–hydrogen–helium plasma–surface interactions J. Nucl. Mater., 2015 – Vol.463 – P.347-350.
5. Xiao-Chun Li, Xiaolin Shu, Yi-Nan Liu, F. Gao, Guang-Hong Lu, Modified analytical interatomic potential for a W–H system with defects, J. Nucl. Mater. 2015 – Vol.408 – P.12–17.

ДОКЛАДЧИК:

Крылов Анатолий Анатольевич
(Krylov Anatoly Anatolevich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Тверской государственный
университет
(Tver State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Крылов Анатолий Анатольевич
(Krylov Anatoly Anatolevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Использование пленки полианилина в качестве рабочего тела актуатора, а также для окислительно-восстановительного сенсора непосредственного отсчета

Using polyaniline films as the working fluid of the actuator, and to a redox sensor readout directly

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

ОВ сенсоры широко используются в аналитической практике. В основном, они работают на принципах ионометрии, то есть с использованием в качестве индикаторных индикаторов из инертных(благородных) металлов. Отклик этих сенсоров в значительной степени определяется не только ОВ потенциалом, но и процессами комплексообразования, с участием металла сенсора. Чтобы избежать искажений измеряемых параметров необходимо использовать иной механизм отклика

Annotation

RH sensors are widely used in analytical practice. In general, they work on the principle ionometrii, that is, using as indicator of indicators of inert (noble) metals. The response of these sensors is largely determined by not only the potential of RH, but also the process of complexation, with metal sensor. To avoid distortion of the measured parameters is necessary to use a different mechanism of response

Ключевые слова: полианилин; актуатор; ОВ сенсор; прямой отсчёт; электропроводные полимеры

Keywords: polyaniline; actuator; RH sensor; direct counting; conductive polymers

Для выяснения возможности использования в качестве рабочего тела сенсора полианилина мы провели, методом математического моделирования расчет конформаций молекулы полианилина при различных степенях окисленности. Расчет производился в программе Chem3D с использованием алгоритма PM3. Известно, что степень окисленности полианилина определяется соотношением $(1-y)/y$.

Для упрощения расчета мы использовали молекулу полианилина длиной 7 элементарных звеньев. Полианилин был допирован хлорид анионами. При этом степень окисленности варьировалась от 0 до 1. Результаты расчета представлены на рис. 1

Как видно из рисунка на пространственное расположение группировок полимерной цепи сильное влияние оказывает степень окисленности последнего. Причем, окисленная форма полианилина имеет строение близкое к линейному, а восстановленная – зигзагообразную структуру. Это в конечном итоге будет способствовать изменению геометрических размеров пленки полимера под воздействием окисления и восстановления. Многократно повторенные расчеты с другой длиной полимерной цепи подтвердили эту тенденцию. Поэтому, мы предположили, что полианилин можно использовать в качестве окислительно-восстановительного сенсора

Создание ОВ сенсора на основе полианилина

Для подтверждения этого предположения был нанесен слой полианилина с одной стороны платиновой фольги толщиной 0,15 мм и шириной 0,6 мм. Для нанесения слоя использовался метод циклической вольтамперометрии в несколько этапов(ЦВА) в интервале потенциалов от -200 до 1200 мВ в среде 1М соляной кислоты. Концентрация мономера 0,2М. Форма кривой ЦВА имела классический вид с постепенным увеличением катодных и анодных пиков, что свидетельствовало о росте пленки полианилина

Синтез прекращали после полных 20 циклов. Для исключения осаждения полианилина на противоположной поверхности платиновой фольги эта сторона была покрыта изоляционным лаком. В результате был получен сенсор, который мы использовали для изучения его электрохимических свойств, см. рис. 2.

Данная конструкция напоминает биметаллическую пластинку с той лишь разницей, что искривления происходят по действием электрического тока, а не температуры. Для наблюдения за поведением сенсора мы использовали 3-х электродную электрохимическую ячейку, состоящую из рабочего электрода, в качестве которого использовался сенсор, хлорсеребряного электрода сравнения и графитового вспомогательного электрода. Электрохимическая ячейка подключалась к потенциостату Elius Potentiostat P-8. Положение в пространстве рабочего края сенсора фиксировалось при помощи вебкамеры, совмещенной с микроскопом,

Рис. 1 - Результаты расчета конформаций модельной молекулы полианилина в зависимости от степени окисленности

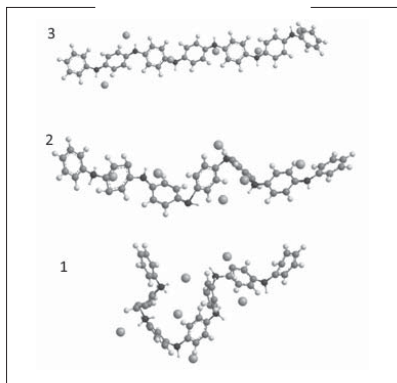


Рис. 2 - Устройство сенсора: 1 – сигнальный кабель, 2 – платиновая подложка, 3 – слой полианилина, 4 – изоляционный лак

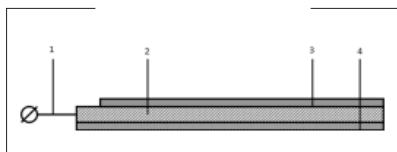


Рис. 3 - Изменение положения сенсора в зависимости от его потенциала, измеренного относительно хлорсеребряного электрода

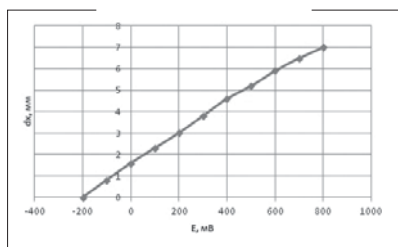


Рис. 4 - Зависимость искривления сенсора от pH

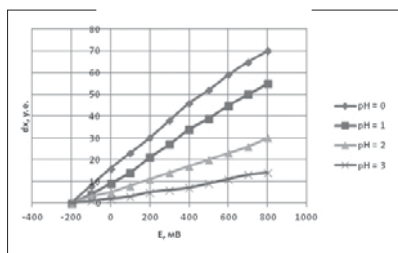


Рис. 5 - График зависимости гистерезиса от pH

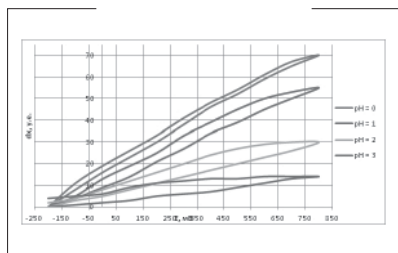
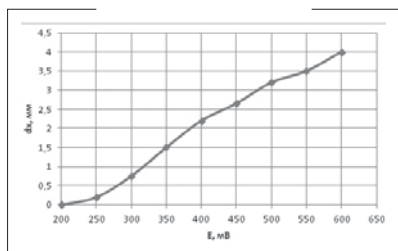


Рис. 6 - Отклик сенсора на изменение ОВ потенциала среды



имеющим проградуированную шкалу.

При изменении потенциала рабочего электрода наблюдалось изменение искривления его поверхности. Поскольку верхний конец сенсора был закреплен неподвижно, то достаточно было наблюдать за положением нижнего края последнего. Измерения проводились в режиме ЦВА. График зависимости изменения положения сенсора от его потенциала представлены на рис.3

Как видно из рис. 3 изменения носят циклический характер, причём отклонения имеют линейный характер. Многократное циклирование потенциала показало высокую воспроизводимость положения сенсора.

Свойства ОВ сенсора на основе полианилина

Известно что в реакциях окисления и восстановления ПАНИ принимает участие H^+ . Очевидно, что pH среды должен влиять на свойства ЭХА

Эксперимент заключался в измерении деформации ЭХА под действием электрического тока в среде с различными значениями pH. Величина pH контролировалась при помощи иономера, и создавалась при помощи HCl и NaOH необходимой концентрации. Измерение отклонения ЭХА проводили с использованием ЦВА. Было выяснено, что рабочим диапазоном pH является от 0 до 3 pH.

Несмотря на то, что актуатор перестает работать при pH более 3-х, но даже длительное пребывание при pH 11 не приводит к необратимой потере его работоспособности. Это хорошо согласуется с зависимостью электросопротивления полианилина от величины pH. Наибольшая амплитуда отклонения ЭХА была зарегистрирована при pH в интервале 0-1 pH. При увеличении pH амплитуда деформации ЭХА снижается. Была обнаружена линейная зависимость степени искривления ЭХА от его потенциала в одном и том же буферном растворе. Время отклика было менее 1 секунды. Также был обнаружен своеобразный гистерезис отклонения ЭХА в зависимости от направления изменения потенциала. Кроме того, на величину этого гистерезиса оказывает pH среды. Это явление имеет максимальную величину при pH 3, закономерно уменьшаясь до pH 0. Поэтому, для того, чтобы правильно измерить потенциал сенсора необходимо предварительно выдерживать его при потенциале например 0В, относительно хлорсеребряного электрода. В этом случае на измерении не будет сказываться эффект гистерезиса

Предложенный сенсор не теряет своих характеристик как при высушивании, так и при длительном (более 3 месяцев) хранении на воздухе. Пленка полианилина на его поверхности даже при небольших механических воздействиях сохраняет целостную структуру. Также не было замечено повреждения пленки при длительном использовании.

Изучение свойств сенсора в модельной буферной смеси Fe^{2+}/Fe^{3+}

Для проверки возможности использования данного сенсора в окислительно-восстановительных реакциях был поставлен эксперимент, в котором сенсор помещали в модельные буферные смеси Fe^{2+}/Fe^{3+} в среде 1М соляной кислоты с известным значением потенциала. Выбор данной смеси обусловлен тем, что значение потенциала легко найти по уравнению Нернста. Результаты эксперимента представлены на рисунке 6

Интересно отметить, что данный сенсор обладает своеобразным эффектом памяти, то есть после снятия потенциала положение отклонения сенсора не меняется. Таким образом вероятно можно разделить этап «измерения» и этап «считывания» показаний.

Проект выполняется при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере № договора 3703ГУ1/2014

ДОКЛАДЧИК:

Кутин Максим Алексеевич
(Kutin Maxim Alexeevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Новые безредкоземельные материалы для производства постоянных магнитов

New rare-earth free materials for permanent magnets production

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тверской государственный университет" (ФГБОУ ВО "ТвГУ")
(Federal State Budgetary Institution of Higher Education "Tver State university" (FSBI HE TvSU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Кутин Максим Алексеевич
(Kutin Maxim Alexeevich)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В настоящее время ведется активный поиск новых интерметаллических фаз, обладающих высокими значениями констант магнитокристаллической анизотропии, но не содержащих редкоземельных элементов. Метод механосинтеза с последующими термическими обработками позволяет получать метастабильные фазы на основе 3d- и 5d-элементов, которые могут найти применение при производстве нового поколения постоянных магнитов.

Annotation

Today active search of new rare earth free intermetallic phases with high values of magnetocrystalline anisotropy constants is carried out. Mechanical alloying followed by heat treatment allow to produce metastable phases based on 3d- and 5d-elements, which can be used in the production of a new generation of permanent magnets.

Ключевые слова: постоянные магниты; механосинтез; критические элементы; метастабильные фазы

Keywords: permanent magnets; mechanical alloying; critical elements; metastable phases

Введение.

Нарастающая потребность современной промышленности в энергоемких постоянных магнитах, как ожидается, будет расти и дальше, так как новые отрасли, например электромобили, ветровые турбины и магнитное охлаждение, скоро широко войдут в реальный сектор экономики. Современные энергоемкие магниты содержат легкие редкоземельные элементы, такие как неодим и/или празеодим, а также небольшое количество тяжелых редкоземельных элементов, диспрозия и/или тербия. Последние, в частности являются дефицитным и в нынешней экономической ситуации, возникшей на рынке редкоземельных материалов, рассматривается как критические [1]. Поэтому сейчас чрезвычайно важно вести поиск замещающих материалов для производства постоянных магнитов, которые (I) содержат меньше Dy, или (II) в которых полностью отсутствуют редкоземельные металлы.

Сплавы богатые железом и кобальтом являются очень перспективными кандидатами для безредкоземельных магнитных материалов для производства постоянных магнитов. Однако большинство из интерметаллических соединений железа и кобальта имеют кубическую кристаллическую структуру, что приводит к низкой магнитокристаллической анизотропии и, как следствие, к низкой коэрцитивной силе. Тем не менее, путем механосинтеза можно получить совершенно новые высоко анизотропные ферромагнитные фазы. Целью проведенного исследования стало определение оптимальных режимов механических и термических воздействий для формирования новых фаз TaFe₅, TaCo₅ и HfCo₅. Полученные знания будут использованы для поиска новых, высоко анизотропных, безредкоземельных магнитных фаз, которые будут представлять большой фундаментальный, а также практический интерес.

Методика эксперимента.

Для синтеза неравновесных метастабильных фаз соединений TaFe₅, TaCo₅ и HfCo₅ были объединены два метода: механосинтез и термические обработки. Образцы сплавов TaFe₅, TaCo₅ и HfCo₅ были произведены с помощью механосинтеза стехиометрической смеси железа и кобальта чистотой 99,99% и тантала и гафния чистотой 99,995%. Механическое легирование было произведено в высокоэнергетической шаровой мельнице Srex 8000 в течение 12 часов с использованием ювелирных шаров из нержавеющей стали. Аналогичная методика механосинтеза описана в работе [2]. Полученные порошки имели размер частиц 1 - 2 мкм. Для предотвращения окисления порошок был спрессован в гранулы в атмосфере аргона. Параметры кристаллической решетки механически легированных образцов были исследованы с помощью метода рентгеноструктурного анализа на установке ДРОН-3М. Элементный анализ проводился при помощи растрового электронного микроскопа JEOL JSM-6610LV. Термомагнитный анализ и измерения намагниченности были выполнены на вибрационном магнетометре LakeShore VSM 4100. Термические обработки выполнялись

с использованием трубчатой печи Carbolite TZF 15/610 в предварительно вакуумированных кварцевых ампулах.

Результаты исследований.

Главным препятствием на пути создания высокоэнергоемких постоянных магнитов на основе 3d-элементов является недостаточно высокие значения констант магнитокристаллической анизотропии и, следовательно, коэрцитивной силы. Для того, чтобы найти 3d-соединения с подходящей одноосной анизотропией, основное внимание должно быть сосредоточено на понимании природы высокой магнитной анизотропии в соединениях LaCo_5 и YCo_5 с гексагональной структурой типа CaCu_5 (La и Y немагнитные элементы, но соединение LaCo_5 обладает $K_1 = 7.8$ МДж/м³ при $T=4.2$ К, это означает, что столь высокая анизотропия объясняется особенностями электронной зонной структуры только 3d-электронов). Замена редкоземельных элементов, как La и Y в структуре RCo_5 другими безредкоземельными элементами (например, Ta) может открыть принципиально новый подход для поиска фаз с высокой магнитной анизотропией. Общая причина низкой магнитокристаллической анизотропии 3d-соединений является низкое значение константы спин-орбитального взаимодействия. В общем случае, константа спин-орбитального взаимодействия $\sim Z^2$, где Z является атомным номером. То есть, 3d элементы слишком легкие для того, чтобы быть сильно анизотропными. Очевидным решением является объединение 3d-элементов с более тяжелыми переходными элементами, такими как 4f или 5d. Так как наша цель в настоящем исследовании найти новые фазы для производства постоянных магнитов без 4f-элементов, мы кратко рассмотрим вторую возможность, т.е. 3d-5d соединения. Многообещающие результаты были получены для соединения FePt с тетрагональной $L1_0$ структурой [3]. Высокие значения энергии анизотропии были обнаружены, пока только в теоретических предсказаниях, в димерах CoIr [4]. Конечно, и Pt и Ir слишком дороги для производства на их основе постоянных магнитов. Жизнеспособной альтернативой могло бы стать замещение их на Ta или W [5, 6].

Конечная цель настоящего исследования стала синтезировать путем механосинтеза с последующими термическими обработками соединений TaFe_5 , TaCo_5 и HfCo_5 со структурой типа CaCu_5 . Эти интерметаллические соединения не существуют в природе, но в соответствии с теоретическими расчетами с использованием пакета WIEN2k, структура CaCu_5 может быть стабилизирована под высоким давлением, вызванным ультразвуковыми деформациями в высокоэнергетических мельницах.

На рисунке 1 представлены фотографии образцов сплавов TaFe_5 , TaCo_5 и HfCo_5 после размолва. Как видно, двенадцатичасовой размол приводит к полному растворению элементов друг в друге. Результаты рентгенофазового анализа так же подтверждают это (см. рисунок 2).

Анализ полученных рентгенограмм показывает, что после размолва образцы имеют сильно дефектную структуру и в них не обнаруживается присутствие 5d-элементов (Hf и Ta), которые полностью растворены в кристаллической решетке 3d-элементов (Co и Fe). Исследования, проведенные на растровом электронном микроскопе, подтвердили сохранение первоначальной стехиометрии 1:5 после механосинтеза. Измерения магнитных свойств образцов после размолва не выявило формирование новых метастабильных фаз с высокими значениями коэрцитивной силы, поэтому далее были проведены термические обработки и определены оптимальные режимы отжига для максимизации магнитных характеристик и стабилизации новых фаз.

На рисунке 3 представлены результаты термомагнитного анализа для образцов сплавов TaFe_5 , TaCo_5 . Как видно из графиков, при температуре 530°C происходит декомпозиция образцов.

После этого была проведена серия коротко временных (10 минут) высокотемпературных отжигов всех образцов. Результаты проведения термических обработок представлены на рисунке 4. Как видно с увеличением температуры отжига с 600°C до 900°C - 1100°C приводит к увеличению коэрцитивной силы. Для каждого состава был определен оптимальный режим отжига путем варьирования температуры и времени. Анализ рентгеноструктурных исследований показывает формирование дополнительных интерметаллических фаз. Однако для определения их химического состава требуются дальнейшие исследования. Установлено, что высокотемпературные кратко временные отжики приводят к формированию интерметаллических фаз с увеличенными значениями коэрцитивной силы: для HfCo_5 $H_C=500$ Э после отжига при температуре 1100°C в течение 5 минут; для TaFe_5 $H_C=250$ Э после отжига при температуре 800°C в течение 10 минут; для TaCo_5 $H_C=300$ Э после отжига

Рис. 1 - Фотографии образцов сплавов HfCo_5 (а), TaFe_5 (б) и TaCo_5 (в) после механосинтеза

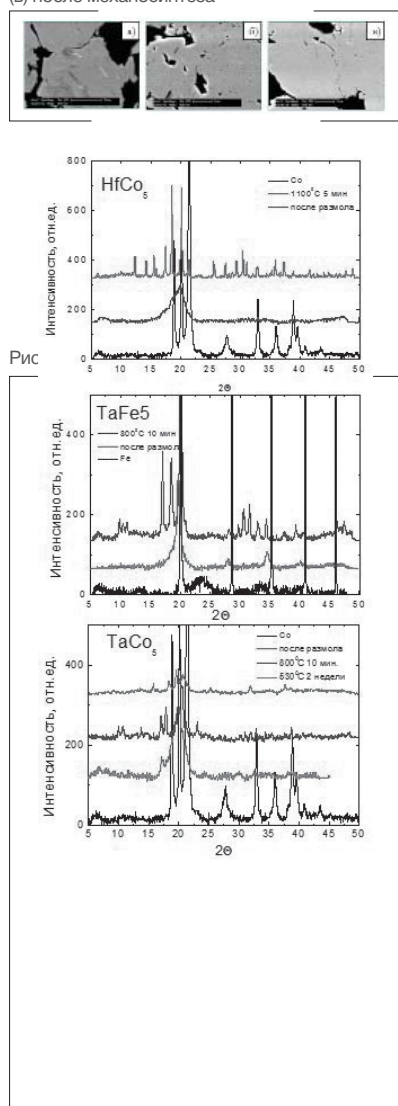


Рис. 3 - Температурные зависимости намагниченности образцов сплавов TaFe5 и TaCo5

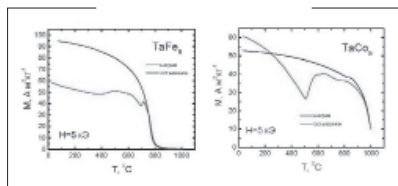
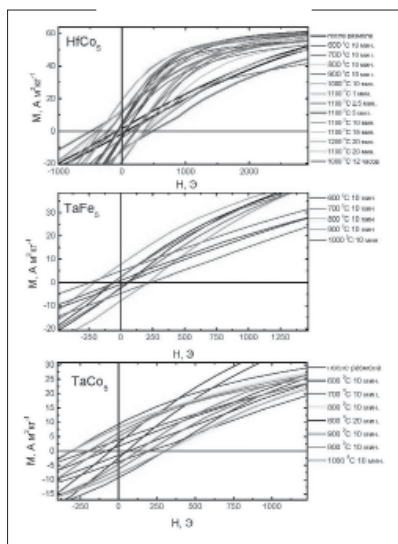


Рис. 4 - Петли гистерезиса для образцов HfCo5, TaFe5 и TaCo5, подвергнутых термическим обработкам



при температуре 900°C в течение 10 минут.

Выводы.

Методом механосинтеза синтезированы порошковые образцы сплавов TaFe5, TaCo5 и HfCo5. Определен оптимальный режим механических обработок для получения гомогенных материалов: время размолта 12 часов, соотношение масс шаров и материала 10:1.

Анализ результатов рентгеноструктурного анализа показал, что после размолта образцы имеют сильно дефектную структуру и в них не обнаруживается присутствие 5d-элементов (Hf и Ta), которые полностью растворены в матрице 3d-элементов (Co и Fe).

Установлено, что длительные отжиги при температурах выше 530°C приводят к декомпозиции образцов. Высокотемпературные кратко временные отжиги приводят к формированию интерметаллических фаз с увеличенными значениями коэрцитивной силы: для HfCo5 $H_c=500$ Э после отжига при температуре 1100°C в течение 5 минут; для TaFe5 $H_c=250$ Э после отжига при температуре 800°C в течение 10 минут; для TaCo5 $H_c=300$ Э после отжига при температуре 900°C в течение 10 минут.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых №14.Z56.15.3775-MK.

Список литературы.

1. Gutfleisch O., Willard M.A., Brück E., Chen C.H., Sankar S.G., Ping Liu J. Magnetic Materials and Devices for the 21st Century: Stronger, Lighter and More Energy Efficient / Adv. Mater. 2011. V. 23. P. 821–842.
2. J. O. Jensen and N. J. Bjerrum, Systematic B metal substitution in CaNi5 / Journal of Alloys and Compounds. Vol. 293-295. 1999. pp. 185-189
3. J. Lyubina, I. Opahle, K.-H. Müller, O. Gutfleisch, M. Richter, M. Wolf, and L. Schultz, J. Magnetocrystalline anisotropy in L10 FePt and exchange coupling in FePt/Fe3Pt nanocomposites / Phys.: Condens. Matter. 2005. V. 17. P. 4157.
4. R. Xiao, M.D. Kuz'min, K. Koepf, and M. Richter Colr-carbon complexes with magnetic anisotropies larger than 0.2 eV: A density-functional-theory prediction / Appl. Phys. Lett. 2010. V. 97. P. 232501.
5. T. Andersen and W. Hübner Substrate effects on surface magnetism of Fe/W(110) from first principles / Phys. Rev. B. 2006. V. 74. P. 184415.
6. A. Kashyap, P. Manchanda, P.K. Sahota, R. Skomski, J.E. Shield, and D.J. Sellmyer Anisotropy of W in Fe and Co / IEEE Trans. Magn. 2011. V. 47. P.3336.

ДОКЛАДЧИК:

Кутузов Дмитрий Сергеевич
(Kutuzov Dmitry Sergeevich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Тверской государственный
университет
(Tver State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Кутузов Дмитрий Сергеевич
(Kutuzov Dmitry Sergeevich)
Колесников Александр Игоревич
Гречишкин Ростислав Михайлович
Каплунов Иван Александрович
Третьяков Сергей Андреевич

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка метрологических основ контроля оптической однородности кристаллов с помощью лазерной коноскопии
Development of the metrological basis for crystal optical uniformity control by the method of laser conoscopy

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Путем сравнения экспериментальных и расчётных изображений изохром оптических кристаллов, полученных путём компьютерного решения точного уравнения изохром, дана оценка вариаций показателей преломления обыкновенных и необыкновенных волн, обусловленных аномальными механическими напряжениями.

Annotation

An estimate of the refraction index variations of ordinary and extraordinary rays of optical crystals due to anomalous mechanical stresses is given making use of the comparison between experimental and computer calculated isochrome patterns.

Ключевые слова: метод коноскопии, изохромы, одноосные кристаллы, двуосные кристаллы, парателлури́т, ниобат лития, аномальная двуосность, акустооптическое устройство, пьезооптический эффект

Keywords: method of conoscopy, isochromates, uniaxial crystals, biaxial crystals, paratellurite, lithium niobate, anomalous biaxiality, acousto-optic device, piezooptic effect

Введение.

Метод коноскопии более 150 лет используется при исследовании прозрачных, оптически анизотропных кристаллов в сходящемся (или расходящемся) линейно поляризованном свете.

Коноскопия является весьма чувствительным методом диагностики, дефектоскопии и метрологии монокристаллов, применяемых в оптике.

Высокая чувствительность изохром к дефектам структуры и оптическим аномалиям кристаллической структуры делает метод коноскопии перспективным для контроля оптического качества кристаллов и оптимизации технологии выращивания кристаллов с целью получения максимальной однородности материала.

Метод коноскопии основан на анализе и интерпретации вида получаемых интерференционных картин. Следовательно, необходимы точная физическая теория и соответствующий точный математический аппарат, позволяющий по известным параметрам рассчитать форму изохром для заданного кристалла. Однако, анализ известных работ по кристаллооптике показывает, что при выводе и решении уравнений изохром даже одноосных кристаллов применяются приближенные методы расчета, искажающие истинную форму изохром.

Проблема заключается в том, что результаты приближенных расчетов используются в метрологии и дефектоскопии при определении качества выращенных кристаллов и изделий, изготавливаемых из этих кристаллов.

Такие упрощенные представления о теоретически возможных формах изохром могут приводить к неверным оценкам оптической однородности кристаллов (например, о наличии в них оптических аномалий [4]) и ошибочным выводам о дефектности изготовленных из них устройств.

Целями настоящей работы являлись:

1. Совершенствование математического аппарата метода коноскопии на примере получения точных соотношений, описывающих форму интерференционных линий (изохром) в коноскопических картинах одноосных кристаллов.
2. Исследование оптической однородности крупногабаритных кристаллов ниобата лития и парателлурита методом лазерной коноскопии.
3. Расчет изменений показателей преломления и оценка механических напряжений в объемах кристаллов, в которых наблюдаются искажения теоретической формы изохром.

Методы и материалы.

Уравнение изохром одноосных кристаллов.

Наиболее точное из приближенных математическое описание формы изохром в коноскопических картинах одноосных кристаллов дано работе М. Борна[8]. В ней использовано минимальное число упрощений, в результате которых изохромы одноосных кристаллов должны представлять

собой кривые четвертого порядка. В более современных работах сделаны дополнительные упрощения, которые при расчетах дают для формы изохром только кривые второго порядка (окружности, эллипсы и гиперболы) [3,6]. При этом рассматриваются только два частных случая – оптическая ось совпадает с нормалью к граням кристалла, и оптическая ось ортогональна нормали, – для которых результаты приближенных и точных расчетов совпадают.

На кафедре прикладной физики ТвГУ без каких-либо приближений выведено уравнение, которое можно назвать уравнением коноскопической картины одноосного кристалла [1,9]:

$$\begin{aligned} & \left(N_o^2 - N_e^2 \right) \left[\frac{Y \sin \psi}{\frac{m \lambda \sqrt{X^2 + Y^2 + f^2}}{h} + \sqrt{N_o^2 (X^2 + Y^2 + f^2) - X^2 - Y^2}} + \cos \psi \right]^2 = \\ & = N_o^2 \left[\frac{X^2 + Y^2 - N_e^2 (X^2 + Y^2 + f^2)}{\left(\frac{m \lambda \sqrt{X^2 + Y^2 + f^2}}{h} + \sqrt{N_o^2 (X^2 + Y^2 + f^2) - X^2 - Y^2} \right)^2 + 1} \right] \end{aligned} \quad (1)$$

Полученное без каких-либо приближений уравнение изохром одноосного кристалла (1) удобно для практических компьютерных расчетов формы изохром любых порядков при произвольных углах ψ между оптической осью и нормалью к поверхностям кристалла (являющейся осью конуса лучей, падающих на кристалл), а также для специальных исследований зависимостей формы изохром и всей коноскопической картины от толщины кристалла h , длины волны излучения λ , показателей преломления обыкновенного и необыкновенного лучей N_o и N_e и их вариаций ΔN_o и ΔN_e , от угла раствора конуса лучей, падающих на кристалл, т.е. от величины $A = 2\alpha_{\max}$ – удвоенного максимального угла падения (угловой апертуры осветительной системы), фокусного расстояния проекционной системы f , порядка максимума m (порядка изохромы), а также при исследованиях зависимостей вида коноскопических картин от всех остальных параметров опыта [1]. Для определения порядка кривых изохром, уравнение (1) приводят к каноническому виду:

$$\begin{aligned} & B_1 X^8 + B_2 X^6 Y^2 + B_3 X^6 + B_4 X^4 Y^4 + B_5 X^4 Y^2 + B_6 X^4 + B_7 X^2 Y^6 + B_8 X^2 Y^4 + B_9 X^2 Y^2 + \\ & + B_{10} X^2 + B_{11} Y^8 + B_{12} Y^6 + B_{13} Y^4 + B_{14} Y^2 + B_{15} = 0 \end{aligned} \quad (2),$$

откуда видно, что в общем случае изохромы не являются кривыми второго порядка и описываются уравнениями восьмого порядка.

Объекты исследования

Исследовалась оптическая однородность крупногабаритных монокристаллов ниобата лития (LiNbO_3) диаметром до 70 мм и парателлурита ($\alpha\text{-TeO}_2$) диаметром до 65 мм, выращенные способом Чохральского. Эти кристаллы широко применяются в акустооптике для изготовления светозвукопроводов в таких устройствах как модуляторы, дефлекторы и линии задержки в лазерных системах. Также они применяются в оптике и оптоэлектронике, а ниобат лития – ещё и как материал для пьезопреобразователей акустооптических устройств. Максимально возможная оптическая однородность этих кристаллов является необходимым условием для достижения требуемых характеристик соответствующих устройств.

Экспериментальная установка.

Экспериментальная установка для наблюдения коноскопических картин в лучах лазерного света включает лазер, коллиматор К, поляризатор Р, линзу Л1, преобразующую параллельный лазерный пучок в конический, анализатор А, проекционную линзу Л2 и полупрозрачный матовый экран Э за которым располагается цифровая камера, фиксирующая изображения изохром.

Применение лазера в качестве источника излучения позволяет получать изохромы высоких порядков, которые наиболее чувствительны к оптическим аномалиям, а также исследовать оптическую однородность в глубине массивных кристаллов без необходимости вырезания из них тонких образцов.

После предварительных расчетов с помощью уравнения (1) можно, комбинируя сочетания угловой апертуры осветительной системы А, фокусного расстояния проекционной системы f и длины волны используемого излучения λ , получить максимально информативную коноскопическую картину крупногабаритного кристалла с известной

толщиной h и известными показателями преломления N_0 и N_e [1].

Описание результатов.

Компьютерное моделирование формы изохром одноосного кристалла в зависимости от угла между нормалью к граням одноосного кристалла и его оптической осью, проведенное в программном пакете Maple на основе точного уравнения изохром, показывает, что в случае совпадения нормали к граням кристалла с его оптической осью ($\psi=0$), изохромы имеют вид окружностей. Это согласуется с результатами приближенных методов расчета изохром и экспериментальными коноскопическими картинами. Однако, при увеличении данного угла форма изохром изменяется и вместо окружностей сначала возникают кривые «яйцеобразной» формы, сходные с эллипсами и овалами, не симметрично вложенными друг в друга. При промежуточных значениях углов от $0^\circ < \psi < 90^\circ$, изохромы напоминают некоторые кривые четвертого порядка – кардиоиды и улитки Паскаля.

При углах ψ близких к 90° изохромы имеют вид кривых, напоминающих гиперболы. Однако это не гиперболы, поскольку на симметричных относительно оси Y ветвях кривой отчетливо наблюдаются точки перегиба. Полученные результаты опровергают выводы приближенных расчетов (например, из [6]) о том, что изохромы идеальных одноосных кристаллов являются кривыми только второго порядка, поэтому появление в экспериментальных коноскопических картинах одноосных кристаллов изохром порядка выше второго (например, в [2, 4]) физически обосновано.

Анализ изломов линий изохром в коноскопических картинах позволяет выявить наличие в кристалле областей с резко измененными показателями преломления (свилы) и с помощью точного уравнения изохром численно оценивать вариации показателей преломления и величину механических напряжений в области свилы.

Численные оценки величины механических напряжений в области свилы в кристалле парателлурита дают достаточно большие значения механических напряжений порядка 10 – 20 МПа. Это должно служить поводом для изучения причины возникновения свилей и мотивом для оптимизации технологий выращивания парателлурита из расплава[1].

Аномальная двуосность, возникающая в теоретически одноосных кристаллах вследствие остаточных послеростовых механических напряжений, характеризуется углом аномальной двуосности, который может быть определен путем измерения расстояния между точками выхода наведенных осей на коноскопической картине. Зная угол аномальной двуосности, можно оценить остаточные механические напряжения в кристалле.

Анализ аномальной двуосности в кристаллах парателлурита и ниобата лития показывает, что, при выращивании данных кристаллов методом Чохральского, остаточные механические напряжения распределены таким образом, что аномальная двуосность убывает по радиусу от боковой цилиндрической поверхности були кристалла, где угол аномальной двуосности достигает максимальных значений до $1,5^\circ - 2^\circ$, к центральной осевой части кристалла, где угол аномальной двуосности достигает приемлемой для оптических материалов величины $15' - 20'$ [5].

Выводы.

Высокая чувствительность изохром к дефектам структуры и оптическим аномалиям материала в коноскопических картинах одноосных кристаллов делает метод коноскопии перспективным для контроля оптического качества кристаллов, применяемых в акустооптике. Представленный математический аппарат, разработанный при выводе уравнения изохром одноосных кристаллов, позволяет точно численно описывать коноскопические картины и правильно интерпретировать отклонения от них в реальных кристаллах. Среди таких возможностей – определение вариаций показателей преломления и величин механических напряжений в объемах кристаллов с аномалиями.

Развитие метрологии оптической однородности кристаллов с помощью лазерной коноскопии должно включать разработку точного математического аппарата для описания изохром двуосных кристаллов, усовершенствования коноскопических оптических схем, в том числе, наиболее перспективных, в которых источниками излучения являются лазеры, автоматизацию процессов позиционирования и перемещения кристаллов и разработку алгоритмов для компьютерной обработки изображений изохром, позволяющей получать информацию об оптической однородности локальных объемов, расположенных послойно по глубине материала крупногабаритного кристалла[1].

Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса

России на 2014-2020 годы».

Соглашение от « 21 » октября 2014 г. № 14.574.21.0113.

Список литературы

1. Айдинян Н. В., Арямин Е. Е., Морозова [и др.] Изохром в коноскопических картинах одноосных кристаллов при произвольных ориентациях нормали относительно оптической оси // Вестник ТвГУ. Серия «Физика». – Тверь, 2014. Выпуск 3. – С. 38 – 65.
2. Архипова Н.А., Молчанов В.Я., Воронцова Е.Ю. [и др.] Изохром в однородных кристаллах в виде кривых порядка выше второго // Вестник ТвГУ. Серия «Физика». – 2009, №7 (11). – С. 23 -26.
3. Гречушников Б.Н., Желудев И.С., Залесский А.В. [и др.] Современная кристаллография. Т.4. Физические свойства кристаллов. М.: Наука, 1981. – 496 с.
4. Колесников А.И., Каплунов И.А., Гречишкин Р.М. [и др.] Исследование формы изохром в коноскопических картинах одноосных кристаллов // Успехи прикладной физики, 2013, том 1, № 4. – С. 410 – 414.
5. Морозова К. А., Каплунова Е. И., Шмелева Е. В. [и др.]. Изучение оптической однородности кристаллов ниобата лития и парателлурита методом коноскопии // Вестник ТвГУ. Серия «Физика».. – Тверь, 2014. Выпуск 3. – С. 66 – 83.
6. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1979. – 640 с.
7. Татарский В. Б. Кристаллооптика и иммерсионный метод исследования минералов. М., 1965. – 308
8. Born Max, Wolf Emil. Principles of optics. //New York.: Pergamon press. 1985. P. 640-648.
9. Kolesnikov A.I., Kaplunov I.A., Tretyakov S.A., Grechishkin R.M. et al, Isochromes in Conoscopic Patterns of Uniaxial Crystals under Normal's Random Orientation in Relation to Optical Axis // Research Journal of Applied Sciences, 9(12),2014, p. 1134-1142.
10. Shim Ya, Mamedov N., et al, Numerical and experimental approbation of extended application of light figures. // Journal of Applied physics. 2002. V.91, №7. P.4110-4113.

ДОКЛАДЧИК:

Ларин С.В.

Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование свойств нанокompозитов на основе термопластичных полимеров с использованием атомистической молекулярной динамики

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Ларин С.В.

С.Г. Фалькович

В.М. Назарычев

Х.М. Кенни

С.В. Люлин

ТЕЗИСЫ:

Разработка новых композитов с улучшенными механическими, термическими, оптическими и электрическими свойствами в настоящее время является передовым направлением в области науки о материалах. Постоянно растущий спрос на новые композиты наблюдается в машиностроении, авиакосмической, автомобильной и судостроительной отраслях, а также в области биомедицины.

Одним из наиболее интересных классов композиционных материалов являются полимерные нанокompозиты. В качестве матрицы в этих материалах используются полимеры различных классов, наполненные наночастицами, например, углеродными нанотрубками, графеном, фуллеренами. Благодаря высокой удельной площади поверхности наночастиц введение даже небольшого их количества в полимерную матрицу приводит к существенным изменениям свойств конечного материала. Огромную роль в этом играет изменение микроструктуры полимера, происходящее при добавлении частиц нанонаполнителя. В частности, углеродные наночастицы могут выступать в качестве нуклеантов кристаллизации полимеров, что приводит к значительным изменениям механических и термических свойств нанокompозитов.

Создание новых полимерных нанокompозитов требует учета всех факторов, влияющих на свойства конечных материалов, включая изменение микроструктуры полимерной матрицы. В связи с этим необходимо детальное исследование влияния различных наночастиц на структуру полимеров, которые могут использоваться в качестве матриц при создании нанокompозитов, и взаимосвязи структуры полимерной матрицы в нанокompозите с его свойствами.

Компьютерное моделирование методом молекулярной динамики с использованием полноатомных моделей исследуемых систем является одним из наиболее прогрессивных методов изучения молекулярных механизмов, приводящих к изменению свойств нанокompозиционных материалов при введении частиц наполнителя в полимерную матрицу. Также этот метод позволяет на молекулярном и атомарном уровнях исследовать особенности структурного строения полимерных матриц в нанокompозитах, и определять взаимосвязь структуры нанокompозитов

с их эксплуатационными свойствами, в том числе механическими и термическими.

В нашей работе с использованием компьютерного моделирования методом атомистической молекулярной динамики на микросекундном масштабе времен выполняется исследование нанокомпозитов на основе термопластичных полимеров (преимущественно полиимидов) с углеродными наполнителями: углеродными нанотрубками и графеном. Обнаружено, что в зависимости от химической структуры полиимидов углеродные нанонаполнители могут инициировать формирование упорядоченных структур в полимерной матрицы, которые можно рассматривать в качестве начального этапа кристаллизации полимера. При этом наблюдается существенное изменение механических свойств нанокомпозита, как при растяжении, так и при сдвиговой деформации образцов. Показано, что основным фактором, влияющим на изменение свойств нанокомпозита, является, прежде всего, изменение структуры полимерной матрицы по сравнению с ненаполненными образцами полимеров. В частности, формирование упорядоченных структур в полимерной матрице нанокомпозита приводит к существенной анизотропии механических свойств материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (государственный контракт № 14.Z50.31.0002). Моделирование выполнено с использованием вычислительных ресурсов кластеров ИВС РАН, кластеров «Ломоносов» и «Чебышев» МГУ им. М.В. Ломоносова.

ДОКЛАДЧИК:

Лукьянов А.В.
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Наноструктурные сплавы TiNi полученные ИПД: измельчение структуры и перспективные свойства

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Институт физики перспективных материалов УГАТУ

Институт физики металлов УрО РАН

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Лукьянов А.В.
Гундеров Д.В.
Прокофьев Е.А.
Куранова Н.Н.
Пушин В.Г.
Валиев Р.З.

ТЕЗИСЫ:

Сплавы на основе никелида титана являются известными функциональными материалами с эффектами памяти формы (ЭПФ), обусловленными термоупругими мартенситными превращениями. Эти сплавы находят широкое применение в качестве функциональных материалов в технике и медицине в качестве имплантатов и различных медицинских инструментов [1, 2]. Перспективным направлением повышения служебных свойств различных металлов и сплавов, включая сплавы TiNi, является создание в них наноструктурного состояния методами ИПД [3].

В лекции пойдет речь о влиянии различных методов ИПД на формирование структуры и свойств сплавов TiNi. Показано, что прочность и функциональные свойства сплавов TiNi могут быть значительно улучшены благодаря формированию ультрамелкозернистой (УМЗ) и нанокристаллической (НК) структуры с использованием методов ИПД. В лекции подробно рассматриваются вопросы о влиянии таких методов ИПД как равноканальное угловое прессование (РКУП), интенсивная пластическая деформация кручением (ИПДК), комбинированная ИПД (РКУП с последующей холодной прокаткой) на структуру, механические и функциональные свойства сплавов TiNi. Также в лекции впервые отражены результаты по применению метода РКУП по схеме «Конформ» к сплавам TiNi. «Конформ» является весьма перспективной технологией для получения промышленных полуфабрикатов [4].

References:

1. V.N. Zhuravlev, V.G. Pushin. Alloy with thermomechanical shape memory and their application in medicine. Ekaterinburg: UrD of RAS. 2000. -151 p.
2. Pushin V.G., Valiev R.Z. The nanostructured TiNi shape memory alloys: new properties and applications. Sol. Stat. Phenomena. 2003. V. 94. P. 12-21.
3. R.Z. Valiev, D.V. Gunderov, A.V. Lukyanov, V.G. Pushin. Mechanical behavior of nanocrystalline TiNi alloy produced by SPD. Journal of Materials Science. – 2012. V. 47. Issue 22. pp. 7848-7853. doi: 10.1007/s10853-012-6579-8
4. Dmitry Gunderov, Aleksandr Lukyanov, Egor Prokofiev, Anna Churakova, Vladimir Pushin, Sergey Prokoshkin, Vladimir Stolyarov, Ruslan Valiev. Microstructure and mechanical properties of the SPD-processed TiNi alloys. Materials Science Forum. 2013. V. 738-739. pp. 486-490. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.738-739.486.

ДОКЛАДЧИК:

Лунёв Александр Александрович
(Lunev Aleksandr Aleksandrovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Сибирская государственная
автомобильно-дорожная
академия «СибАДИ» (ФГБОУ ВПО
«СибАДИ»)
(Siberian State Automobile
and Highway Academy)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Лунёв Александр Александрович
(Lunev Aleksandr Aleksandrovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Применение ЗШО для вертикальной планировки территорий и дорожного строительства на примере левобережной части г. Омска

Application coal ash and slag waste for leveling operation and road construction on the example of the left-Bank part the city of Omsk

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В данной статье поставлена проблема нехватки природных строительных материалов в границах города Омска и кратко рассмотрены результаты экспериментальных исследований свойств золошлаковых смесей тепловых электростанций.

В ходе исследования было выполнено сравнение результатов экспериментов и требований нормативной документации, благодаря чему обозначилась сфера возможного применения золошлаков.

Annotation

This article raises the problem of lack of natural building materials in Omsk and briefly present the results of experimental investigations the properties coal ash and slag mixtures from thermal power plants.

When writing this work was performed comparing of experimental results and the regulatory requirements thereby delineated the scope of the possible use of ash and slag waste.

Ключевые слова: золошлаки, золошлаковые отходы, отходы ТЭЦ, вертикальная планировка

Keywords: slag, ash and slag waste, CHP waste, leveling operation

Для дальнейшего развития города Омска необходимо порядка 40 млн. м³ грунтовых материалов для планировки заболоченных и подтопляемых участков в пойменной части реки Иртыш. На сегодняшний день изыскать такие объемы материалов на околгородской территории попросту нигде[1].

В данной работе рассмотрена возможность применения золошлаковых отходов(ЗШО) ТЭС для выполнения вертикальной планировки территорий и дорожного строительства на территории Омского левобережья.

Помимо недостатка пригодных грунтов, в Омске существует проблема переполнения отвалов ТЭЦ, на которых сконцентрировано свыше 60 млн. т золошлаковых отходов[2]. Наиболее рационально в такой ситуации рассмотреть возможность использования золошлаков из отвалов ТЭЦ в качестве альтернативы природным грунтам.

Золошлаковые смеси сравнительно новый, но перспективный материал для применения в дорожном и промышленно-гражданском строительстве. Основными требованиями, предъявляемыми к этим материалам, являются: химический состав; число потерь при прокаливании; класс опасности для окружающей среды; удельная эффективная активность естественных радионуклидов (УЭАЕР); степень пучинистости; кроме того, при выполнении строительных работ очень важен гранулометрический состав, а также прочностные и деформативные характеристики.

В химическом составе Омских ЗШС преобладают нерастворимые и слабо растворимые в воде вещества. Число потерь при прокаливании соответствует низкому содержанию горючих частиц по ОДМ 218.031.2.-2013[3].

На основании результатов определения хим. состава и числа потерь при прокаливании определялся класс опасности материала по степени негативного воздействия на окружающую среду. В ходе проведения экспертиз ЗШО Омских ТЭЦ им был присвоен V класс опасности по воздействию на окружающую среду (не имеющие ограничений в применении) согласно ФЗ 89 «Об отходах производства и потребления». По показателю удельной эффективной активности естественных радионуклидов данные материалы соответствуют 1 классу опасности (область применения: все виды строительства)[4].

Степень пучинистости определялась в лабораторной установке, сконструированной Е.В. Ивановым в соответствии с требованиями ГОСТ 28622-2012 [5]. Были выполнены эксперименты по двум принципиальным схемам, с неограниченным подтоком воды и без него. Серия экспериментов показала, что степень пучинистости ЗШС соответствуют требованиям нормативной документации при любых реально возможных условиях работы земляных конструкций на территории г. Омска.

Гранулометрический состав ЗШС определялся для частиц крупнее 0,1

мм ситовым методом, а менее 0,1 мм ареометрическим по ГОСТ 12536-79[6]. В результате было установлено, что основная масса золошлака в отвале соответствует пескам мелким и пылеватым. А значит есть возможность разработки и транспортировки данных материалов не только механизированными, но и гидромеханизированными методами.

При определении прочностных и деформативных характеристик были применены методики, изложенные в ГОСТ 12248-2010[7]. Полученные прочностные характеристики примерно соответствуют пескам мелким, а деформативные несколько ниже чем для песчаных грунтов.

В процессе выполнения работы на основании данных полученных экспериментальным путем: было выполнено обоснование возможности возведения дорожной одежды на основаниях из золошлака; была доказана эффективность прокладки подземных водопроводных и канализационных сетей в слоях из ЗШС.

Выполнение вертикальных планировок с применением золошлаковых отходов значительно снижает стоимость (в 2-2,5 раза) по сравнению с использованием песчаных грунтов. Аналогичный эффект должно дать применение ЗШС при отсыпке насыпей автомобильных дорог из золошлака, поскольку технологии строительства в обоих случаях одинаковы.

Экспериментально доказана целесообразность и экономическая эффективность применения ЗШС для вертикальных планировок и городского дорожного строительства. При этом рекомендованы оригинальные конструктивно-технологические решения для реализации проекта.

На данный момент решается вопрос о применении ЗШС Омских ТЭЦ для планировки территорий в границах улиц: Лукашевича, Волгоградской, 1-й Любинской и берегом реки Иртыш. Общая площадь участка составляет 1257 га, объем необходимого материала 19,5 млн. м³.

Список использованных источников:

1. Постановление администрации города Омска «Об утверждении проектов планировки левобережной части территории муниципального образования городской округ город Омск Омской области» от 10 сентября 2010 г., №805-п [Электрон. ресурс]. – Введ. 2011-01-01 // Кодекс. Техэксперт. – Омск: Деловой Омск, 2013.
2. Бирюков В.В. Энергопроизводство и утилизация золошлаковых отходов / В.В. Бирюков, С.Е. Метелев, В.В. Сиротюк, В.Р. Шевцов // Вестник Российского государственного торгово-экономического университета. Научный журнал. – М., 2008. – №2(23), – С.221-229.
3. ОДМ 218.2.031-2013 Методические рекомендации по применению золы-уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на тепловых электростанциях в дорожном строительстве [Электрон. ресурс]. – Введ. 2013-04-29 // Кодекс. Техэксперт. – М.: ФГУП «Иформавтодор», 2014.
4. СТО 82982783.002-2011. Материалы золошлаковые ТЭС ОАО «ТГК-11» для вертикальной планировки территорий, исправления неудобий, обратных засыпок и рекультивации карьеров. Технические условия. [Электрон. ресурс]. – Введ. 2012-01-01 // Кодекс. Техэксперт. – Омск.: Омский центр стандартизации и метрологии, 2012.
5. ГОСТ 28622-2012. Метод лабораторного определения степени пучинистости. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартиформ, 2013. – 11 с.
6. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава – введ. 1980-07-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 21 с.
7. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. – Введ. 2012-01-01. – М.: Стандартиформ, 2011. – 82 с.

ДОКЛАДЧИК:

Мазалецкий Леонид Алексеевич
(Mazaletskiy Leonid Alekseevich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Ярославский государственный
университет им. П.Г. Демидова
(P.G. Demidov Yaroslavl
State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Мазалецкий Леонид Алексеевич
(Mazaletskiy Leonid Alekseevich)

Федоров Иван Сергеевич
(Fedorov Ivan Sergeevich)

Лебедев Михаил Евгеньевич
(Lebedev Mikhail Evgen'evich)

Рис. 1 - Электронное изображение скола пленки оксида ванадия, полученное на СЭМ Supra 40. Левый рисунок – пленка непосредственно после напыления, правый – после кислородного отжига

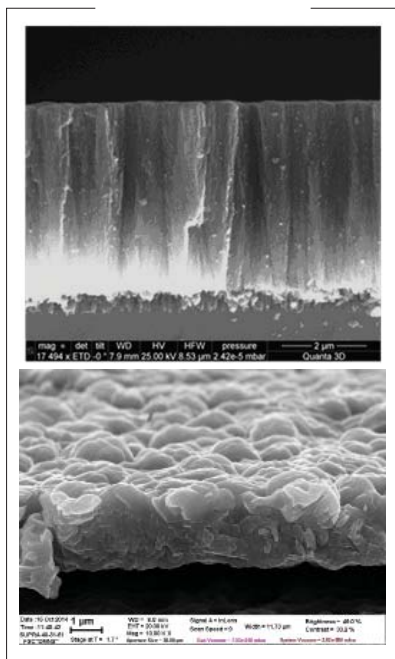
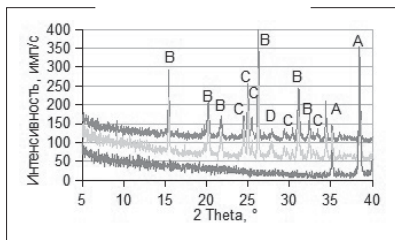


Рис. 2 - Дифрактограммы плёнок 2-й серии: исходная пленка, и отожжённые при 380°C в течение 20 и 30 минут (размещение снизу-вверх) А – Ti, В – V₂O₅, С – V₃O₇, D – VO₂.

**НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:**

Композиты оксидов ванадия как материал для катодов тонкопленочных литий-ионных аккумуляторов
Composites of vanadium oxides as material for thin-film lithium-ion accumulator's cathodes

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Представлены результаты экспериментальных исследований отрицательных электродов тонкопленочных литий-ионных аккумуляторов на основе оксидов ванадия. Изучена зависимость морфологии и фазового состава полученных структур от условий напыления и исследовано их влияние на зарядно-разрядные характеристики электрода.

Annotation

The results of experimental studies of the negative electrodes of thin-film lithium-ion batteries based on vanadium oxides are presented. The dependence of morphology and phase composition of the structures obtained on deposition conditions and their influence on the charge-discharge characteristics of the electrode are investigated.

Ключевые слова: литий-ионный аккумулятор; тонкопленочный электрод; оксид ванадия; магнетронное напыление; композитный материал.

Keywords: lithium-ion accumulator; thin-film electrode; vanadium oxide; DC magnetron sputtering; composite material.

Литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) относятся к наиболее перспективным и востребованным химическим источникам тока. При использовании в портативной электронике, смарт-картах, устройствах микроэлектроники, МЭМС и т.д. наиболее удобны (а чаще не имеют альтернативы) тонкопленочные ЛИА. Это аккумуляторы, изготовленные по технологиям интегральной электроники с применением высокоёмких наноструктурированных материалов. Для сравнения, теоретическая удельная емкость графита, используемого в качестве материала отрицательного электрода в аккумуляторах, изготовленных по так называемым намазным технологиям, по отношению к интеркаляции лития составляет 372 мА·ч/г. Теоретическая емкость кремния, который использовался для изготовления тонкопленочного отрицательного электрода в работах [1-2], составляет 4211 мА·ч/г.

Одним из наиболее перспективных материалов для тонкопленочного положительного электрода является пентоксид ванадия V₂O₅. Его теоретическая емкость составляет 883 мА·ч/г, что много выше, чем у традиционно используемых намазных катодных материалов, таких как LiCoO₂, LiFePO₄, LiMn₂O₄ и др. Материал положительного электрода на основе оксидов лития должен обладать достаточно хорошей проводимостью для обеспечения транспорта электронов в зону реакции, а поскольку V₂O₅ – диэлектрик, то он может быть только композитным. При магнетронном напылении композитный материал, включающий полный набор оксидов ванадия, формируется естественным образом. Отличные от V₂O₅ оксиды имеют лучшую проводимость, но при этом их удельная ёмкость несколько ниже. Именно такие пленки, полученные методом магнетронного напыления при контролируемом напуске кислорода и последующем отжиге в кислородной атмосфере, исследовались в настоящей работе методами электронной микроскопии, комбинационного рассеяния и рентгеновской дифрактометрии.

Четыре группы образцов толщиной от 1 до 2,3 мкм, отожженных при разных температурах от 380 до 500°C и времени отжига от 20 до 40 минут, исследовались на оборудовании ЦКП ДМНС с целью изучения их морфологии и фазового состава для сопоставления с результатами электрохимических испытаний. Сканирующая электронная микроскопия (Supra 40, Quanta 3D 200i) использовалась для контроля получаемых структур на всех этапах разработки ЛИА. В задачи контроля входило измерение толщины пленки на её сколе (рисунок 1), исследование морфологии поверхности и скола образцов. Как показали исследования, пленки имеют столбчатую структуру с вертикальными и горизонтальными нанопорами. При исследовании образцов методом рентгенофазового анализа на порошковом рентгеновском дифрактометре ARL X'tra были выделены пики (рисунок 2), относящиеся к окристаллизованным фазам оксидов ванадия и определен уровень кристаллизации оксидов ванадия с различной валентностью. При помощи рамановской спектроскопии на приборе EnSpectr R532 были исследованы спектры комбинационного

рассеяния и идентифицированы связи кислорода с ванадием валентностей выше IV.

Анализ результатов исследования показал, что в зависимости от температуры и времени отжига фазовый состав пленок меняется от нанокompозита V₂O₅ с низшими оксидами и аморфной фазой до чистого V₂O₅. Установлено, что при температуре 450°C и малых временах отжига удастся добиться заметной кристаллизации только пентоксида ванадия. Пленки, отожженные при 380-400°C, содержат большое число разнообразных фаз оксидов ванадия. При увеличении температуры пентоксид ванадия становится преобладающим, а при значительных временах отжига и температуре аморфная фаза исчезает и остается только кристаллическая фаза. Проведенные дополнительно измерения проводимости пленок, прошедших высокотемпературную обработку, показали, что высокая проводимость наблюдается только у пленок, отожженных при 400°C не более 20 минут и 380°C – не более 30 минут. При температурах отжига больше 400°C пленки имеют очень высокое сопротивление. Тем самым подтверждается факт, что только при наличии в пленках достаточной концентрации хорошо проводящих низших оксидов ванадия достигается высокая проводимость.

На основе полученных результатов разработаны рекомендации по оптимизации диапазона технологических параметров магнетронного напыления пленок ванадия в плазме Ar и O₂ и их дальнейшего высокотемпературного отжига в кислородсодержащей среде для использования в качестве катодов тонкопленочных литий-ионных аккумуляторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, Соглашение № 14.574.21.0099 от 26 августа 2014 г. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57414X0099.

Литература:

1. Бердников А.Е., Геращенко В.Н., Гусев В.Н., Кулова Т.Л., Метлицкая А.В., Мироненко А.А., Рудый А.С., Скундин А.М. Кремнийсодержащий нанокompозит для тонкопленочного литий-ионного аккумулятора // Письма в ЖТФ 2013, Т. 39, №. 7, С. 73–78.
2. Т.Л. Кулова, А.М. Скундин, В.Н. Андреев, Д.Ю. Грызлов, А.А. Мироненко, А.С. Рудый, В.Н. Гусев, В.В. Наумов Исследование тонкопленочных электродов системы кремний-алюминий-кислород для литий-ионного аккумулятора // Электрохимическая энергетика, 2013. №3. – С. 136-143.

ДОКЛАДЧИК:

Макушкин Алексей Львович
(Makushkin Alexey Lvovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Тверской Государственный
Университет «ТвГУ»
(Tver State University "TSU")

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Макушкин Алексей Львович
(Makushkin Alexey Lvovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Постоянные магниты с высокой температурной стабильностью характеристик
Permanent magnets with high temperature stability of characteristics

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Целью данной работы является исследование влияния термической обработки на магнитные свойства и структуру гетерогенного сплава R(CoFeCuZr)

Annotation

The aim of this study is to investigate the effect of thermal treatment on the magnetic properties and structure of heterogeneous alloy R(CoFeCuZr)

Ключевые слова: магнитные материалы; термическая обработка; редкоземельные сплавы; наноструктура

Keywords: magnetic materials; heat treatment; rare earth materials; nanostructure

Постоянный магнит является автономным источником магнитного поля, поэтому эффективно применяется в устройствах микроэлектроники и приборостроения. Наилучшими характеристиками обладают постоянные магниты на основе сплавов Nd-Fe-B и R-Co. В современных условиях к основным характеристикам постоянных магнитов (намагниченности насыщения, остаточной индукции) предъявляются высокие требования с точки зрения их температурной стабильности. В этом отношении магниты Nd-Fe-B уступают магнитам на основе R-Co которые сохраняют высокие магнитные свойства в широком температурном интервале.

В связи с этим в данной работе проводится исследование редкоземельных интерметаллидов на основе системы R-Co: в качестве объектов исследования выбраны гетерогенные сплавы RZrCoCuFe. Известно, что благодаря серии термических обработок в этих материалах формируется наноструктура, обеспечивающая высокие потребительские свойства постоянных магнитов на их основе. В настоящее время ведется активный поиск оптимальных режимов термообработок и стехиометрических составов материалов этого типа. Информация об условиях формирования высококоэрцитивного состояния и механизмах коэрцитивности является крайне важной при оптимизации свойств известных магнитных материалов и разработке новых.

Синтез сплавов осуществлялся методом индукционной плавки в атмосфере аргона, термические обработки выполнялись в трубчатой трехзонной печи TZF 15/610, оснащенной 8-ми сегментным температурным программатором и вакуумной системой CDK 180+M3T. Исследования реальной структуры образцов выполнялись методами оптической (Axiovert 200MAT), электронной (JEOL JSM-6610LV) и сканирующей зондовой (Solver P47) микроскопии. Магнитные измерения выполнялись на вибрационном магнитометре. Таким образом, анализ процессов перемангничивания осуществлялся с учетом реальной структуры материала.

На первом этапе работы был проведен анализ наноструктуры образцов $\text{Sm}_{0,85}\text{Zr}_{0,15}(\text{Co}_{0,70}\text{Cu}_{0,09}\text{Fe}_{0,21})\text{Z}$ в литом, гомогенизированном состоянии и после изотермического отжига различной длительности на атомно-силовом микроскопе SOLVER P47. Непосредственно после выплавки в сплавах $\text{Sm}_{0,85}\text{Zr}_{0,15}(\text{Co}_{0,70}\text{Cu}_{0,09}\text{Fe}_{0,21})\text{Z}$ на наноуровне выявляются неоднородности структуры. Рельеф поверхностей гомогенизированных образцов более однороден, периодичности наноструктуры в гомогенизированных образцах не обнаружено.

В процессе термических обработок в основных составляющих А и В образцов формируется наноструктура близкой конфигурации. Как видно из рисунка 1 наблюдаются две системы структурных полос, одна из которых ориентирована вдоль кристаллографической оси с образцов. Элементы наноструктуры по конфигурации близки к «ячейкам» в форме параллелепипедов с углами 60° и 120°. Средние размеры наноструктуры образцов $\text{Sm}_{0,85}\text{Zr}_{0,15}(\text{Co}_{0,70}\text{Cu}_{0,09}\text{Fe}_{0,21})\text{Z}$ изменяются в пределах от 50 до 100 нм. В процессе изотермического отжига при 800°C происходит увеличение «ячеек» структуры, причем в первые 10 часов отжига «ячейки» растут по размерам, а в последующие 10 часов практически не изменяются. Наблюдается небольшое укрупнение размеров «ячеек» при проведении медленного охлаждения от температуры отжига: в среднем на 10 нм для каждой длительности отжига. Кроме того, для всех исследованных образцов размеры ячеек в составляющей В больше на 5–10 нм, чем в

Рис. 1 - Микроструктура составляющих А (а-в) и В (г-е) на призматической плоскости образца $\text{Sm}_{0,85}\text{Zr}_{0,15}(\text{Co}_{0,70}\text{Cu}_{0,09}\text{Fe}_{0,21})\text{Z}$ после отжига при 800°C в течение 5 часов с последующим медленным охлаждением. Размер кадров 2,5x2,5 (а, б)

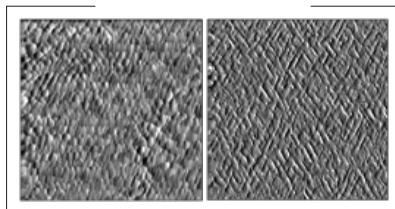


Рис. 2 - Температурные зависимости удельной остаточной намагниченности и коэрцитивной силы образцов $Gd_{0,85}Zr_{0,15}(Co_{0,70}Cu_{0,09}Fe_{0,21})_z$

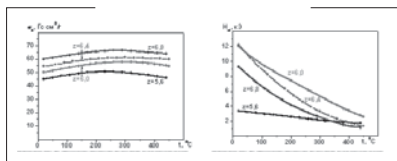


Рис. 3 - Температурные зависимости максимального энергетического произведения образцов $Gd_{0,85}Zr_{0,15}(Co_{0,70}Cu_{0,09}Fe_{0,21})_z$

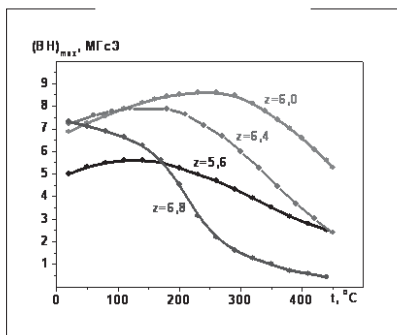
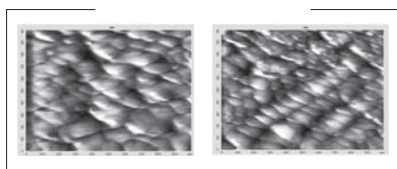


Рис. 4 - АСМ-изображения призматической поверхности зерна сплава $(Sm_{0,5}Gd_{0,5})_{0,85}Zr_{0,15}(Co_{0,69}Cu_{0,88}Fe_{0,22})_6$, подвергнутого изотермическому отжигу в течение 16 часов



составляющей А.

Для всех образцов $Gd_{0,85}Zr_{0,15}(Co_{0,70}Cu_{0,09}Fe_{0,21})_z$ с 5,6; 6,0; 6,4; 6,8 были выполнены высокотемпературные измерения петель гистерезиса в интервале температур 20–450°C. На основе измеренных зависимостей $\sigma(H)$ были построены петли гистерезиса $4\pi I(H)$ и $B(H)$ и кривые энергетического произведения $BH(B)$, а также графики температурных зависимостей этих величин.

Для всех образцов $Gd_{0,85}Zr_{0,15}(Co_{0,70}Cu_{0,09}Fe_{0,21})_z$ на рисунке 2 наблюдается рост удельной намагниченности насыщения σ_s в интервале температур от комнатной до 250–300°C, связанный с ферромагнитным упорядочением исследованных сплавов. Увеличение остаточной намагниченности σ_r с ростом температуры наблюдается для образцов с $z=5,6$ (до 150°C); 6,0 (до 300°C) и 6,4 (до 200°C). Для образца с $z=5,8$ кривая $\sigma_r(T)$ – монотонно убывающая, это связано с небольшой величиной коэрцитивной силы и низкой прямоугольностью петель гистерезиса образца.

Анализ характера температурных зависимостей коэрцитивной силы образцов $Gd_{0,85}Zr_{0,15}(Co_{0,70}Cu_{0,09}Fe_{0,21})_z$ позволил выявить следующие закономерности. Наибольшую величину и температурную стабильность H_{cl} демонстрирует образец с $z=6,0$. Коэрцитивная сила образца с $z=5,6$ уменьшается с температурой медленнее, но абсолютная ее величина меньше. Для образцов с $z=6,4$ и 6,8 наблюдается более быстрый спад кривых $H_{cl}(T)$ с увеличением температуры, причем ход приведенных кривых $H_{cl}/H_0(T)$ практически совпадает. Такое поведение температурных зависимостей H_{cl} исследованных образцов, по всей видимости, определяется их фазовым составом. Очевидно, что в образцах с преимущественным содержанием составляющей А наблюдается большая температурная стабильность коэрцитивной силы.

Температурные зависимости максимального энергетического произведения $(BH)_{max}$ образцов $Gd_{0,85}Zr_{0,15}(Co_{0,70}Cu_{0,09}Fe_{0,21})_z$ приведены на рисунке 3. Наблюдается температурный рост $(BH)_{max}$ для образцов с $z=5,6$ (до 100°C); 6,0 (до 250°C) и 6,4 (до 150°C). максимальное значение $(BH)_{max} = 8,6$ МГс Э реализовано для образца с $z = 6,0$ при 250°C.

Причиной высококоэрцитивного состояния данных материалов является наличие регулярной наноструктуры, имеющей форму «ячеек» [1-4]. Для выявления наноразмерных элементов структуры исследуемых сплавов применялись методы сканирующей зондовой микроскопии. В качестве основного метода применялась методика контактной атомно-силовой микроскопии (АСМ). Перед исследованием все образцы были подвергнуты электрохимическому травлению в насыщенном растворе хромового ангидрида в ортофосфорной кислоте. Такая обработка позволяет выявить микро- и наноразмерный рельеф поверхности, соответствующий различным фазовым составляющим. Сплав имеет сложную гетерогенную микроструктуру в которой выделяются две основные составляющие А (1:5) и В (2:17), ответственные за высококоэрцитивное состояние и температурную стабильность.

В данной части работы проводится систематическое исследование наноструктуры сплавов $(Sm_xGd_{1-x})_{0,85}Zr_{0,15}(Co_{0,69}Cu_{0,88}Fe_{0,22})_6$, ($x = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1$) методами АСМ. На рисунках 4 представлены АСМ-изображения, полученные на образцах, подвергнутых отжигу при 800°C в течение 8, 16 и 24 часов соответственно. Анализ полученных изображений позволяет увидеть динамику формирования наноструктуры сплава, приводящей к высококоэрцитивному состоянию в процессе отжигов различной длительности.

Показано, что сплавы в процессе термических обработок проходят несколько стадий формирования наноструктуры, от относительно однородной неупорядоченной (после гомогенизации) до регулярной «ячеистой» структуры (после отжигов).

В заключение данной части работы, можно сделать вывод о том, что термические обработки влияют главным образом не на микроструктуру сплава, а на его структуру на наноуровне. Из литературы известно, что область границ «ячеек» имеет состав близкий к $R(Co,Cu)_5$ и обогащена медью, а центральные области – состав $R(Co,Fe)_{17}$. Возникновение «ячеек» способствует росту коэрцитивной силы образцов, поскольку их границы служат эффективными центрами задержки смещения доменных границ.

Для измерения основных магнитных характеристик были подготовлены сферические образцы диаметром 2-3 мм, представляющие собой одно зерно сплава. Измерения проводились методом вибрационного магнитометра в поле до 30 кЭ.

Заключение

Методами магнитных измерений, оптической, электронной и

атомно-силовой микроскопии проведены комплексные исследования влияния структурного состояния на основные магнитные характеристики гетерогенных сплавов $(\text{Sm}_{1-x}\text{Gd}_x)\text{Zr}_{0,15}(\text{Co}_{0,690}\text{Cu}_{0,088}\text{Fe}_{0,222})_{6,0}$.

Показано, что увеличение длительности изотермического отжига до 24 часов приводит к росту коэрцитивной силы и максимального энергетического произведения литых образцов. Максимальные значения коэрцитивного поля для всех режимов ТО получены на составах с равным относительным содержанием самария и гадолиния.

Определены стехиометрические соотношения для структурных составляющих сплавов. Установлено, что в процессе термических обработок относительное содержание элементов в составляющих остается практически неизменным.

Показано, что причиной высококоэрцитивного состояния сплавов $(\text{Sm}_{1-x}\text{Gd}_x)\text{Zr}_{0,15}(\text{Co}_{0,690}\text{Cu}_{0,088}\text{Fe}_{0,222})_{6,0}$ является наличие «ячеистой» наноструктуры с характерным размером 50-100 нм.

Список использованных источников:

1. D. Goll, H.H. Stadelmaier and H. Kronmuller / Samarium–cobalt 2:17 magnets: Analysis of the coercive field of $\text{Sm}_2(\text{CoFeCuZr})_{17}$ high-temperature permanent magnets // Scripta Materialia 63 (2010) 243–245.
2. W. Tanga., Y. Zhang, A.M. Gabay, G.C. Hadjipanayis / Anomalous temperature dependence of coercivity in rare earth cobalt magnets // Journal of Magnetism and Magnetic Materials 242–245 (2002) 1335–1337.
3. Sam Liu, George Doyle, G. Edward Kuhl, Christina Chen, Michael Walmer, and Yi Liu / Temperature Dependence of Coercivity in $\text{Sm}_2\text{TM}_{17}$ Magnets and Domain Wall Motion in Magnetic Materials // IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 37, NO. 4, JULY 2001.
4. Yan, A. Handstein, T. Gemming, K.-H. Muller, O. Gutfleisch / Coercivity mechanism of $\text{Sm}_2(\text{Co,Cu,Fe,Zr})_{17}$ -based magnets prepared by melt-spinning // Journal of Magnetism and Magnetic Materials 290–291 (2005) 1206–1209.

ДОКЛАДЧИК:

Мостовая Ксения Сергеевна
(Mostovaya Kseniya)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка адаптивных композиционных материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена для создания на их основе искусственных мышц

Development of adaptive composites based on ultrahigh molecular weight polyethylene to create on their basis artificial muscles

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный исследовательский
технологический университет
"МИСиС"

(The National University of Science
and Technology MISiS)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Мостовая Ксения Сергеевна
(Mostovaya Kseniya)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В данной работе представлены результаты разработки адаптивных композиционных материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена, обладающие эффектом памяти формы и управляемые при помощи внешнего воздействия. В ходе работы на основе этих материалов были спроектированы искусственные мышцы.

Annotation

This paper presents the results of the development of adaptive composites based on ultrahigh molecular weight polyethylene having a shape memory effect and controllable by an external force. During the work on the basis of this materials have been designed artificial muscles.

Ключевые слова: адаптивные композиционные материалы; СВМПЭ; эффект памяти формы; искусственные мышцы; реактивные напряжения; деформация; высокоориентированное волокно

Keywords: adaptive composite materials; UHMWPE; shape memory effect; artificial muscles; recovery stress; recovery strain; highly oriented fiber

В настоящее время актуальной проблемой является создание новых приводов, обеспечивающих бесшумную работу устройств, обладающих высоким КПД, малым энергопотреблением, отсутствием инерционности, долговечностью и компактными размерами. Так, невозможно создать роботизированные устройства, реалистично имитирующих движение животных или людей, используя традиционные виды приводов.

Практически идеальным приводом являются биологические мышцы. Биологические мышцы способны развивать напряжения порядка 0,6 МПа. Из недостатков можно выделить лишь один существенный – они не могут работать продолжительное время. Практически идеальными приводами, которые по своему принципу действия были бы подобны биологическим мышцам, являются искусственные мышцы.

Искусственные мышцы – устройства, способные к контролируемому ритмичным сокращениям под действием внешнего раздражителя. Их изготовление возможно с применением материалов с эффектом памяти формы (ЭПФ). Такие материалы, находясь в деформированном состоянии, способны под действием внешнего раздражителя, например, температуры, восстанавливать свою первоначальную форму. Для создания высокоэффективных искусственных мышц необходимо, чтобы материалы-предшественники, обладающие ЭПФ, имели следующие функциональные свойства: высокие реактивные напряжения, способность к большим обратимым деформациям, высоким быстродействием.

В настоящее время известно несколько материалов, обладающих ЭПФ, основными из которых являются металлические сплавы и полимерные материалы. Различия в функциональных свойствах между этими классами существенны: в металлических сплавах реактивные напряжения составляют сотни МПа при деформации менее 10%, в полимерах – единицы МПа [1], при деформации в сотни процентов. В полимерных материалах свойства памяти формы зависят от надмолекулярной структуры и от молекулярной массы полимера, при этом эти зависимости еще недостаточно изучены, в связи с чем полимеры имеют пока низкие реактивные напряжения. Биологические мышцы способны сокращаться на 20% от своей длины. Если равняться на этот показатель, то металлы с ЭПФ очень сильно уступают полимерам, так как их обратимая деформация не превышает несколько процентов.

При эксплуатации искусственных мышц очень важным параметром является контроль движения мышц. Для металлических сплавов характерно наличие гистерезиса мартенситных превращений, осложняющих контроль движения искусственных мышц, изготовленных из этих сплавов; в полимерах подобного эффекта не наблюдается, и, соответственно, упрощается контроль за сокращением мышц.

Немаловажным аспектом создания искусственных мышц на основе материалов с ЭПФ является обеспечение обратимости эффекта. В

металлах с памятью формы это условие реализуется за счет протекания фазового перехода. При низкой температуре материалу присуща низкотемпературная фаза и, соответственно, определённая форма, с повышением температуры материал переходит в высокотемпературную фазу, меняя свою геометрическую форму. В полимерных материалах с ЭПФ до сих пор ведутся поисковые работы для реализации обратимого ЭПФ [2-4]. В работе [5] была предложена оригинальная технология плетения высокоориентированных полимерных волокон с ЭПФ, которая позволила сделать ЭПФ в волокне обратимым. Ранее сотрудниками нашего центра изучался ЭПФ в сверхвысокомолекулярном полиэтилене, для образцов имеющих различную степень распрямления макромолекул, и соответственно различную надмолекулярную структуру [6]. Было установлено, что с ростом увеличения ориентирования молекулярных цепей происходит увеличение реактивных напряжений в полимере. Полимерные цепочки подобны пружине, от степени растяжения которой зависит развиваемое усилие, направленное на возвращение системы в исходное состояние.

Анализ преимуществ и недостатков рассмотренных материалов для создания искусственных мышц, обладающих высокой силой сокращения, показал, что наиболее перспективными материалами являются полимеры с ЭПФ, среди которых особо выделяется сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ). Этот материал обладает одними из самых высоких реактивных напряжений среди полимеров с ЭПФ, имеет высокие прочностные свойства, химически стоек, биоинертен к живым тканям.

Одним из способов увеличения реактивных напряжений у полимерных материалов с ЭПФ является модифицирование высокомолекулярного соединения наночастицами. Однако для этого необходимо решить проблему равномерного распределения наполнителя в объёме полимера. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен вследствие чрезвычайно высокой молекулярной массы не имеет вязкотекучего состояния, что не позволяет использовать традиционные методы смешения его с дисперсными наполнителями. Поэтому для введения различных наполнителей в сверхвысокомолекулярный полиэтилен необходимо выбирать метод, который будет соотноситься с требуемой конечной надмолекулярной структурой, определяющей наилучшие свойства памяти формы у полимера. К новым и наиболее перспективным методам относится метод гель формования [7, 8]. Он применяется так же для получения волокон полимера. На рисунках 1 и 2 проиллюстрированы схемы оборудования, используемого для гель-формования.

Суть метода состоит в следующем. На первом этапе порошок сверхвысокомолекулярного полиэтилена растворяют в низкомолекулярном растворителе, например, в ксилоле. Массовая доля полимера составляет 1% - 3%. Растворение осуществляется при повышенной температуре с непрерывным помешиванием смеси. Далее раствор охлаждается, переходя, таким образом, в гель-состояние. На этом этапе формируется прекурсор волокнообразной формы. Следующим этапом является удаление растворителя из материала. Затем, прекурсор, в котором уже не осталось растворителя, подвергается высокоориентирующей вытяжке.

При использовании представленного на рисунках 1 и 2 оборудования были получены высокоориентированные волокна СВМПЭ, имеющие рекордно высокие значения реактивных напряжений среди полимеров – 20 МПа. Как известно, значения реактивных напряжений у полимеров с ЭПФ не превышает 10 МПа [5]. С целью увеличения этой величины были получены также образцы композиционного материала на основе СВМПЭ, содержащие 1% многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ). Полученный материал продемонстрировал значительно более высокое значение реактивных напряжений, равное 50 МПа. Это свидетельствует о перспективности развития данного направления. На рисунке 3 приведены сравнительные графики полученных результатов с известными значениями для металлов и других полимерных материалов, обладающих ЭПФ.

Для формирования искусственных мышц была использована технология закручивания получаемых волокон из сверхвысокомолекулярного полиэтилена в спираль. Схема этого процесса представлена на рисунке 4. Под действием внешней силы мышца растягивается. При активации ЭПФ, например, нагревом, происходит ее сокращение из-за возникновения реактивных напряжений. При охлаждении мышца снова растягивается. Это рабочий цикл мышцы. Степень сокращения регулируется изменением температуры мышцы.

Важным этапом работы является подбор оптимального способа нагрева. Использование внешних нагревателей не эффективно, так как полимер

Рис. 1 - Схемы установок: а) – для получения раствора полимера; б) – для получения гель-прекурсора

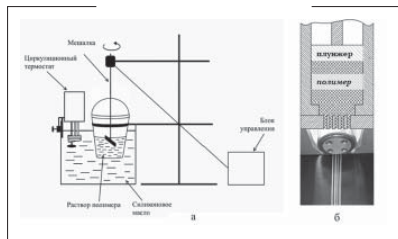


Рис. 2 - Схема установки для проведения ориентирования волокон

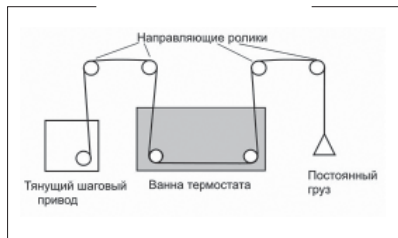


Рис. 3 - Сравнение реактивных напряжений образцов на основе СВМПЭ с реактивными напряжениями металлов и полимеров, обладающих ЭПФ

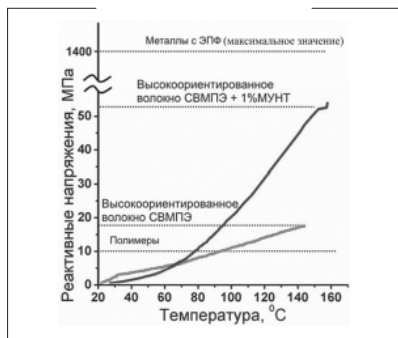
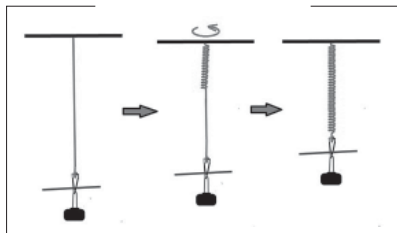


Рис. 4 - Схема плетения волокон в искусственные мышцы



обладает низкой теплопроводностью, поэтому актуальна разработка способа нагрева материала изнутри. Для этих целей могут быть использованы магнитные наночастицы, равномерно распределённые по всему объёму материала. Нагрев наночастиц за счёт воздействия на них электромагнитных полей может стать эффективным способом дистанционной передачи энергии для искусственных мышц.

Несмотря на обилие задач, требующих решения и связанных, в первую очередь, с малой изученностью ЭФП в полимерах, для создания искусственных мышц, обладающих высокой силой сокращения, наиболее перспективными материалами являются полимеры с ЭФП, в частности, СВМПЭ, который обладает одними из самых высоких реактивных напряжений среди полимеров с ЭФП. Полученные образцы искусственных мышц не имеют аналогов на российском рынке.

Данная работы выполнена при поддержке РФФИ в рамках проекта «Эффект памяти формы в ориентированном сверхвысокомолекулярном полиэтилене и композиционных материалах на его основе», Договор НК 15-03-08119\15 от 04.02.2015 г.

Список использованной литературы

1. Small W., Singhal P., Wilson T. S., Maitland D. J. Biomedical application of thermally activated shape memory polymers // *Journals of Materials Chemistry*. 2010. V. 20. P. 3356-336
2. H. Qin, P. T. Mather. Combined One-Way and Two-Way Shape Memory in a Glass-Forming Nematic Network // *Macromolecules*. 2009. V.42. P. 273-280
3. Yamada M, Kondo M and all. Photomobile polymer materials-various three-dimensional movements // *Journal of Materials Chemistry*. 2009. V.19. P. 60-62
4. Thomsen DL, Keller P and all. Liquid crystal elastomers with mechanical properties of a muscle // *Macromolecules*. 2001. V34. P. 5868-5875
5. Carter S. Haines, M. D. Lima and all. Artificial Muscles from Fishing Line and Sewing Thread // *Science*. 2014. V343. P. 868-872
6. A. Maksimkin, S. Kaloshkin, M. Zadorozhnyy, V. Tcherdyntsev Comparison of shape memory effect in UHMWPE for bulk and fiber state // *Journal of Alloys and Compounds*. 2014. V586. P. 214-217
7. Ruan S., Gao P., Yu T. X. Ultra-strong gel-spun UHMWPE fibers reinforced using multiwalled carbon nanotubes // *Polymer*. 2006. V.47. P. 1604-1611
8. Wang Y, Cheng R, Liang L, Wang Y. Study on the preparation and characterization of ultra high molecular weight polyethylene-carbon nanotubes composite fiber // *Compos Science Technology*. 2005. V.65. P. 793-797

ДОКЛАДЧИК:

Нечайкина Т. А.
(Nechaykina T.)
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Перспективный многослойный материал на основе жаропрочного сплава и коррозионностойкой стали
Promising multi-layer material based on high-temperature vanadium alloy and stainless steel

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный
Исследовательский
Технологический
Университет «МИСиС»
НИЛ «Гибридные
наноструктурные материалы»

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Нечайкина Т. А.
(Nechaykina T.)
Никулин С.А.
(Nikulina S.)
Рожнов А.Б.
(Rozhnov A.)
Рогачев С.О.
(Rogachev S.)

ТЕЗИСЫ:

Ключевые слова: трехслойный материал, сплавы на основе ванадия, коррозионностойкая сталь.

Ванадиевые сплавы V- (5-10)% Ti-(4-6)% Cr являются перспективным материалом для ответственных изделий энергетических установок с повышенными эксплуатационными параметрами по температуре, давлению, среде, радиационному облучению, а в частности для оболочек твэлов реакторов на быстрых нейтронах нового поколения. Уникальный комплекс физико-химических и механических свойств этих ванадиевых сплавов делают их незаменимым для создания конструкционных материалов, работающих в жестких условиях, т.к. они обладают преимуществами перед сталями (высокой кратковременной и длительной прочностью, сопротивлению ползучести до 800°C и высокой радиационной стойкостью (отсутствие радиационного охрупчивания и вакансионного распухания). Однако, ванадиевые сплавы взаимодействуют с примесями внедрения (O, N, H), имеющимися в любом теплоносителе, при испытаниях в атмосфере и технологическом переделе [1-7]. Для предотвращения охрупчивания ванадиевых сплавов при взаимодействии с кислородом и азотом, требуется защищать их поверхность коррозионностойкими материалами, например, путем создания многослойных композиций.

Предлагается многослойный конструкционный материал, представляющий собой жаропрочный сплав на основе ванадия типа V-Ti-Cr, защищенный с поверхности коррозионностойкой сталью. Ванадиевый сплав обеспечивает высокую длительную прочность материала, а защитный слой из стали - высокую коррозионную стойкость в различных средах (жидкие металлы, вода, пар).

Методом совместного горячего прессования получены образцы трехслойного материала двух типов на основе ванадиевого сплава V-4Ti-4Cr защищенные разными (ферритного и феррито-мартенситного классов) сталями. Представлены результаты исследования фазового состава, структуры и механических свойств переходной зоны трехслойного материала. Микроструктурный, микрорентгеноспектральный анализы и дисперсионная рентгеновская спектроскопия по длине волны подтвердили взаимную диффузию химических элементов ванадиевого сплава V-4Ti-4Cr и сталей вблизи границы между слоями. Показано, что «переходный» слой, который представляет твердый раствор компонентов с монотонно изменяющимся химическим составом, формируется в трехслойном материале за счет совместной горячей деформации и последующего отжига. Формирование «переходного» слоя обеспечивает получение прочного соединения между разнородными металлами (материал/покрытие). «Переходный» слой после совместного горячего прессования имеет одинаковый размер около (20 ± 5) мкм в трехслойном материале с покрытием из разных (Fe-13Cr-0,2C) и (Fe-17Cr-0,08C-1Ti) сталей. Последующий отжиг при 1000°C увеличивает ширину зоны взаимодействия до 150 мкм. Показано, что более технологичным материалом для защитного покрытия труб из ванадиевых сплавов являются ферритные стали с 17 – 26% Cr.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (Договор №14.A12.31.0001).

Источники:

1. R.J. Kurtz, K. Abe, V.M. Chernov, D.T. Hoelzer, H. Matsui, T. Muroga, G.R. Odette, "Recent Progress on Development of Vanadium Alloys for Fusion," Journal of Nuclear Materials, vol. 329-333, 2004, pp. 47-55.
2. T. Muroga, T. Nagasaka, K. Abe, V.M. Chernov, H. Matsui, D.L. Smith, Z.-Y. Xu, S.J. Zinkle, "Vanadium Alloys – Overview and Recent Results," Journal of Nuclear Materials, vol. 307-311, 2002, pp. 547-554.
3. T.S. Bray, H. Tsai, L.J. Nowicki, M.C. Billone, D.L. Smith, W.R. Johnson, P.W. Trester, "Tensile and Impact Properties of V-4Cr-4Ti Alloy Heats 832665 and 832864," Journal of Nuclear Materials, vol. 283287, 2000, pp. 633-636.
4. N.J. Heo, T. Nagasaka, T. Muroga, H. Matsui, "Effect of Impurity Levels on Precipitation Behavior in the Low-activation V-4Cr-4Ti Alloys," Journal of Nuclear Materials, vol. 307-311, 2002, pp. 620-624.
5. A.F. Rowcliffe, S.J. Zinkle, D.T. Hoelzer, "Effect of Strain Rate on the Tensile Properties of Unirradiated and Irradiated V-4Cr-4Ti," Journal of Nuclear Materials, vol. 283-287, 2000, pp. 508-512.

6. Вотинов С.Н., Колотушкин В.П., Никулин С.А. и др. Создание радиационно-стойких сплавов на основе ванадия для оболочек твэлов реакторов на быстрых нейтронах // МиТОМ. 2009. № 5. С. 40-48.

7. С.Н. Вотинов, И.С. Головин, В.П. Колотушкин и др. Ванадиевый сплав, плакированный ферритной нержавеющей сталью, - материал оболочек твэлов реакторов на быстрых нейтронах // В сб. «Атомные электрические станции России». 2007. С. 317-349.

ДОКЛАДЧИК:

Новицкий Андрей Павлович
(Novitskiy Andrey Pavlovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Оксиселениды — соединения химического состава BiCuSeO как перспективный термоэлектрический материал

Oxyselenides — compounds with chemical composition BiCuSeO as promising thermoelectric material

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС») (National University of Science and Technology "MISIS" (NUST "MISIS"))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Новицкий Андрей Павлович
(Novitskiy Andrey Pavlovich)

Ховайло Владимир Васильевич
(Khovaylo Vladimir Vasilyevich)

Воронин Андрей Игоревич
(Voronin Andrey Igorevich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Проект направлен на создание термоэлектрических материалов на основе BiCuSeO с повышенной эффективностью и устройств генерации энергии на их основе. Разрабатываемые материалы позволяют преобразовывать тепловую энергию в электрическую напрямую без промежуточных этапов механического преобразования.

Annotation

The project direction is the creation of thermoelectric materials based on BiCuSeO with increased efficiency and production of energy generation devices based on them. The developed materials allow to convert thermal energy into electrical energy directly, without intermediate stages of mechanical transformation.

Ключевые слова: оксиселениды; термоэлектрические материалы; металлооксиды

Keywords: oxyselenides; thermoelectric materials; metal oxides

Целью работы являются оптимизация технологии получения объемных термоэлектрических материалов на основе оксиселенидов химического состава BiCuSeO и исследования влияния замещения ионов Bi³⁺, Cu²⁺ и O²⁻ на такие термоэлектрические свойства материала как коэффициент термоЭДС, теплопроводность и электропроводность.

В работе приведены теоретические основы и причины, по которым оксиселениды являются перспективными термоэлектрическими материалами. Описаны методы их получения и способы повышения термоэлектрической эффективности. На основе теоретических данных сделан обоснованный выбор параметров получения и последующей обработки оксиселенидов, а также методов исследования электрофизических параметров материала.

В результате работы был отработан и оптимизирован процесс получения объемных термоэлектрических материалов на основе BiCuSeO методом твердофазного синтеза с последующим искровым плазменным спеканием. Получены серии образцов химического состава Bi_{1-x}NaxCuSeO_{1-x}Fx (x = 0; 0,05; 0,10; 0,15), BiCu_{1-x}CoxSeO (x = 0; 0,05; 0,10), Bi_{0,98}Pb_{0,02}CuSeO и Bi_{0,98}Pb_{0,02}Cu_{0,98}SeO. Исследовано влияние замещения ионов Bi, Cu и O на термоэлектрические свойства материала.

Работа является составной частью проекта «Металлооксидные и полимер-композитные термоэлектрики» в рамках программы НИТУ «МИСиС» 5/100.

Список использованных источников:

1. Термоэлектрическое охлаждение: Текст лекций / Л.П. Булат, М.В. Ведерников, А.П. Вялов и др.; Под общ.ред. Л.П. Булата. – СПб.: СПбГУНИПТ, 2002. – 147 с.
2. Hosono H. Recent progress in transparent oxide semiconductors: Materials and device application // Thin Solid Films. – 2007. – V. 515. – P. 6000 – 6014.
3. BiCuSeO oxyselenides: new promising thermoelectric materials / L.D. Zhao, J.Q. He, D. Berardan, et al. // Energy & Environmental Science. – 2014. – V. 7. – P. 2900 – 2924.
4. Polycrystalline BiCuSeO oxide as a potential thermoelectric material / Fu Li, J.F. Li, L.D. Zhao, et al. // Energy & Environmental Science. – 2012. – V. 5. – P. 7188 – 7195.
5. Crystal Structures, Optoelectronic Properties, and Electronic Structures of Layered Oxychalcogenides M₂CuOCh (M = Bi, La; Ch = S, Se, Te): Effects of Electronic Configurations of M³⁺ Ions / H. Hiramatsu, H. Yanagi, T. Kamiya, et al. // Chemistry of Materials. – 2008. – V. 20. – P. 326 – 334.
6. Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Учебник для вузов. – М.: МИСиС, 2003. – 480 с.

ДОКЛАДЧИК:

Панкин Илья Андреевич
(Ilya A. Pankin)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Южный федеральный
университет
(Southern Federal University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Панкин Илья Андреевич
(Ilya A. Pankin)

Гуда Александр Александрович
(Alexander A. Guda)

Дмитриев Владимир Петрович
(Vladimir P. Dmitriev)

Солдатов Александр
Владимирович
(Alexander V. Soldatov)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование реакции разложения борогидрида марганца $Mn(BH_4)_2$ экспериментальными и теоретическими методами

Experimental and theoretical study of decomposition path of manganese borohydride $Mn(BH_4)_2$ upon hydrogen desorption

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В работе исследуется реакция термического разложения $Mn(BH_4)_2$, которое сопровождается обильным выделением водорода, что в свою очередь приводит к аморфизации материала и нарушению цикличности реакции. Определены вероятные продукты реакции разложения методами спектроскопии поглощения XANES, а также с помощью компьютерного моделирования на основе теории функционала плотности.

Annotation

Experimental and theoretical study of thermal decomposition of $Mn(BH_4)_2$ is accompanied by abundant hydrogen release is represented at the project. Hydrogen desorption bring to material amorphization and reduce of cycling ability. Possible decomposition reaction product are determined by mean of X-ray absorption spectroscopy XANES and DFT-based modeling.

Ключевые слова: материаловедение; твердотельные системы хранения водорода; борогидриды; десорбция; термическое разложение; аморфизация; рентген спектроскопия поглощения; порошковая дифракция; компьютерное моделирование; теория функционала плотности

Keywords: material science; solid-state hydrogen storage system; hydrogen storage; borohydrides; desorption; thermal decomposition; amorphization process; X-ray; absorption spectroscopy; powder diffraction; DFT-modeling

ОБЪЕКТЫ И АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ввиду невозобновляемости и ограниченности традиционных углеводородных источников энергии перед человечеством остро стоит вопрос поиска альтернативных источников энергии. Одной из наиболее динамично развивающихся отраслей альтернативной энергетики является водородная энергетика. И если в вопросе производства и утилизации водородного топлива уже достигнуты определенные технологические решения, то проблема безопасного и долгосрочного хранения водорода по-прежнему остается открытой. В особенности если речь идет о применении водородного топлива для мобильных (транспортная отрасль) или автономных приложений (автономные системы бесперебойного электроснабжения)[1]. В этом случае важна не только безопасность и компактность агрегата для хранения водородного топлива, а также возможность его эксплуатации в реальных технологических условиях. Так, например, хранение водорода в газообразной или сжиженной форме не только небезопасно, но и требует специфических технологических условий - высоких давлений и криогенных температур.

Использование твердотельных систем хранения водорода позволяет избежать большинства из вышеуказанных недостатков и обеспечивает компактность, что немаловажно для мобильных приложений. Однако, имеющиеся в настоящее время материалы требуют усовершенствования их физических свойств. Основными критериями, предъявляемыми к твердотельным системам хранения водорода, являются: массовая и объемная плотность хранения водорода, температура и давление десорбции водорода, а также улучшение цикличности реакции заряда/разряда «водородного аккумулятора» [2]. Использование твердотельных систем хранения водорода в сочетании с водородными топливными элементами уже сегодня позволяет совершить скачок в отрасли водородной энергетики.

Такая технология, минуя малоэффективные процессы горения, позволяет существенно повысить КПД агрегатов, напрямую преобразуя химическую энергию вещества в электрический ток. Единственным продуктом реакции, в случае работы системы в атмосфере кислорода, является дистиллированная вода, что делает использование данной технологии не только энергетически привлекательным, но и экологически чистым!

Объектом исследования настоящей работы является борогидрид марганца $Mn(BH_4)_2$ – перспективный материал для нужд водородной энергетики, рассматриваемый в качестве твердотельной системы хранения водорода. Материал, синтезированный рабочей группой под руководством Ярослава Филинчука (Лувен-ла-Нев, Бельгия), представляет из себя мелкодисперсный

Рис. 1 - Наглядная демонстрация компактности хранения водорода с использованием твердотельных комплексных гидридов на примере Mg_2FeH_6 и $LaNi_5H_6$



Рис. 2 - Технология водородных топливных элементов, реализованная для автомобилей, работающих на электротяге

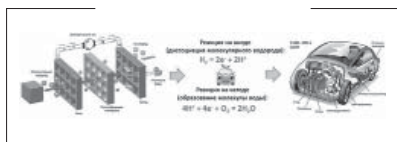


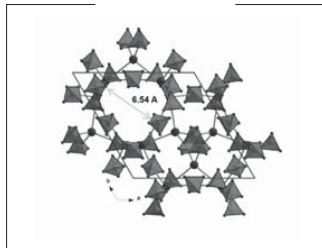
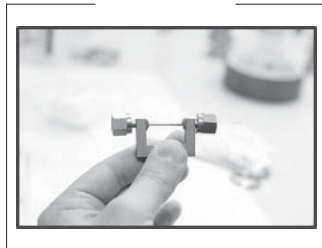
Рис. 3 - Атомная структура $Mn(BH_4)_2$ Рис. 4 - Порошкообразный образец $Mn(BH_4)_2$, заключенный в капилляр для измерений

Рис. 5 - XANES-область спектров поглощения чувствительно не только к радиальному, но и к угловому распределению атомов, что позволяет восстановить пространственную атомную структуру вблизи поглощающих атомов с точностью до сотых долей ангстрема

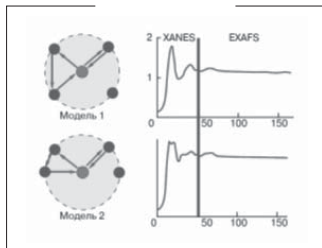
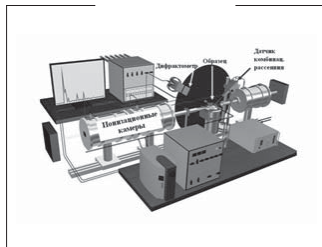


Рис. 6 - XANES-область спектров поглощения чувствительно не только к радиальному, но и к угловому распределению атомов, что позволяет восстановить пространственную атомную структуру вблизи поглощающих атомов с точностью до сотых долей ангстрема



порошок, что позволяет за счет большей площади поверхности, улучшить параметры адсорбции/десорбции водорода [3]. Исследуемое вещество обладает пористой структурой типа цеолита [4]. Уникальность структуры заключается в наличии канальных пор кардиодной формы, вдоль одной из выделенных кристаллографических осей. Поперечный размер пористой структуры достигает до 6.5 Å в диаметре, что позволяет дополнительно сорбировать водород извне, помимо водорода каркасной структуры, и приводит к увеличению показателя плотности хранения водорода. Благодаря уникальным термодинамическим свойствам и высокой плотности водорода, материал способен выделять до 10 масс.% водорода при температуре порядка 120°C.

Так, к примеру, реакция термического разложения аланата натрия $NaAlH_4$ протекает в два этапа:



На первой стадии при $T = 210^\circ\text{C}$ удается выделить 3,7 масс.% H. Разложение более стабильной фазы Na_3AlH_6 позволяет выделить еще порядка 2 масс.% H при значительно более высокой температуре [5]. Исследуемый материал $Mn(BH_4)_2$, обладая уникальными термодинамическими свойствами, является перспективным материалом водородной энергетики и способен выделять значительное количество водорода при условиях, близких к технологическим. Однако, при полной десорбции водорода наблюдается нарушение цикличности реакции вплоть до полностью необратимого разложения $Mn(BH_4)_2$.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таким образом, основная задача настоящей работы: определение продуктов реакции термического разложения $Mn(BH_4)_2$ с целью установления причин и механизмов деградации исходного материала в результате десорбции водорода.

Для решения поставленной задачи в настоящей работе использованы экспериментальные и теоретические методики. Основными экспериментальными методами являются порошковая дифракция рентгеновских лучей XRPD, рентгеновская спектроскопия поглощения XANES, а также термогравиметрический анализ TGA. Теоретические методы охватывают многомасштабное компьютерное моделирование спектров поглощения (метод конечных разностей - программный комплекс FDMNES), а также моделирование изменений в структуре исследуемого материала в процессе десорбции водорода, методами, основанными на теории функционала плотности DFT, приближении псевдопотенциалов, а также методами молекулярной динамики, реализованными в программном комплексе VASP.

Ввиду деградации и аморфизации исследуемого образца в процессе десорбции водорода, в качестве основного метода анализа структуры вещества была выбрана спектроскопия поглощения XANES. В отличие от традиционных дифракционных методов XANES спектроскопия позволяет получать информацию о локальной атомной структуре вещества, а также зарядовом состоянии поглощающих атомов, в независимости от степени упорядоченности атомов в структуре, что делает XANES анализ универсальным инструментом для исследования аморфных материалов, жидкостей, наноразмерных и биологических объектов [6].

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Измерения производились в Европейском центре синхротронных исследований на линии SNBL-01b (ESRF, Гренобль, Франция). Уникальное экспериментальное оборудование станции позволяет измерять дифракцию рентгеновских лучей, получать спектры поглощения, а также регистрировать рамановское рассеяние при изменении внешних условий (температура, давление, поле) или в ходе химических реакций (in-situ режим).

В ходе измерений было получено семейство рентгеновских порошковых дифрактограмм XRPD, а также спектров поглощения XANES за К-краем Mn (см. рис 7) в температурном интервале, соответствующем процессу десорбции водорода, который в свою очередь был определен по данным термогравиметрического анализа для $Mn(BH_4)_2$ в сочетании с масс-спектроскопией.

По данным термогравиметрического анализа наблюдается скачкообразное уменьшение массы образца в температурном интервале от 110 до 150°C. При нагревании дифракционные максимумы претерпевают постепенное уширение, а при температуре порядка 110-120°C переходят в гало, соответствующее аморфной фазе.

В аналогичном температурном интервале существенному изменению

Рис. 7 - Изменения в спектрах XANES за К-краем Mn и на рентгеновских порошковых дифрактограммах в результате нагрева исследуемого образца $Mn(BH_4)_2$

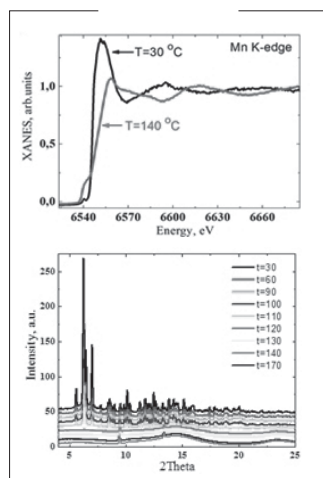


Рис. 8 - Моделирование XANES Mn К-край спектров для боридов марганца и фитинг XANES спектра для тетраборида MnB_4 с учетом металлической фазы $Mnmet$

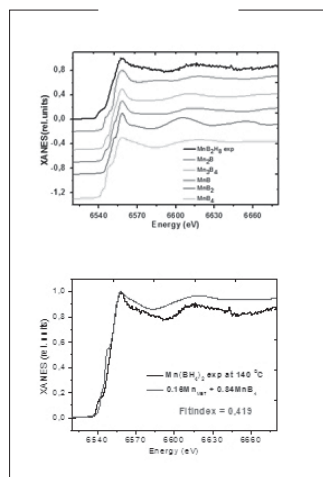


Рис. 9 - Моделирование XANES Mn К-край спектров для боридов марганца и фитинг XANES спектра для тетраборида MnB_4 с учетом металлической фазы $Mnmet$

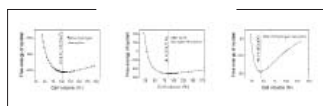
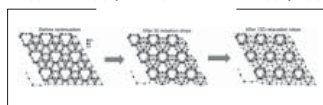


Рис. 10 - Визуализация геометрической оптимизации ячейки $Mn(BH_4)_2$ для модели содержащей 100 % водорода



(перераспределение интенсивности и энергетической локализации максимумов) подвергаются XANES спектры за К-краем Mn. Совокупность полученных экспериментальных данных указывает на фазовый переход, индуцированный нагреванием образца и сопровождающийся обильным выделением водорода, что приводит к необратимым изменениям в каркасной структуре и аморфизации материала.

В ходе теоретической части исследования были смоделированы XANES спектры за К-краем Mn для различных боридов марганца $MnxB_y$. Наиболее удовлетворительное согласие дают спектры, полученные для следующих боридов: Mn_2B , MnB и MnB_4 . Учет металлической фазы и фитинг весовых коэффициентов в XANES спектрах позволяет установить, что концентрация металлической фазы в качестве возможного продукта реакции разложения не превышает 30%.

На следующем этапе исследования в программном комплексе VASP 5.2 была проведена геометрическая оптимизация для моделей ячейки $Mn(BH_4)_2$ с различным содержанием атомов водорода. Были рассмотрены три модели содержащих 100, 50 и 0% водорода, соответствующих приближениям до десорбции, а также после частичной и полной десорбции водорода соответственно. По результатам моделирования установлено, что при уменьшении концентрации водорода наблюдается существенное уменьшение объема ячейки, сопровождающееся значительным изменением в структуре $Mn(BH_4)_2$. С уменьшением концентрации водорода происходит существенное разупорядочение структуры, которое приводит к коллапсу пористой структуры и аморфизации материала для моделей, содержащих 50 и 0% атомов водорода в ячейке соответственно. Уменьшение межатомных расстояний Mn-B хорошо коррелирует с предсказанием полуэмпирического правила Наттоли (XANES анализ). Для оптимизированных моделей произведен расчет спектров поглощения.

ВЫВОДЫ

При нагревании образца происходит фазовый переход, сопровождающийся обильным выделением водорода, что, в конечном счете, приводит к нарушению цикличности реакции заряда/разряда вплоть до полной деградации исходного материала. В ходе работы было установлено, что наиболее вероятными продуктами реакции термического разложения $Mn(BH_4)_2$ являются бориды марганца в аморфной форме: Mn_2B , MnB и MnB_4 . По результатам моделирования, установлено, что по мере уменьшения концентрации водорода, наблюдается нарушение дальнего порядка в расположении атомов, сопровождающееся уменьшением объема ячейки и коллапсом пористой структуры.

Авторский коллектив выражает благодарность гранту президента российской федерации для молодых ученых № МК-3206.2014.2. за финансовую поддержку экспериментальной части исследования, а также благодарит Ярослава Филинчука и его коллектив за предоставленные образцы.

ЛИТЕРАТУРА

1. L. S. A. Züttel, NATURE 414 (2001)
2. R. A. Varin, L. Zbroniec, M. Polanski, Y. Filinchuk, and R. Černý, International Journal of Hydrogen Energy 37 (2012) 16056.
3. V. Ban, A. V. Solonin, A. V. Skripov, J. Hadermann, A. Abakumov, and Y. Filinchuk, The Journal of Physical Chemistry C 118 (2014) 23402.
4. H. H. Godwin Severa, *, ‡ Morise Longhini, ‡ Jakub W. Kaminski, ‡ and a. C. M. J. Tomasz A. Wesolowski, †, J. Phys. Chem. 114 (2010) 15516.
5. D. M. F. Santos and C. A. C. Sequeira, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 3980.
6. A. B. Солдатов, Соросовский образовательный журнал (1998) 101. [12] Y. Liu, Y. Zhang, H.
7. H. Kou, G. Sang, Z. Huang, W. Luo, L. Chen, X. Xiao, C. Hu, and Y. Zhou, International Journal of Hydrogen Energy 39 (2014) 7050.
8. K. Burke, J. Werschnik, and E. K. U. Gross, The Journal of Chemical Physics 123 (2005) 062206.
9. Y. Filinchuk, B. Richter, T. R. Jensen, V. Dmitriev, D. Chernyshov, and H. Hagemann, Angewandte Chemie International Edition 50 (2011) 11162.
10. R. Liu, D. Reed, and D. Book, Journal of Alloys and Compounds 515 (2012) 32.

ДОКЛАДЧИК:

Пенязь Милена Алексеевна
(Penyaz Milena Alekseevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка быстрозакаленных ленточных припоев системы Ni-Cr-Si-Be для пайки коррозионностойких сталей

Development of rapidly quenched ribbon brazing alloys of system Ni-Cr-Si-Be for brazing of stainless steels

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НИЯУ «МИФИ»)
(National Research Nuclear University "MEPhI" (NRNU "MEPhI"))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Пенязь Милена Алексеевна
(Penyaz Milena Alekseevna)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

При изготовлении сопел жидкостных ракетных двигателей и ответственных элементов космической техники существуют проблемы с соединением коррозионностойких сталей X18H10T и ЭИ-811. Использование припоев на основе системы Ni-Cr-Si-Be для высокотемпературной пайки может решить ряд этих проблем.

Annotation

There are problems with the connection of stainless steel X18H10T and EI-811 at the manufacture of liquid rocket engine nozzle and critical components of space technology. Using of brazing alloys based on system Ni-Cr-Si-Be can solve a number of this problems.

Ключевые слова: быстрозакаленный ленточный припой; диффузионная пайка; паяное соединение; Ni-Cr-Si-Be; коррозионностойкая сталь

Keywords: rapidly quenched ribbon brazing alloys; diffusion brazing; soldered joint; Ni-Cr-Si-Be; stainless steel

Актуальность данной научно-исследовательской работы заключается в том, что с развитием аэрокосмической техники и созданием современных ракетных, космических и авиационных конструкций постоянно повышаются требования к прочностным свойствам. Особенно они важны при производстве сопел жидкостных ракетных двигателей, где необходимо обеспечить соединение коррозионностойких сталей аустенитного и ферритно-мартенситного класса, выдерживающее большие нагрузки при эксплуатации. При изготовлении сопла жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) единственной реализуемой технологией соединения является высокотемпературная пайка. Однако при изготовлении ответственных элементов космической техники, конструкторы сталкиваются с рядом проблем.

Так при изготовлении сопел ЖРД возникла проблема соединения коррозионностойких сталей X18H10T и ЭИ-811. В настоящее время при использовании припоя, содержащего бор в количестве 2,6 масс%, в паяном шве образуется структура, обладающая низкими эксплуатационными характеристиками, из-за наличия гетерогенностей. Это может привести к деградации паяного шва и разрушению ракетного двигателя в процессе работы. Снижение массовой доли бора в составе припоя не решает полностью проблему. Поэтому важной задачей является разработка припоев, не содержащих бор.

В настоящее время система Ni-Cr-Si-Be мало изучена. Целью настоящей работы является исследование системы Ni-Cr-Si-Be и создание на ее основе припоев, в виде быстрозакаленных нанокристаллических лент, а также получение высоких показателей прочности паяных разработанным припоем соединений и достижение температуры пайки в приемлемом для стали интервале 1100-1160°C.

Система Ni-Cr-Si-Be перспективна для создания новых припоев. В ней установлено наличие двух легкоплавких составляющих, которые обладают хорошими качествами, такими как: более низкая температура плавления и жидкотекучесть. На основе этих данных разработаны сплавы-припои.

Для исследования влияния легирования бериллием и кремнием на структурно-фазовое состояние никелевых сплавов выбраны 16 сплавов, в которых варьируется количество кремния от 4 до 8% и бериллия от 2 до 5%. Был проведен металлографический и дифференциально-термический анализ этих сплавов для установления зависимости температуры и интервала плавления от микроструктуры, а также измерена их микротвердость. Сравнивались структуры и термограммы с постоянным количеством кремния (4 и 6%), а затем с постоянным количеством бериллия (2-4%) и значения микротвердости. Затем теми же методами (исследовались 4 сплава) определено оптимальное количество хрома. По итогу исследований сделаны выводы, и выбран оптимальный состав сплава Ni-7Cr-5Si-3Be.

Для создания припоя выбран инновационный метод быстрого

затвердевания расплава на вращающемся диске-холодильнике с получением нанокристаллической ленты. С помощью полученной ленты осуществлена пайка экспериментальных образцов и определен оптимальный режим пайки, при которой полностью диффундируют в основной материал легкоплавкие элементы, и образуется твердый раствор, поскольку эвтектика малопластична и ее наличие в шве нежелательно. Установленный режим пайки: 40 мин при температуре 1150°C при величине зазора <50 мкм.

Для исследования прочностных характеристик спаяны и испытаны на одноосное растяжение цилиндрические образцы из стали X18H10T. Значения предела прочности этих образцов, значительно превысили аналогичные значения для борсодержащих припоев (соединение, паянное 1301A выдержало (41758) МПа.), и составили (52552) МПа.

Следовательно, система Ni-Cr-Si-Be – перспективна для создания быстрозакаленных ленточных припоев, а Ni-7Cr-5Si-3Be – перспективный высокотемпературный припой, который благодаря своим лучшим характеристикам может заменить в производстве некоторые борсодержащие припои, такие как 1301A.

ДОКЛАДЧИК:

Петрашкевич Евгения Эдуардовна
(Petrashkevich Evgenia Eduardovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Комбинированная технология производства в авиационной промышленности в рамках импортозамещения

The combined technology of the production in the aviation industry within the importing substitution

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
(Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Петрашкевич Евгения Эдуардовна
(Petrashkevich Evgenia Eduardovna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В проекте разработан метод производства с применением технологии гидроабразивной резки и технологии стереолитографии в авиационной промышленности, проведены исследования с помощью различных методов анализа, в результате которых были сделаны выводы, что за счет комбинированной технологии производства возможен вывод производства самолетов на новый технологический уровень.

Annotation

In the project it is offered to use a production method with an application of waterjet cutting technology and stereolithography technology in the aviation industry, researches with the help of various methods of the analysis are conducted, as a result of which conclusions were drawn that due to a combined production technology aircraft production can be output to a new technological level.

Ключевые слова: аэрокосмическая продукция, гидроабразивная резка, прототипирование, экономика страны, производство самолетов, импортозамещение

Keywords: aerospace products, waterjet cutting, prototyping, economics of the country, the production of planes, import substitution

Проект нацелен на улучшение состояния отрасли авиастроения в России. Темп развития отрасли является одной из ключевых составляющих комплексного состояния экономики страны.

На современном этапе реализуется государственная программа Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы», предполагающая высокие темпы развития отрасли (рисунок 1), наращивание объемов производства, увеличение участия в международной интеграции и выход на новые рынки.

Основные усилия государства направлены на захват определенной доли внутреннего и мирового рынка самолетостроения и повышение импортозамещения в России. Таким образом, за счет проекта необходимо осуществить вывод производства деталей самолетов на новый технологический уровень.

Чтобы справиться с существующими проблемами отрасли авиастроения в России, необходима модернизация и повышение качества процесса производства деталей самолетов для дальнейшего улучшения состояния отрасли в целом.

Одним из главных направлений повышения уровня самолетостроения является улучшение качественных характеристик изделий, снижение временных и материальных затрат, тем самым повышение эффективности процесса производства самолетов.

В первую очередь необходимо наличие мощного авиационного потенциала и внедрение в процесс AS/EN 9100 series – Стандартов для аэрокосмической промышленности, что является существенным условием

Рис. 1 - Основные целевые индикаторы самолетостроения государственной программы «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы»

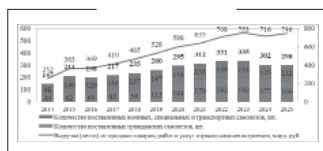


Рис. 2 - Структурная схема предлагаемой технологии

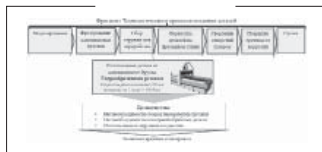


Рис. 3 - Отклонение показателей установки комбинированной технологии (D, %) и сравнение показателей качества установки и ее аналога

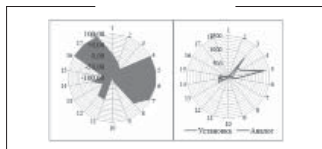


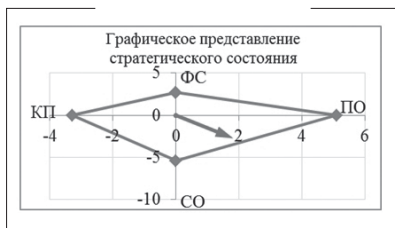
Рис. 4 - Дерево рисков



Рис. 5 - Диаграмма Парето для выявления высоких рисков, где Кр – коэффициент риска



Рис. 6 - Графическое представление стратегического состояния предприятия, где ФС – это финансовая сила предприятия, КП – конкурентоспособность предприятия, ПО – привлекательность отрасли, СО – стабильность внешней среды



социально-экономического и инновационного развития страны.

В рамках проекта был осуществлен ряд исследований, основанных на изучении цикла производства деталей самолетов одного из заводов ОАО «Объединенная авиастроительная корпорация», в результате чего были сделаны выводы о необходимости разработки технологии и исследования ее применимости на практике. В качестве решения проблем предлагается комбинированная технология производства в авиационной промышленности. В ходе исследования была рассмотрена возможность ее применения на предприятиях для повышения потенциала рынка самолетостроения с дальнейшим импортозамещением.

Методы

В результате построения карты потока создания ценности (рисунок 2) проанализирован технологический процесс создания деталей и предложены пути решения. Во время исследований получены сравнительные характеристики показателей качества и посчитано отклонение показателей установки комбинированной технологии от аналога (рисунок 3), за счет которых была осуществлена оценка различия установок, что позволило выделить преимущества установки, использующейся в предлагаемой технологии.

В ходе исследований был оценен технический уровень новшества, на основании результатов оценки можно сделать вывод о перспективности технологии. Значение показателя коммерческого потенциала научно-технической разработки соответствует по выбранной шкале среднему уровню, что указывает на возможность достижения поставленных целей за счет комбинированной технологии.

Построена диаграмма Ганта, с помощью которой рассчитаны примерные затраты ресурсов, трудозатраты и продолжительность внедрения проекта в производство. Также по диаграмме исследована структура проекта и связи между задачами.

Было разработано дерево рисков (рисунок 4), построена диаграмма Парето (таблица) (рисунок 5) для выявления высоких рисков. Проведены PEST-, SWOT-, и SPACE-анализы (рисунок 6), которые предварительно указывают на конкурентное состояние характерное для привлекательной отрасли, что подтверждает сделанный анализ конкуренции по методу Портера. Проанализирован список основных угроз, в числе которых развитие конкурентных технологий, неблагоприятный сдвиг в курсе валют, инновация не будет принята рынком.

Результаты

На сегодняшний момент при производстве деталей самолета применяют штамповку, гидроабразивную обработку и литье. Обратив внимание на технологический процесс создания деталей, можно заметить, что, при внесении коррективов в методы обработки металла, возможно сократить этапы создания детали за счет применения технологии. В результате получим экономию сырья и времени, а на выходе – более качественные детали.

Использование технологии может помочь в решении проблемы, связанной с необходимостью в предотвращении появления посторонних шумов от несовершенства подгонки деталей самолета. За счет нее возможно достичь точность и легкость соблюдения необходимых размерных характеристик, а также точность позиционирования.

Комбинированная технология производства, которая нацелена на российских производителей самолетов, может стать привлекательной для Министерства Обороны России, и в связи со схожими целями может быть реализована на российских производствах самолетов, входящих в ОАО «Объединенная Авиастроительная Корпорация», которая была создана в соответствии с указом Президента РФ от 20 февраля 2006 г. №140 «Об открытом акционерном обществе «Объединенная авиастроительная корпорация» для развития научно-производственного потенциала авиастроительной отрасли.

В проекте предложено использовать метод производства с применением технологии гизроабразивной резки и технологии стереолитографии в авиационной промышленности, в результате сделаны выводы, что за счет комбинированной технологии производства возможен вывод производства самолетов на новый технологический уровень. Это может привести к формированию устойчивого процесса производства сложных компонентов самолетов с высокой точностью. Предложенная технология позволит снизить временные и материальные затраты, уменьшить отходы от производства. Также приведет к повышению функциональности производства.

Следующим этапом планируется дальнейшее углубленное изучение технологии на практике, что позволит провести испытания, выяснить обоснованность сделанных выводов, усовершенствовать и использовать комбинированную технологию в российском производстве деталей самолетов, а в последующем как основную в новейших наукоёмких

проектах по развитию авиации в стране.

Список используемых источников

1. ОАО «Объединенная Авиастроительная корпорация», URL: <http://www.uacrussia.ru/ru/> (10.12.2014)
2. Чабаненко, А.В. Стандартизация наукоемкой продукции. // Стандарты и качество. – 2015 - № 1
3. Водорезка, гидроабразивная резка металла водой – станок OMAX – Comodo Dragon, URL: <http://www.omaxjetsystem.ru/> (10.09.2014)
4. 3d принтер iPro 9000 – купить, URL: <http://vektorus.ru/shop/product/3d-printer-ipro-9000-ipro9000/> (10.09.2014)
5. Лазерное оборудование, лазерные станки, URL: <http://www.newlaser.ru/laser/lc/clients/> (10.12.2014)
6. Назаревич, С.А. Методика оценки технического уровня новшества // Стандарты и качество. - 2014. - № 6.
7. Клеткина, Ю.А. Оценка коммерческого потенциала интеллектуальной собственности // Российское предпринимательство. — 2008. — № 12. — с. 70-75
8. AS/EN 9100 series – Стандарты для аэрокосмической промышленности

ДОКЛАДЧИК:

Полякова Людмила Сергеевна
(Polyakova Lyudmila Sergeevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Процессы лактидной полимеризации катализируемые комплексами меди(II)

Processes lactide polymerization catalyzed by copper(II) complexes

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Санкт-Петербургский
государственный
технологический институт
(технический университет)
(Saint-Petersburg State Institute of
Technology (Technical University))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Полякова Людмила Сергеевна
(Polyakova Lyudmila Sergeevna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Синтезированы новые катализаторы процессов лактидной полимеризации для получения материалов медико-биологического назначения на основе комплексов меди(II). Проведены предварительные исследования полученных полимеров.

Annotation

New catalysts of processes of lactide polymerization for receiving materials of medicobiological appointment on the basis of copper (II) complexes are synthesized. Preliminary researches of the received polymers are conducted.

Ключевые слова: медь; карбоксилатные комплексы; структурный анализ; лактидная полимеризация; катализ

Keywords: copper; carboxylate complexes; structural analysis; lactide polymerization; catalysis

Цели и задачи

Целью данного проекта является получение, физикохимическое и структурное исследование аминатных комплексов меди(II) с перфторкарбоксилатными лигандами, способных выступать в качестве катализаторов реакции лактидной полимеризации, и изучение их способности катализировать реакцию полимеризации в системе катализатор – димер молочной кислоты, в блоке мономера, или в растворе для получения полимеров, обладающих узким молекулярно-массовым распределением.

Задачи проекта:

1. разработка методик синтеза моноядерных комплексов меди(II) с карбоксилатными лигандами, в том числе фторсодержащими $\text{Cu}(\text{Am})\text{n}(\text{RCO}_2)_2$ (Am – моно- или бидентантный амин или азотсодержащий гетероцикл, R – CF_3 , C_3F_7 , C_4F_9), получение образцов для структурного анализа и физико-химическое описание полученных соединений
2. определение относительной каталитической активности полученных катализаторов в модельной реакции лактидной полимеризации L-лактида и капролактона.

Введение

В настоящее время все больший интерес представляют полимерные биоматериалы на основе производных молочной и гликолевой кислот, широко применяемые в медицине [1], как фиксаторы поврежденных костей и суставов и саморассасывающиеся хирургические нити, сельском хозяйстве [2] и биохимии [3]. Одна из главных причин интереса к этому классу соединений – это возможность изменять физические и химические свойства полимера в широком диапазоне. Как и в других полимерных системах, эти свойства во многом зависят от используемых мономера/сомономера и катализатора, от которого, в свою очередь, зависит

молекулярная масса и микроструктура образующегося полимера [4, 5].

На данный момент, как катализатор, для получения подобных систем, обладающих заданными свойствами чаще всего используется октоат олова ($\text{Sn}(\text{C}_7\text{H}_{15}\text{CO}_2)_2$). Однако он обладает рядом существенных недостатков, среди которых - трудность удаления катализатора из блок-сополимера после окончания процесса и высокая токсичность соединения, что ограничивает его использование в биомедицинских целях.

Эти факторы привели к проблеме поиска альтернативных катализаторов лактидной полимеризации на основе биогенных химических элементов, не обладающих выраженной цито- и нефротоксичностью и приводящих к полимерам, имеющим узкое молекулярно-массовое распределение. С данной точки зрения перспективны аминатные комплексы меди(II) с карбоксилатными лигандами, обладающими хорошей растворимостью в неполярных системах.

Методы и материалы

Методы исследования:

-анализ на определение содержания металла проводился гравиметрически, после прокаливании образцов в токе водорода и ли методом инверсионной вольтамперометрии, после вскрытия комплексов;

-ИК-спектроскопия будет проводиться методом таблетирования образцов с KBr, регистрироваться в области 5000–400 см^{-1} на ИК-фурье спектрофотометре ФСМ-1202 (ООО «Инфраспек», г. Санкт-Петербург);

-измерение ЭСП в растворах будет проводиться на спектрофотометре СФ-56 в кварцевых кюветах в интервале 200 ÷ 1100 нм;

-элементный анализ будет проводиться на CHNS-анализатор Perkin-Elmer 2400 методом сжигания вещества в токе кислорода;

-PCA комплексов будут выполнены на автоматическом дифрактометре Bruker Smart APEX II CCD (Mo $K\alpha$ -излучение, $\lambda = 0.71073 \text{ \AA}$, графитовый монохроматор);

-определение относительные каталитические активности полученных соединений в модельной реакции лактидной полимеризации будет проводится в системе катализатор – димер молочной кислоты, при соотношении компонентов от 1:250 до 1:700 в блоке мономера (вакуум), или в растворе (аргоновая атмосфера) в аппаратуре Шленка.

Материалы: исходные соединения $\text{Cu}(\text{phen})\text{Cl}_2$ и $\text{Cu}(\text{phen})_2\text{Cl}_2$ были получены, согласно [6]. Коммерческие реактивы: 1,10-фенантролин моногидрат (чда), нитрат серебра (хч), трифторуксусная кислота, были использованы без дополнительной очистки. Трифторацетат серебра был приготовлен растворением свежееосажденного оксида серебра(I) в трифторуксусной кислоте.

Результаты

В настоящее время нами были получены и исследованы комплексы $[\text{Cu}(\text{phen})(\text{CF}_3\text{COO})_2](\text{H}_2\text{O})_2$ (I), $[\text{Cu}(\text{phen})_2(\text{CF}_3\text{COO})](\text{CF}_3\text{COO})\text{CF}_3\text{COOH}$ (II). Получены предварительные структурные данные для $[\text{Cu}(\text{phen})(\text{C}_3\text{F}_7\text{COO})_2]$ (III) и $[\text{Cu}(\text{phen})_2(\text{C}_4\text{F}_9\text{COO})_2]$ (IV). Все соединения были синтезированы взаимодействием исходных хлоридных или сульфатных соединений меди(II) с бариевыми $\text{Ba}(\text{RCO}_2)_2$ или серебряными RCO_2Ag солями соответствующих карбоновых кислот в кислых водных растворах.

Комплексы I и II были выделены и охарактеризованы методом PCA. Комплекс I кристаллизуется в моноклинной сингонии с пр. гр. $C2/c$ с параметрами элементарной ячейки a 19.380(8), b 11.363(6), c 7.683(4) $\text{\AA}$, β 104.455(11) (град), V 1638.3(14) ($\text{\AA}^3$), Z 4, R 4.56%; II - в моноклинной сингонии с пр. гр. $P2_1/c$ с параметрами элементарной ячейки a 9.0465(7), b 15.4497(12), c 22.2792(18) $\text{\AA}$, α 90.00, β 104.455(11), γ 90.00 (град), V 3100.5(4) ($\text{\AA}^3$), Z 4, R 12.63%. В комплексе I атомы меди находятся в искаженном тригонально-бипирамидальном окружении, образованном четырьмя атомами азота фенантролиновых лигандов со средним расстоянием $\text{Cu-N} \sim 2.044 \text{ \AA}$ и атомом кислорода карбоксилатного лиганда ($\text{Cu-O} \sim 2.060 \text{ \AA}$). Дополнительная устойчивость комплекса обеспечивается за счет образования стековых взаимодействий между фенантролиновыми фрагментами соседних молекул, межплоскостное расстояние для которых составляет 3,662 $\text{\AA}$. В комплексе II атомы меди находятся в октаэдрическом окружении четырех атомов кислорода карбоксилатных лигандов, два из которых находятся в плоскости перпендикулярной плоскости фенантролинового кольца ($\text{Cu-O} \text{ 2.446\AA}$), а остальные два в одной плоскости с ним ($\text{Cu-O} \text{ 1.998}$, $\text{Cu-N} \text{ 2.028\AA}$). Также отмечено образование стековых взаимодействий между фенантролиновыми кольцами соседних молекул, межплоскостное расстояние которых составляет 3.581 $\text{\AA}$. В

кристаллической структуре данного комплекса присутствует широкая сеть водородных связей. Комплексы III и IV только предварительно описаны методом рентгеноструктурного анализа из-за колебаний перфторакильного радикала карбоксилатных лигандов в кристаллической структуре.

Все соединения охарактеризованы электронной, ИК-спектроскопией и масс-спектрометрией.

Исследована относительная каталитическая активность соединений I – IV в реакции полимеризации димера молочной кислоты с образованием полимолочной кислоты. Для всех четырех образцов конверсия мономера и выход полимера превышают аналогичные показатели реперного соединения, октоата олова.

Список используемых источников

[1]. Kowalski A., Duda A., Penczek S. // *Macromolecules*. 2000. Vol. 33. P 7359 –7370. DOI: 10.1021/ma000125o.

[2] Darensbourg D.J., Choi W., Richers C.P.// *Macromolecules*. 2007. Vol. 40. P. 3521. DOI: 10.1021/ma062780n.

[3] Яцимирский, К.Б. Введение в бионеорганическую химию. Киев: Наук. 1976. 144 с.

[4] Wang L., Poirier V., Ghiotto F., Bochmann M., Cannon R. D., Carpentier J-F., Sarazin Y.. // *Macromolecules* 2014, V. 47, P. 2574 – 2584. DOI: 10.1021/ma500124k

[5] Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека.-М.: Оникс 21 век. 2004. 216 с.

[6] Chandreleka S., Ramya K., Chandramohan G., Dhanasekaran D., Priyadharshini A., Panneerselvam A.. // *Journal of Saudi Chemical Society*. 2011. Vol. 18. P. 953-962. DOI: 10.1016/j.jscs.2011.11.020

Information about the project

ДОКЛАДЧИК:

Романенко Мария Игоревна
(Romanenko Maria Igorevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Модифицированная древесина
Modified wood

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» (ФГБОУ ВПО ПГУАС)
(Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Penza state University of architecture and construction" (FSBEI HPE PGUAC))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Романенко Мария Игоревна
(Romanenko Maria Igorevna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Разработаны вещество и технология по объемному модифицированию древесины лиственных пород с целью их включения в торговый оборот. В результате чего повысились физико-механические и эксплуатационные свойства изделий, и снизилась их себестоимость.

Annotation

Developed material and technology for bulk inoculation of hardwoods with a view to their inclusion in trade turnover. Resulting in improved physical-mechanical and operational properties of the products, and decreased cost.

Ключевые слова: модифицированная древесина; пожаростойкость; долговечность; лиственные породы; экономическая эффективность; рентабельность

Keywords: modified wood; fire resistance; durability; deciduous; economic efficiency; profitability

В непростых условиях интенсивного развития инновационной экономики максимально повысился интерес к проблеме эффективного и рационального использования природных возобновляемых ресурсов региона.

Древесина обладает высокой прочностью и небольшим весом, что создает благоприятные условия для широкого применения в строительной индустрии и мебельной промышленности.

На сегодняшний день основным сырьем для производства строительных материалов служат хвойные породы древесины благодаря их высоким эксплуатационным свойствам. Лиственные породы преимущественно не находят своего применения и являются перестоем на лесосеках России, несмотря на их высокую возобновляемость и низкую себестоимость, относительно древесины хвойных пород.

На лесосеках России ежегодно сгнивает порядка 70 млн. м³ древесины лиственных пород (береза, осина, ольха, тополь и др.), состав которых в общем лесном фонде с каждым годом увеличивается, что ожидается и на ближайшие 20-25 лет. Отказ от использования такой древесины

оборачивается большими финансовыми потерями для регионов и для самой России.

Недостаточное количество качественной древесины в регионах вынуждает предприятия закупать и доставлять высококачественную древесину хвойных пород из северных регионов.

Предлагаем включить в торговый оборот неиспользуемые сорта за счет производства модифицированной древесины лиственных пород, основанного на инновационной технологии.

Речь идет о производстве модифицированной древесины лиственных пород и изделия на ее основе методом объемной пропитки водорастворимыми полимерами.

Внедрение предложенной технологии позволит сократить импорт древесины ценных пород и сохранить лесные насаждения редких, хвойных пород России.

Цель работы – разработка технологии и вещества для объемного модифицирования древесины лиственных пород.

Задачи:

- включить в торговый оборот неиспользуемую древесину лиственных пород;
- снизить вырубку ценных пород древесины;
- повысить пожаростойкость древесины;
- придать хороший декоративный внешний вид;
- достичь высокоэксплуатационных свойств: прочности, долговечности, формоустойчивости, снизить влаго- и водопоглощение;
- снизить технологический регламент обработки древесины;
- увеличить выход готовой продукции;
- снизить себестоимость готовых изделий;
- решить экологическую проблему лесных массивов;
- повысить отчисления в местный бюджет;
- создать новые рабочие места.

Древесина является капиллярно-пористым материалом, в результате чего пропиточные составы могут свободно проникать через всю толщу образца. Для этого необходимо создание разности давления на торцах капилляров.

Максимальное проникновение пропиточных составов осуществляется вдоль капилляров, поэтому технология предусматривает именно объемную пропитку, а не поверхностную. Качество объемной пропитки древесины определяется равномерностью распределением модификатора по сечению образца.

Помимо этого, древесина является природным полимером, поэтому в качестве пропиточных составов целесообразно использовать органические полимерные вещества, которые могут взаимодействовать с лигнином, целлюлозой и образовывать прочные сшивки.

Предложено использовать в качестве пропиточного материала водорастворимые полимерные растворы.

Одной из целей исследований явилось проведение сравнительных испытаний модифицированной с не модифицированной: прочности на сжатие вдоль и поперек волокон, прочности на изгиб, формоустойчивости, водонасыщения древесины, водостойкости, гидрофобности, пожаростойкости.

Исследования проводились по методикам нормативно-технической документации.

Рассчитывалась экономическая эффективность предлагаемых инновационных решений.

Разработана инновационная технология и полимерный модификатор по объемному модифицированию древесины лиственных пород. Они позволяют:

- использовать некондиционное сырье в производстве изделий строительного назначения с высокими эксплуатационными свойствами;
- сократить вырубку ценных пород древесины;
- снизить себестоимость изделий за счет использования древесины лиственных пород на 25-30%.
- уменьшить расход электроэнергии на 30-50% за счет сокращения технологического цикла;
- увеличить выход готовой продукции с 40% до 80%;
- повысить эксплуатационные свойства древесины лиственных пород (прочность, долговечность, формоустойчивость, снизить водопоглощение);

- улучшить эстетические свойства;
- повысить пожаростойкость материалов.

Модифицированная древесина экологически нейтральна по воздействию на организм человека.

Модифицирование направлено на изменение структуры древесины, в результате чего получается новый композиционный материал.

Новизну предлагаемых инновационных решений подтверждают полученные патенты РФ на изобретения, а именно на способ модифицирования древесины и полимериизационно-пропиточный раствор для модифицирования древесины [1,2].

Из такой древесины целесообразно изготавливать различные материалы строительного назначения: пиломатериалы, паркетную клепку, паркетную доску, оконные и дверные блоки, опоры линии электропередач, заготовки для производства мебели, противопожарные экраны, контейнеры для хранения боеприпасов и т.д.

Потребителями продукции могут быть: сельское хозяйство, производство строительных материалов, мебельное производство, железнодорожный транспорт, частный предприниматель, электросети.

Одним из основных требований, предъявляемых к строительным материалам является пожаростойкость. Заказы на установку дверных блоков в первую очередь основываются на свойствах, обеспечивающих высокую пожаростойкость дверного блока – коробка, обналочка, полотно. Это обеспечит экран, который не позволит проникнуть огню в помещение, что позволит своевременно людям покинуть горящее здание. Не обработанная древесина дверного блока сгорает за 2-5 мин.

При использовании металлических огнезащитных дверей в первую очередь сгорает коробка, и дверь под действием веса падает, открывая свободный путь для движения огня.

Согласно действующему стандарту по огнезащитной эффективности модификаторы для древесины делятся на I и II группы. Группу устанавливают по результатам огневых испытаний стандартных образцов.

При потере массы образцов не более 9% для модификатора устанавливают I группу огнезащитной эффективности. При потере массы более 9%, но не более 25% – II группу. При потере массы более 25% считают, что опробованный состав не является огнезащитным, у необработанной древесины потеря массы составляет – от 50 до 80%.

Разработанный состав модификатора обеспечивает пожаростойкость I группы, потеря массы не превышает 9%. Потеря массы по предлагаемой технологии 3-5% (рисунок 1). Модификатор структуры древесины при нагреве не поддерживает горение. На поверхности образуется «шуба», которая препятствует распространению огня.

Изделия из древесины способны впитывать влагу из воздуха, т.к. это капиллярно-пористые тела. При адсорбировании влаги в капиллярах и на поверхности древесины происходит увеличение геометрических размеров изделия. Это приводит к:

- разбуханию древесины и заклиниванию оконных и дверных блоков;
- развитию бактерий, вызывающих биологическую коррозию древесины (растворение сахаров и сахаридов древесины в водной среде является питательным субстратом для развития бактерий и грибов).

Придания гидрофобных свойств изделиям из древесины является путем повышения их долговечности. Предлагаемая технология решает данную проблему.

Подъем воды по капиллярам модифицированной древесины становится практически не преодолимой, т.к. на поверхность капилляра адсорбируются молекулы кремнийорганического соединения и образуют не смачиваемую поверхность. Модифицированная древесина обладает повышенной водостойкостью к действию агрессивных сред, что объясняется замедленной диффузией агрессивных жидкостей внутрь древесины (рисунок 2).

Проведен экономический расчет предлагаемых решений.

На примере производства паркетной доски, с 1 м³ выход готовой продукции составляет 30,0 м² вместо 18,0 м² по принятой технологии. При реализации паркета, прибыль составит 51,0%, в денежном выражении – 18090 руб. с 1 м³ заготовки.

Более подробно остановимся на производстве дверных блоков компанией ЗАО «Дера». Проведен сравнительный расчет экономической эффективности производства дверного блока по используемой предприятием и рекомендуемой нами технологиям:

Рис. 1 - Испытания в установке «Огневая труба»

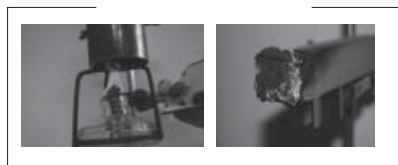
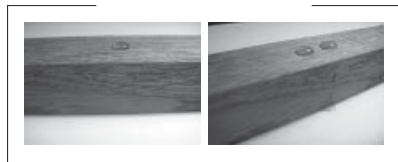


Рис. 2 - Гидрофобная поверхность модифицированной древесины



1. За счет снижения себестоимости производства (использования другого вида сырья) прибыль компании в год увеличилась на 8197496,64 руб.

2. За счет снижения брака, расширения номенклатуры, снижения транспортных расходов и использования местной сырьевой базы общая прибыль увеличилась на 30397745,984 руб. Выход готовой продукции с 1 м³ древесины увеличивается в 1,7 раза.

Инновационная разработка конкурентоспособна как на внутреннем, так и на внешних рынках.

Таким образом, использование модифицированной древесины лиственных пород в производстве строительных материалов и изделий позволит включить в торговый оборот в замен хвойных и дорогостоящих мало используемые лиственные сорта, решить экологические проблемы регионов с наличием лесных массивов, повысить эффективность предприятий.

Библиографический список:

1. Пат. 2474492 Российская Федерация, МПК В27К 3/08 В27К 3/34 В82У 99/00. Способ модифицирования древесины / Романенко М.И.; заявитель и патентообладатель Романенко М.И. – 2011131673/13; заявл. 27.07.2011; опубликовано 10.02.2013, Бюл. № 4. – 8 с.

2. Пат. 2479422 Российская Федерация, МПК В27К 3/08 В27К 3/52 В27К 3/26 В82У 99/00. Полимеризационно-пропиточный раствор для модифицирования древесины / Романенко М.И.; заявитель и патентообладатель Романенко М.И. – 2011131674/13; заявл. 27.07.2011; опубликовано 20.04.2013, Бюл. № 11. – 7 с.

ДОКЛАДЧИК:

Романов Алексей Евгеньевич
Руководитель экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Дисклинация в структуре материалов

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Лаборатория «Нанокатализаторы и функциональные материалы»

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Романов Алексей Евгеньевич

ТЕЗИСЫ:

Abstract

Disclinations are unique physical objects that influence mechanical behavior and physical properties of structured materials. Disclinations are responsible for formation and evolution of rotational structures in conventional crystals and amorphous solids. They are the only stable defects in liquid crystals. The properties of disclinations can be understood in the framework of various approaches starting from mechanics of elastic continuum and ending with first-principle quantum mechanics calculations. Disclination models serve as tools for the description and prediction of structure evolution in various classes of materials including conventional polycrystals, nano-crystalline solids, small particles and atomic clusters, thin film electronic materials etc.

In this lecture, a short overview on recent achievements in the field of mechanics and physics of disclinations in solids is presented. The following themes are covered: disclination definition and notation; geometrical properties of disclinations; disclination stresses and energy; screening for disclinations; disclination modeling of structures and deformation processes in solids.

Basing on the properties of screened disclinations we discuss a number of qualitative and quantitative models for the structure formation and evolution in deformed materials. Disclination approach to grain boundaries and their junctions successfully predicts grain boundary energy dependence on misorientation angle in conventional polycrystals and graphene. The bands with misorientated crystal lattice in metals and other materials are described as a result of partial wedge disclination dipole motion. It is argued that the same description is valid in the analysis of deformation twinning phenomena. Disclination approach is applied to the study of work-hardening at large strains and microcrack nucleation in ductile materials. Disclination models for the structure and properties of nano- and microcatalysts, nanostructured materials and amorphous solids are also reported. These models explain unusual pentagonal symmetry found in nano-particles and nanorods of materials with FCC crystal structure and predict stability and relaxation phenomena in such pentagonal objects. For nanocrystals disclination approach allows to explain the peculiarities of the flow stress dependence on the grain size. The role of disclinations in relaxation of mechanical stresses in lattice mismatched thin layers placed on the bulk substrate is linked to the appearance of domain patterns, which are often observed in the layers after reaching a critical thickness.

The supports from the Ministry of Education and Science of Russian Federation (resolution # 220) at Togliatti State University (grant № 14.B25.31.0011) and International Research Laboratory program at ITMO University are gratefully acknowledged.

Дисклинации – уникальные физические объекты, которые оказывают влияние на механическое поведение и физические свойства структурированных материалов. Дисклинации отвечают за формирование и эволюцию ротационных структур в обычных кристаллах и аморфных твердых телах. Они являются единственно возможными стабильными структурными дефектами в жидких кристаллах. Свойства дисклинаций могут быть проанализированы в рамках различных подходов, начиная от механики упругого континуума и заканчивая квантово-механическими расчетами «из первых принципов». Дисклинационные модели служат инструментом при описании и предсказании структурных перестроек в самых разных классах материалов.

В настоящей лекции даётся краткий обзор недавних достижений в области механики и физики дисклинаций в твердых телах. Наибольшее внимание уделено определению дисклинаций, их геометрическим свойствам, напряжениям и упругой энергии дисклинаций, экранированию дисклинаций, дисклинационным моделям структуры и деформационных процессов в твердых телах.

Опираясь на свойства экранированных дисклинаций, обсуждается набор качественных и количественных моделей структурных изменений в деформируемых материалах. Дисклинационный подход к анализу границ зерен и зернограницных стыков успешно применяется для предсказания зависимости энергии границ зерен от разориентировки в поликристаллах и графене. Полосы с разориентированной кристаллической решеткой в металлических и других материалах описываются как результат движения диполя частичных клиновых дисклинаций. То же самое описание применимо при анализе явления деформационного двойникования. Дисклинационный подход используется при исследовании деформационного упрочнения при больших деформациях и образования микротрещин в пластичных материалах. Сообщается о дисклинационных моделях нано- и микрокатализаторов, наноструктурированных объемных материалов и аморфных твердых тел. Эти модели успешно объясняют необычную пентагональную симметрию, наблюдаемую для наночастиц и наностержней с ГЦК кристаллической структурой и предсказывают стабильность и релаксацию подобных пентагональных объектов. Для объемных нанокристаллов дисклинационный подход позволяет объяснить особенности зависимости напряжения течения от размера зерна.

Автор благодарен Министерству образования и науки РФ за поддержку в рамках проекта № 14.B25.31.0011, выполняемого в Тольяттинском государственном университете по постановлению Правительства РФ № 220, а также Программе международных исследовательских лабораторий Университета ИТМО.

Проф. д.ф.-м.н. Алексей Е. Романов.

Ведущий ученый по 220 проекту в лаборатории «Нанокатализаторы и функциональные материалы» Тольяттинского государственного университета.

Заведующий Кафедрой современных функциональных материалов Университета ИТМО.

Главный научный сотрудник Сектора теории твердого тела ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН.

Индекс Хирша $h = 36$; 4423 цитирования по Web of Science.

ДОКЛАДЧИК:

Ручкина Валентина Сергеевна
(Ruchkina Valentina Sergeevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Получение нанопорошковых лигатурных брикетов для модифицирования и армирования сплавов CU-ALN и NI-ALN

Obtaining of nanopowder ligature briquettes CU-ALN and NI-ALN for modification and reinforcement alloys

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГАОУ ВО «Самарский
государственный аэрокосмический
университет имени академика
С.П. Королева (национальный
исследовательский университет)»
(Samara state aerospace
university (SSAU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Ручкина Валентина Сергеевна
(Ruchkina Valentina Sergeevna)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Исследовано механическое смешивание в центробежной мельнице «Пульверизетте-5» и смесителе типа «Пьяная бочка» материалов – носителей порошка меди с размером частиц до 100 мкм и порошка никеля с размером частиц до 75 мкм с порошковой композицией состава $AlN+Na_3AlF_6$ в виде волокон размером порядка 100 нм, полученной методом СВС. Определены некоторые физико-технологические свойства полученных после смешивания порошковых композиций. Для формирования нанопорошковых лигатурных брикетов применялось одноосное холодное прессование с давлением до 23 МПа. Получены брикеты массой 2,5 грамм, диаметром 25 мм, высотой до 1,3 мм.

Annotation

Mechanical mixing in centrifugal mill “Pulverisette-5 and the mixer type “Drunken barrel” the carrier – material copper powder with particle size to 100 microns and the nickel powder with particle size 75 μm with powder composition $AlN+Na_3AlF_6$ in the form of fibers with size in the order 100 nm, obtained by the SHS method, was investigated. Some physical and technological properties of the powder compositions were determined. For the forming of nanopowder ligature briquettes were applied uniaxial cold pressing with the pressure 23 MPa. Briquettes with weight 2.5 grams, diameter 25 mm, height 1.3 mm were obtained.

Ключевые слова: Порошок меди, порошок никеля, нитрид алюминия, механическое смешивание, прессование, модифицирование

Keywords: Copper powder, nickel powder, aluminum nitride, mechanical mixing, pressing, modification

С развитием техники к материалам предъявляют все более возрастающие требования в отношении их прочности и жаропрочности, жаростойкости, коррозионной стойкости и других свойств. Удовлетворение этих требований определяет возможность создания производственных процессов, машин и устройств с высокими рабочими параметрами и прежде всего температурой. Сохранение требуемых свойств при повышенных температурах, часто вблизи температуры плавления металла – основы, и является характерной отличительной чертой материалов, называемых высокотемпературными. Прогресс в создании материалов с очень высокими служебными свойствами связан с порошковыми высокотемпературными материалами, среди которых принято выделять тугоплавкие металлы, твердые тугоплавкие соединения, керамикометаллические упрочненные дисперсными включениями и армированные волокнами материалы.

Известны различные способы получения лигатурных брикетов, предназначенных для модифицирования металлов и сплавов. Однако способ порошковой металлургии позволяет практически точно изменять содержание легирующих добавок в сплаве.

Целью данной работы было исследование режимов механического смешивания и последующего компактирования порошковых смесей состава Cu-AlN и Ni-AlN для получения лигатурных брикетов, используемых для последующего введения в расплав с целью модифицирования.

Механическое смешивание исходных компонентов: порошков – носителей медного порошка с размером частиц до 100 мкм и никелевого порошка с размером частиц до 75 мкм с порошковой композицией, состоящей из нитрида алюминия (AlN) – 65%, гексафторалюмината натрия (Na_3AlF_6) – 35%, полученной по азидной технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, в виде волокон размером порядка 100 нм, осуществлялось в течение 60 минут в планетарной мельнице «Пульверизетте-5» и смесителе типа «пьяная бочка». Были получены порошковые смеси для последующего компактирования: Cu-2,5%AlN и Cu-5%AlN с размером части до 75 мкм, Ni-2,5%AlN и Ni-5%AlN с размером части до 60 мкм. Были определены технологические свойства полученных порошковых смесей. Наибольшей насыпной массой обладают порошковые смеси, полученные смешиванием в планетарной мельнице «Пульверизетте-5» составов Cu-2,5%AlN – 2,63 г/см³ и Ni-2,5%AlN – 3,4 г/см³. Кроме того, все полученные порошковые смеси являются не

сыпучими. Далее проводилось одноосное компактирование полученных порошковых смесей на гидравлическом прессе ПСУ-50 с давлением прессования до 23 МПа. При компактировании порошковых композиций составов Cu-AlN и Ni-AlN с давлением прессования 19...23 МПа были получены нанопорошковые лигатурные брикеты диаметром 25 мм, высотой до 1,3 мм и массой 2,5 грамм. Были определены относительная плотность и пористость полученных лигатурных брикетов.

Относительная плотность брикетов (θ) составила 30...80%, пористость (П) - 20...70%. В структурах прессованных материалов наблюдаются поры, наличие которых является необходимым, так как это облегчит растворение нанопорошковых лигатурных брикетов при последующем введении их в расплавы.

Таким образом, рассмотренные режимы механического смешивания и последующего прессования полученных порошковых смесей составов Cu-AlN и Ni-AlN позволяют получать лигатурные брикеты с необходимой пористостью, используемые для последующего введения их в расплав с целью модифицирования.

Список использованных источников:

1. Либенсон, Г.А. Производство порошковых изделий. - М.: Металлургия, 1990. - 240 с. ISBN 5-229-00497-5.
2. Напалков, В.И., Махов, С.В. Легирование и модифицирование алюминия и магния. - М.: МИСИС, 2002. - 376 с. ISBN 5-87623-100-2.
3. Носова Е.А., Кузина А.А., Куц А.В., Development of the process of pseudo-ligatures manufacturing from aluminum and nickel powders for the modification of Alloys. Applied Mechanics and Materials, Vol. 698 (2015) pp 452-456. Trans Tech Publications, Switzerland. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.698.452.
4. Крушенко, Г.Г. // Нанотехника. - 2011. - №3. - С. 55.
5. Крушенко, Г.Г. // Технология машиностроения. - 2008. - № 11. - С. 5.
6. Михеев, Р.С., Чернышова, Т.А. // Заготовительные производства в машиностроении. - 2008. - №11. - С. 44.
7. Титова, Ю.В., Шиганова, Л.А., Майдан, Д.А., Бичуров, Г.В. Получение наноструктурированного порошка нитрида алюминия по технологии СВЧ-Аз // Заготовительные производства в машиностроении. - 2013. - №7. - С. 42-45.
8. Титова, Ю.В., Шиганова, Л.А., Майдан, Д.А., Бичуров, Г.В. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез наноструктурированного порошка нитрида алюминия с использованием фторида алюминия и азиды натрия // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. - 2012. - С. 25-29.

ДОКЛАДЧИК:

Сельтикова Екатерина
Владиславовна
(Seltikova Ekaterina
Vladislavovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Численное моделирование процесса внутрипластового горения при
разработке месторождений высоковязкой нефти
Numerical simulation of in-situ combustion process for high-viscosity oil field
development

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Федеральное Государственное
Бюджетное Образовательное
Учреждение Высшего
Профессионального Образования
«Башкирский Государственный
Университет»
(Bashkir State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Сельтикова Екатерина
Владиславовна
(Seltikova Ekaterina Vladislavovna)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Путём численного моделирования решена задача внутрипластового горения применительно к месторождениям высоковязкой нефти. Математическая модель процесса построена на основе уравнения теплопроводности с распределенными источниками тепла.

Annotation

The problem of in-situ combustion is solved with the help of numerical simulation in the context of high-viscosity oil field. Mathematical model of process is built on the base of heat conductivity equation with distributed heat resources.

Ключевые слова: Внутрипластовое горение; закачка воздуха в пласт; математическое моделирование; физико-химические превращения; фильтрация

Keywords: in-situ combustion; air injection into the reservoir; mathematical modelling; physical and chemical transformations; filtration

Введение. Рост доли трудноизвлекаемых запасов нефти во всем мире приводит к необходимости поиска новых и совершенствования известных методов повышения их извлечения. На данный момент коэффициент нефтеотдачи в России достигает 37%. Достаточно перспективным является метод внутрипластового горения, осуществляемый путем закачки воздуха под высоким давлением [1]. С помощью данной технологии возможно довести нефтеотдачу до 50-80%.

Постановка задачи. В данной работе рассматривается однородный нефтегазонасыщенный пласт, пористостью ϕ и протяженностью L , с левой границы которого с постоянной скоростью нагнетается воздух с начальной концентрацией кислорода C_0 . Считается, что весь нагнетаемый кислород практически мгновенно вступает в реакцию окисления с пластовой нефтью. Нефтенасыщенность пласта равна остаточной, остальное пространство насыщено инертным газом, сжимаемостью сред, испарением и конденсацией компонентов нефти пренебрегается, теплотери в кровлю и подошву не учитываются. Тогда перенос тепла в пласте может быть описан одномерным уравнением теплопроводности с распределенными источниками тепла:

$$C_* = \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_* \frac{\partial T}{\partial x} \right) + JQ_{fuel}, \quad (5)$$

где коэффициент объемной теплоемкости для системы может быть записан как:

$$C_* = (1 - \phi) \rho_0 c_0 + \phi \rho_1 S_1 c_1 + \phi \rho_2 S_2 c_2 \quad (6)$$

Аналогично запишем коэффициент теплопроводности для системы:

$$\lambda_* = (1 - \phi) \lambda_0 + \phi S_1 \lambda_1 + \phi S_2 \lambda_2, \quad (7)$$

где Q_{fuel} – теплотворная способность топлива, [МДж/кг], J – скорость изменения массы нефти в единице объема среды в процессе окисления нефти, [кг/м³с], ρ – плотность, [кг/м³], c – удельная теплоемкость, [Дж/кг*К], λ – коэффициент теплопроводности, [Вт/м*К], S – насыщенность, T – температура, [К], t – время, [с]. Индексы 0, 1 и 2 используются для обозначения породы (скелета), нефти и газа соответственно. Считалось, что температура в начальный момент времени равнялась пластовой температуре. На границах пласта также поддерживается пластовая температура.

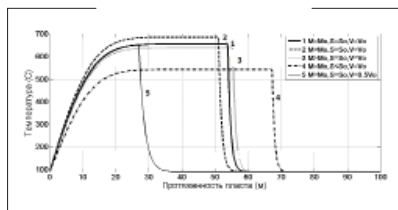
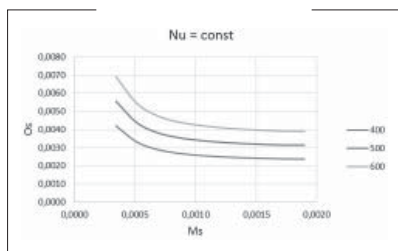
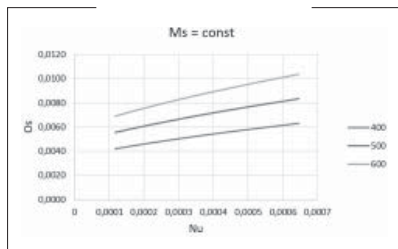
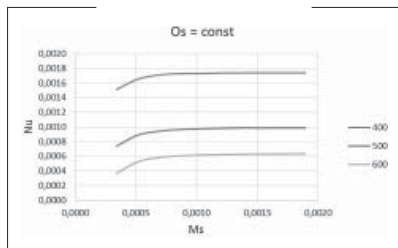
$$T(x, 0) = T_0 \quad (8), \quad T(0, t) = T_0 \quad (9), \quad T(L, t) = T_0 \quad (10)$$

Как правило, в процессе внутрипластового горения участвуют тяжелые фракции нефти, превратившиеся в углеводородный остаток. Химическую формулу горения остатка можно записать следующим образом:



где A, a, b, d – численные коэффициенты химических реакций; n – отношение числа атомов водорода H к числу атомов углерода C в углеводородном остатке; β – отношение числа молей CO_2 к числу молей CO в продуктах горения. С помощью уравнения горения мы можем получить основные

Рис. 1 - Распределение температуры в зависимости от параметров нефти

Рис. 2 - Зависимость числа Остроградского Os от числа Ms Рис. 3 - Зависимость числа Остроградского Os от числа Nu Рис. 4 - Зависимость числа Нуссельта Nu от числа Ms 

параметры горения, а также оценить динамику изменения температуры в процессе внутрипластового горения в зависимости от физико-химических характеристик нефти.

Результаты исследований. Для решения задачи был создан программный инструмент, состоящий из модуля для расчета характеристик нефти по её составу и вычислительного модуля для динамики температуры в процессе внутрипластового горения. Задача решалась численно на языке программирования MATLAB, методом контрольного объема по неявной схеме [3].

1. Технические показатели внутрипластового горения. В этой части работы рассматриваются показатели внутрипластового горения, основываясь на химической формуле реакции горения (11) [2]. В качестве основных показателей можно выделить: теплотворную способность топлива, массу кислорода, необходимого для сгорания углеводородного остатка и массы продуктов сгорания.

Теплотворная способность топлива рассчитывается по формуле Менделеева. При увеличении молярной массы углеводородного остатка, его теплотворная способность снижается, что является достаточно важным фактором при работе с трудноизвлекаемыми запасами. Выявлено, что при увеличении молярной массы углеводородного остатка, масса кислорода, необходимого для сгорания этого остатка снижается, в то время как масса углекислого газа увеличивается. Исследована зависимость массы продуктов сгорания (углекислого газа и водяного пара), образовавшихся в результате окисления 1 кг углеводородного остатка, от его молярной массы. При увеличении молярной массы углеводородного остатка, масса продуктов сгорания уменьшается.

2. Исследование динамики температуры в пласте. Во 2-ой части работы рассматривается распределение температуры в зависимости от различных параметров нефти и пласта, таких как: молярная масса, нефтенасыщенность и скорости нагнетания воздуха, так как температура является одним из главных факторов данного процесса.

В ходе исследования динамики температуры выявлено, что по мере продвижения фронта горения температура пласта повышается. После продвижения фронта горения на глубину более 20 м температура выходит на стационар. Величина максимальной температуры будет зависеть как от характеристик пласта, так и от параметров нефти.

На рис. 1 приведены кривые распределения температуры в пласте, построенные при различных значениях параметров нефти и пласта. Для сравнения за базовый результат берется распределение температуры, полученное при следующих параметрах: молярная масса нефти $M_0 = 299$ г/моль, скорость нагнетания воздуха в пласт $V_0 = 1e-6$ м/с, начальная нефтенасыщенность $S_0 = 0,1$ (кривая 1 на рис. 1).

Из сравнения кривых 2 и 1 на рис. 1 видно, что для нефти с меньшей молярной массой характерно более высокое значение температуры внутрипластового горения. Фронт горения для такой нефти будет отставать от базового результата (кривая 2 на рис. 1).

Для нефти с большей молярной массой характерно снижение температуры, в то время как скорость продвижения фронта повышается (кривая 3 на рис. 1). При уменьшении нефтенасыщенности пласта замечено значительное снижение температуры (кривая 4 на рис. 1). Уменьшение темпа закачки воздуха в пласт значительно снижает скорость продвижения фронта горения, что в свою очередь оказывает отрицательный эффект на развитие процесса внутрипластового горения (кривая 5 на рис. 1).

3. Анализ безразмерных параметров. В данной постановке задачи будем также учитывать коэффициент теплоотдачи:

$$C_* \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_* \frac{\partial T}{\partial x} \right) + JQ_{fuel} - \gamma(T - T_0) \quad (12)$$

где $\gamma = \frac{\alpha}{h}$, α – коэффициент теплоотдачи, h – толщина пласта. Теперь выделим безразмерные комплексы:

$$\text{Число Остроградского} \quad (13)$$

Число Остроградского определяет отношение характерного времени рассеяния тепла к характерному времени выделения тепла в зоне реакции.

$$\text{Число Нуссельта} \quad Nu = \frac{\gamma l_0^2}{k_0} \quad (14)$$

Число Нуссельта определяет отношение характерного времени тепловой релаксации к характерному времени теплоотвода.

$$\text{Число} \quad Ms = \frac{V_{O_2}}{V_{comb, front}} \quad (15)$$

Число Ms определяет отношение характерного времени скорости движения фронта к характерному времени скорости фильтрации.

Расчеты проводились следующим образом: одно из чисел выбиралось постоянным, в то время как остальные два меняются. Для каждого из трех случаев строится три изотермы: при 400, 500 и 600°C. На рис. 2 приведена зависимость числа Остроградского от числа Ms . График получен с помощью варьирования таких величин как остаточная нефтенасыщенность в пределах от 0.1 до 0.55 и теплотворная способность в пределах от 15 до 43.5 МДж/кг. Из графика видно, что для чисел Ms больше 0.0010 изменение характеристик системы является незначительным критерием.

График на рис.3 получен при варьировании коэффициента теплоотдачи в пределах от 0.1 до 0.55 и теплотворной способности в пределах от 26.44 до 65.3 МДж/кг. Видно, что число Остроградского зависит линейно от числа Нуссельта при постоянном числе Ms .

График на рис. 4 получен с помощью варьирования остаточной нефтенасыщенности в пределах от 0.1 до 0.55 и коэффициента теплоотдачи в пределах от 0.315 до 1.499. График показывает, что при числах Ms больше 0.0006 в системе не происходит каких-либо значительных изменений.

Таким образом, были рассмотрены различные возможные варианты развития процесса внутрипластового горения. Результаты исследований показывают необходимость учета параметров нефти и пласта при проектировании технологии внутрипластового горения на реальных месторождениях.

Список использованных источников:

3. Akhatov I.Sh., Kovaleva L.A., Valiullin R.A. et al. Experimental and mathematical workflow in modeling in-situ combustion processes for unconventional resources recovery // IOR 2013 - 17th European Symposium on Improved Oil Recovery St. Petersburg, Russia, 16-18 April 2013. 14 P.
4. Burger J. Spontaneous Ignition in Oil Reservoirs - SPEJ. - 1976. - 16(2). - p. 73-81.
5. Патанкар С. В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: Пер. с англ. – М., Энергоатомиздат, 1984, -152 с.

ДОКЛАДЧИК:

Скутина Любовь Сергеевна
(Skutina Lubov Sergeevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Оптимизация физико-химических свойств сложных оксидов на основе Sr_2NiMoO_6 , используемых в качестве анодов для твёрдооксидных топливных элементов

The physico-chemical properties optimization of the Sr_2NiMoO_6 -based complex oxides using as the anode materials in the solid-oxide fuel cells

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГАОУ ВПО “Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина” (УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина)
(Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education “Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin”)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Скутина Любовь Сергеевна
(Skutina Lubov Sergeevna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Цель работы обусловлена поиском и изучением свойств новых оксидов на основе Sr_2NiMoO_6 , являющихся перспективными анодными материалами для среднетемпературных твёрдооксидных топливных элементов, так как традиционно используемые Ni-керметы деградируют в CO_2 и неустойчивы к отравлению серой.

Annotation

Aim of this work is properties investigation of the new Sr_2NiMoO_6 -based oxides those are perspective anode materials for the middle range temperatures solid oxide fuel cells. Traditional Ni/YSZ anodes degrade in CO_2 and they are sulfur poisoning unstable.

Ключевые слова: твёрдооксидные топливные элементы; анодные материалы; молибдаты; двойные перовскиты; пиролиз; кристаллическая структура; термическое расширение; каталитическая активность; мощность элемента

Keywords: solid-oxide fuel cells; anode materials; molybdates; double perovskites; pyrolysis; crystal structure; thermal expansion; catalytic activity; cell's power density

Несомненная актуальность работ по оптимизации получения, структурной аттестации и изучению физико-химических характеристик новейших анодных материалов для твёрдооксидных топливных элементов (ТОТЭ) на основе двойного молибдата стронция поставили перед настоящим исследованием задачи по изучению влияния допирования Sr_2NiMoO_6 по катионным подрешёткам (барьер по Sr-подрешётке и магний

(цинком) по Ni-подрешётке) на его физико-химические свойства. Выбор заместителей обусловлен решением актуальной проблемы по нахождению потенциального анодного материала, устойчивого как в восстановительной (водород, метан), так и в окислительной (воздух) атмосферах.

Для приготовления образцов состава $\text{Sr}_{2-x}\text{Ba}_x\text{NiMoO}_6$ ($x=0.0; 0.25; 0.5; 0.75; 1.0; 1.25; 1.5; 1.75; 2.0$); $\text{Sr}_2\text{Ni}_{1-y}\text{Zn}_y\text{MoO}_6$ ($y=0.25; 0.5; 0.75; 1.0$); $\text{Sr}_2\text{Ni}_{1-y}\text{Mg}_y\text{MoO}_6$ ($y=0.25; 0.5; 0.75; 1.0$) в качестве исходных реагентов использовали карбонат стронция SrCO_3 (ос.ч.), карбонат бария BaCO_3 (ч.д.а.), ацетат никеля $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.), оксид магния MgO (ч.д.а.), металлический цинк (ч.д.а.) и гептамолибдат аммония $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$ (ч.д.а.). Для удаления адсорбированной влаги и газов SrCO_3 и MgO предварительно прокачивали на воздухе при $T=973\text{ K}$, а BaCO_3 при $T=873\text{ K}$. Азотную кислоту HNO_3 (ос.ч.) использовали для растворения исходных реагентов, поливиниловый спирт (ч.д.а.) и глицерин (ч.д.а.) использовали в качестве хелатного агента и органического топлива при пиролизе реагирующей смеси. Содержание молибдена в кристаллогидрате гептамолибдата аммония $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$ определяли на атомно-эмиссионном спектрометре iCAP 6500 Thermo Scientific методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. Стехиометрические количества ацетата никеля, оксида магния, металлического цинка, карбонатов стронция и бария растворяли в 4.5 М азотной кислоте. Полученный раствор перемещали в фарфоровую чашку, добавляли предварительно приготовленный раствор гептамолибдата аммония в воде и 10%-ный раствор поливинилового спирта (или глицерин). Полученную смесь выпаривали в чашке до образования сухого остатка. Порошок нагревали на воздухе в интервале температур 1123–1373 K в три 24-часовых стадии с промежуточными перетирами в среде этилового спирта. Заключительный отжиг проводили при 1373 K в течение 48 часов с последующей закалкой на комнатную температуру. С целью изучения механизма пиролиза при синтезе $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.75}\text{Mg}_{0.25}\text{MoO}_6$ были получены зависимости максимальной температуры, развивающейся в ходе пиролиза, и максимальной концентрации исходящих газов от соотношения глицерина и азотной кислоты.

Для получения $\text{La}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{Ga}_{0.82}\text{Mg}_{0.18}\text{O}_{2.85}$ стехиометрические количества SrCO_3 , MgO , $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.) и металлического галлия (99.99%) растворяли в 4.5 М азотной кислоте, куда добавляли раствор глицина (ч.д.а.). Полученный раствор выпаривали в фарфоровой чашке. Затем порошок нагревали на воздухе в три 24-часовых стадии при 1373 K с последующей закалкой на комнатную температуру. Между стадиями порошок перетирала в среде этилового спирта. Из приготовленного таким образом порошка $\text{La}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{Ga}_{0.82}\text{Mg}_{0.18}\text{O}_{2.85}$ под давлением 60–80 атм были спрессованы таблетки. Спрессованные изделия спекали при температуре 1623 K в течение 48 часов. Скорость нагрева/охлаждения составляла 50 град/час.

Для получения $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}\text{O}_3$ стехиометрические количества $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$, SrCO_3 , металлического кобальта, полученного восстановлением оксида кобальта Co_3O_4 (ч.д.а.) и металлического железа (ос.ч.) растворяли в 4.5 М азотной кислоте, куда добавляли раствор 10 масс. % раствор поливинилового спирта и выпаривали до сухого остатка. Полученный порошок нагревали на воздухе при 1073 K в две 24-часовых стадии с промежуточными перетирами в среде этилового спирта с последующей закалкой на комнатную температуру.

Рентгеновские данные были получены на воздухе при 298 K и в температурном интервале 298–673 K на дифрактометре Inel Equinox 3000 в $\text{CuK}\alpha$ излучении, снабжённом высокотемпературной приставкой HDK S1 (Edmund Buechler GmbH). Съёмка рентгенограмм была проведена в интервале углов $20^\circ \leq 2\theta \leq 80^\circ$ с шагом 0.04 и выдержкой 1 сек в точке. Уточнение параметров кристаллической структуры по рентгенографическим данным проведено методом полнопрофильного анализа Ритвелда при помощи программы Fullprof.

Для измерения термического расширения $\text{Ba}_2\text{NiMoO}_6$ и $\text{Sr}_2\text{Ni}_{1-y}\text{Mg}_y\text{MoO}_6$ ($y=0.25; 0.5; 0.75$) из предварительно синтезированных порошков были спрессованы образцы прямоугольной формы, которые медленно нагревали на воздухе до 873 K с целью выжигания органической связки, а затем до 1623 и 1473 K, соответственно, с изотермической выдержкой в течение 10 ч. Охлаждение проводили до комнатной температуры со скоростью 200 K/ч. Измерения относительного расширения спечённых керамических образцов $\text{Sr}_2\text{Ni}_y\text{Mg}_{1-y}\text{MoO}_6$ и $\text{Ba}_2\text{NiMoO}_6$ с ростом температуры были проведены на дилатометрах NETZSCH DIL 402C и TESA TRONIC T-80 при помощи температурного регулятора Zirconia 318 на воздухе в интервале

343–1373 К (скорость нагрева составляла 5 К/мин). Изобарические линейные коэффициенты термического расширения (ЛКТР) образцов $\text{Sr}_{1.75}\text{Ba}_{0.25}\text{NiMoO}_6$, $\text{Ba}_2\text{NiMoO}_6$, $\text{Sr}_2\text{Ni}_{1-y}\text{Zn}_y\text{MoO}_6$ ($y=0.25; 0.5; 0.75$), согласно данным высокотемпературной порошковой рентгенографии, и образцов $\text{Sr}_2\text{Ni}_{1-y}\text{Mg}_y\text{MoO}_6$ ($y=0.25; 0.5; 0.75$) и $\text{Ba}_2\text{NiMoO}_6$, согласно дилатометрическим данным, рассчитывали из наклона экспериментальных зависимостей $\Delta V/V_0 = f(T)$ и $\Delta L/L_0 = f(T)$.

Исследования каталитической активности $\text{Sr}_2\text{xBa}_x\text{NiMoO}_6$ ($x=0.0; 0.25; 1.0; 2.0$) и $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.75}\text{Mg}_{0.25}\text{MoO}_6$ проводили в проточно-циркуляционной каталитической установке BiCATrEXP с внешним хроматографическим анализатором «Хромос ГХ-1000». Исходную газовую смесь, содержащую 1 об.% метана и 4 об.% кислорода (остальное азот) задавали с помощью дозаторов газа. Для исследований образцы сложных оксидов готовили в форме гранул. Образцы помещали в реактор, после чего подавали исходную газовую смесь. Поступающий на слой катализатора поток исходной реакционной смеси нагревается до температуры реакции, а выходящий из слоя катализатора поток конечной реакционной смеси охлаждается до рабочей температуры циркуляционного насоса в холодильнике, и затем поступает в хроматограф, где происходит разделение компонентов. В качестве ключевого компонента реакции, по изменению концентрации которого рассчитывается скорость реакции, выбрали метан.

Для проведения эксперимента по аттестации топливного элемента был осуществлён сбор ячейки, реализующей планарную модель TOTЭ. Состав $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.75}\text{Mg}_{0.25}\text{MoO}_6$ в качестве анода был выбран по причинам его высокой термодинамической устойчивости как в восстановительной, так и в окислительной атмосферах, и удовлетворительной химической и механотермической совместимостью с материалом электролита [1]. На таблетку электролита $\text{La}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{Ga}_{0.82}\text{Mg}_{0.18}\text{O}_{2.85}$ был нанесён порошок $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.75}\text{Mg}_{0.25}\text{MoO}_6$ (анод) с последующим припеканием и охлаждением до комнатной температуры. После чего было осуществлено герметичное закрепление таблетки электролита с припеченным анодом на трубке из стабилизированного диоксида циркония. Затем был нанесён $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}\text{O}_3$ (катод), прикреплены платиновые токоподводы, и был произведён отжиг ячейки. Аттестацию элемента проводили путем снятия ватт-амперных характеристик: последовательно в цепь с TOTЭ включали магазин сопротивлений МСР-63 класса 0.05 и параллельно мультиметр Agilent 34401A. После сборки элемент нагревали до 1073 К со скоростью 60 град/час. Измерения были проведены в интервале температур от 973–1123 К при постоянном потоке топливного газа через ячейку.

Согласно данным рентгеновской дифракции образцы $\text{Sr}_2\text{-xBa}_x\text{NiMoO}_6$ в интервале составов $0.0 \leq x \leq 2.0$ представляют собой непрерывный ряд твёрдых растворов. В интервале $0.0 \leq x \leq 0.25$ оксиды обладают тетрагональной решёткой ($I4/m$), изоструктурной граничному $\text{Sr}_2\text{NiMoO}_6$. В интервале составов $0.25 < x \leq 2.0$ оксиды имеют кубическую решётку ($Fm\bar{3}m$), изоструктурную граничному $\text{Ba}_2\text{NiMoO}_6$. Анализ концентрационных зависимостей параметров элементарных ячеек $\text{Sr}_2\text{xBa}_x\text{NiMoO}_6$ позволил установить, что в ряду твёрдых растворов $\text{Sr}_2\text{xBa}_x\text{NiMoO}_6$ наблюдается кристаллоструктурный фазовый переход из тетрагональной в кубическую фазу вблизи $x=0.3$. Параметры элементарных ячеек $\text{Sr}_2\text{-xBa}_x\text{NiMoO}_6$ увеличиваются по мере увеличения замещения стронция на барий, что объясняется размерным эффектом. Согласно температурным зависимостям параметров элементарной ячейки для $\text{Sr}_{1.75}\text{Ba}_{0.25}\text{NiMoO}_6$ при $T=380$ К наблюдается переход структуры из тетрагональной в кубическую.

На основании данных рентгеновской дифракции рассчитаны параметры элементарных ячеек $\text{Sr}_2\text{Ni}_{1-y}\text{Zn}_y\text{MoO}_6$. Анализ концентрационной зависимости объёма элементарной ячейки $\text{Sr}_2\text{Ni}_{1-y}\text{Zn}_y\text{MoO}_6$ позволяет сделать вывод, что допирование $\text{Sr}_2\text{NiMoO}_6$ по подрешётке никеля цинком приводит к увеличению объёма элементарной ячейки оксидов, что объяснимо размерным эффектом. На основании анализа температурных зависимостей параметров элементарной ячейки для ряда $\text{Sr}_2\text{Ni}_{1-y}\text{Zn}_y\text{MoO}_6$ был сделан вывод о наличии фазового перехода из тетрагональной в кубическую структуру: у $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.75}\text{Zn}_{0.25}\text{MoO}_6$ при $T=540$ К, у $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{MoO}_6$ – при $T=570$ К и у $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.25}\text{Zn}_{0.75}\text{MoO}_6$ при $T=640$ К. Таким образом, допирование цинком приводит к увеличению температуры кристаллоструктурного перехода граничного $\text{Sr}_2\text{NiMoO}_6$ [2].

Для успешной эксплуатации топливного элемента необходимо соответствие в термическом расширении электродных материалов и материала электролита. Для оценки возможности применения изучаемых оксидов в качестве анодных материалов, совместимых с материалами, традиционно

используемыми в качестве электролитов, было проведено исследование термического расширения методом высокотемпературной рентгеновской дифракции для $\text{Sr}_{2-x}\text{Ba}_x\text{NiMoO}_6$ ($x=0.25; 2.0$), $\text{Sr}_2\text{Ni}_{1-y}\text{Zn}_y\text{MoO}_6$ ($y=0.25; 0.5; 0.75$), $\text{Sr}_2\text{Ni}_{1-y}\text{Mg}_y\text{MoO}_6$ ($y=0.25; 0.5; 0.75$) и дилатометрическим методом для $\text{Sr}_2\text{Ni}_{1-y}\text{Mg}_y\text{MoO}_6$ ($y=0.25; 0.5; 0.75$) и $\text{Ba}_2\text{NiMoO}_6$. Согласно рассчитанным усреднённым ЛКТР изучаемых фаз можно сделать вывод о том, что все изученные в работе соединения обладают значениями ЛКТР, близкими к таковым для электролитов на основе YSZ, CeO_2 и галлата лантана-стронция.

При изучении каталитической активности $\text{Sr}_2\text{xBa}_x\text{NiMoO}_6$ ($x=0.0; 0.25; 1.0; 2.0$) и $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.75}\text{Mg}_{0.25}\text{MoO}_6$ в качестве катализатора окисления метана обнаружено, что в данных условиях происходит полное окисление метана, при этом продуктами реакции являются углекислый газ и вода. Согласно полученным температурным зависимостям степени превращения метана в присутствии изучаемых оксидов был сделан вывод о том, что каталитическая активность исследуемых сложнооксидных материалов увеличивается в ряду: $\text{Sr}_{1.75}\text{Ba}_{0.25}\text{NiMoO}_6 < \text{Sr}_2\text{NiMoO}_6 < \text{SrBaNiMoO}_6 < \text{Ba}_2\text{NiMoO}_6 < \text{Sr}_2\text{Ni}_{0.75}\text{Mg}_{0.25}\text{MoO}_6$.

Согласно результатам аттестации топливной ячейки с анодом на основе $\text{Sr}_2\text{Ni}_{0.75}\text{Mg}_{0.25}\text{MoO}_6$ равновесное значение ЭДС ячейки при 1123 К составило 1179 мВ, что составляет 99.3% от теоретического значения. Столь близкое к теоретическому измеренное значение ЭДС ячейки однозначно указывает на высокую степень герметичности ячейки. Полученные ватт-амперные зависимости имеют классический вид: с увеличением силы тока (с уменьшением последовательно подключенного к ячейке сопротивления) удельная мощность сначала увеличивается, затем проходит через максимум и уменьшается; при этом значение максимальной удельной мощности увеличивается с ростом температуры, и соответствующее ему значение силы тока также увеличивается. Наибольшее значение максимальной удельной мощности ячейки, наблюдаемое при наибольшей температуре аттестации элемента – 1123 К, составило 609 мВт/см². При проверке на деградацию собранный в работе ТОТЭ был подвергнут двум циклам охлаждения/нагрева с последующей выдержкой при 1073 К в течение 120 и 336 часов, соответственно. После чего были вновь проведены измерения ватт-амперных характеристик. Обнаружено, что после выдержки элемента при 1073 К в течение 120 часов максимальное значение мощности элемента увеличилось приблизительно на 5.2 %, а после 336 часов – приблизительно на 7.4 %. Полученное значение максимальной удельной мощности ячейки достаточно хорошо коррелирует со значениями максимальной удельной мощности ТОТЭ с анодами на основе двойных молибдатов стронция, полученными ранее: 330 мВт/см² при 1073 К для $\text{Sr}_2\text{MgMoO}_6$ [3] и 819 мВт/см² при 1123 К для $\text{Sr}_2\text{NiMoO}_6$ [4]. Значение максимальной мощности собранной в настоящей работе ячейки превышает аналогичное значение для ячейки с анодом из $\text{Sr}_2\text{MgMoO}_6$ [3], обладающего более высокими значениями электропроводности и более высокой устойчивостью в восстановительной атмосфере. Однако несмотря на то, что значение мощности настоящей ячейки меньше соответствующего значения для ячейки с анодом из $\text{Sr}_2\text{NiMoO}_6$ [4], наши исследования показали, что ячейка с анодом из недопированного магнием $\text{Sr}_2\text{NiMoO}_6$ не характеризуется долговременной работой из-за протекающего химического взаимодействия анода с материалом электролита при температурах выше 1373 К.

Результаты исследований получены в рамках выполнения государственного задания Министерства образования и науки и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 13-03-00065-а).

Список использованных источников:

1. Filonova E.A., Dmitriev A.S., Pikalov P.S., Medvedev D.A., Pikalova E.Y. // Solid State Ionics. 2014. V. 262. P. 365.
2. Filonova E. A., Dmitriev A. S. // Euras. Chem.-Tech. J. 2012. V. 14. № 2. P. 139–145.
3. Marrero-López D., Peña-Martínez J., Ruiz-Morales J.C., Gabás M., Núñez P., Aranda M. A. G., Ramos-Barrado J. R. // Solid State Ionics. 2010. V. 180. P. 1672.
4. Wei T., Ji Y., Meng X., Zhang Y. // Electrochem. Comm. 2008. V. 10. P. 1369.

ДОКЛАДЧИК:

Соколов Роман
Александрович
(Sokolov Roman
Aleksandrovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Расширение возможности применения квазистатических петель
магнитного гистерезиса
Expand the use of quasi-static magnetic hysteresis loops

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Тюменский государственный
нефтегазовый университет «ИПТИ»
(ТюмГНГУ «ИПТИ»)
(Tyumen State Oil and Gas
University "IPTI" (TSOGU "IPTI"))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Соколов Роман Александрович
(Sokolov Roman Aleksandrovich)
Нерадовский Денис Федорович
(Neradovsky Denis Fedorovich)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В наше время стали широко распространены в различных областях промышленности. Часто стали и заготовки из нее подвергаются различным механическим и термическим воздействиям, что вызывает рост усталостных изменений, вследствие чего происходит преждевременное старение материала, приводящее к техногенным катастрофам.

Annotation

In our time, we became widespread in various industries. Most steel billets from it are subject to various mechanical and thermal stress, which increases fatigue changes, resulting in premature aging of the material occurs, leading to man-made disasters.

Ключевые слова: Гармонический анализ; магнитная структуроскопия; магнитный гистерезис; коэрцитивная сила; твердость; аустенит; мартенсит

Keywords: Harmonic analysis; magnetic structurescopy; magnetic hysteresis; coercive force; hardness; austenite; martensite

Контроль свойств стали является очень важным процессом в различных отраслях промышленности. Известно, что изменение свойств стали происходит в результате изменения ее структуры, что может быть вызвано обработкой стали давлением, в процессе сварки, при прокатке, а также закалке и отпуске. Указанные выше механические и термические воздействия на сталь, на этапах производства и эксплуатации изделий часто вызывает рост усталостных изменений, эти изменения приводят к преждевременному старению материал, и как следствие, к различного рода техногенным катастрофам.

Поэтому важно контролировать свойства стали и изделий из стали. Для этого используются разрушающие методы контроля (измерения твердости; испытания на коррозионную стойкость), а также методы неразрушающего контроля, например магнитную структуроскопию применяемую для магнитных сталей.

В магнитной структуроскопии снимаются петли магнитного гистерезиса, состоящие из большого числа экспериментальных точек. Но только некоторые из этих точек используются для структуроскопии: коэрцитивная сила, магнитная проницаемость, релаксационная коэрцитивная сила, дифференциальная магнитная проницаемость и др.

Приведенные выше магнитные параметры ферромагнетика, а также механические и структурные свойства имеют некоторую корреляционную зависимость между собой [1,2], которая устанавливается экспериментально. Часто коэффициенты корреляции для этих зависимостей не очень высоки.

В структуроскопии также хорошо известны и апробированы методы, основанные на анализе ЭДС индукции в измерительной катушки с помощью цифрового анализатора спектра и дискретного преобразования Фурье [3]. Далее полученные гармоники Фурье – спектра ЭДС связываются с изменением структурных свойств материала. В этом случае фактически используются все точки петли магнитного гистерезиса.

Однако, при таком виде анализа существуют факторы снижающие достоверность результатов, а именно, наличие вихревых токов, которые ограничивают глубину промагничивания и искажающие амплитуду и фазу выходного сигнала.

Целью работы является исследование возможности использования преимуществ гармонического анализа петель магнитного гистерезиса, полученных методом квазистатического перемагничивания.

Квазистатические петли гистерезиса ферромагнетиков можно снимать с помощью современных магнитометров (например, модель КРМ – Ц – МА). В такого рода приборах (как и в предлагаемой работе) ток намагничивания и размагничивания, а, следовательно, и напряженность поля, описывается некоторой пилообразной функцией. Это позволяет сделать замену $t=H/k$. Таким образом, можно получить представление петель аналогичное временному представлению, симметрично отображая нисходящую (верхнюю) ветвь каждой из петель относительно вертикальной прямой,

Рис. 1 - Петли гистерезиса стали 34ХНЗМ отпущенной при различных температурах: а) в исходном виде; б) развернутые петли приведенные к периоду π

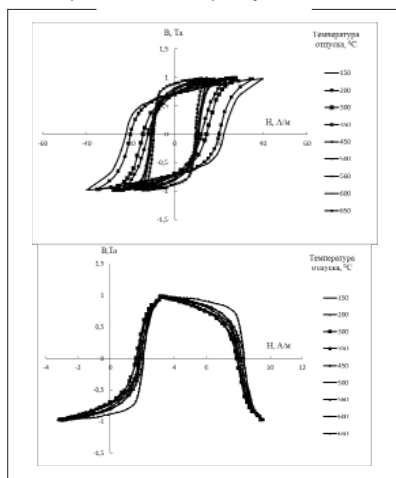


Рис. 2 - Зависимости амплитуд нечетных гармоник фурье-спектра петель гистерезиса для стали 34ХН3М от температуры отпуска

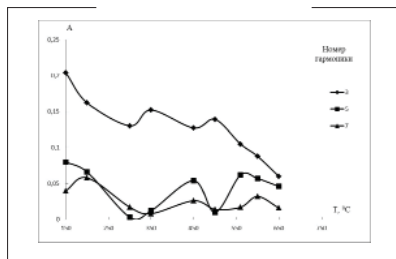
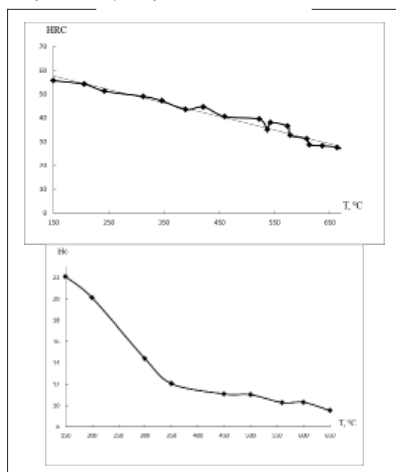


Рис. 3 - Величина твердости и коэрцитивной силы для стали 34ХН3М отпущенной при различных температурах: а) твердости; б) коэрцитивной силы.



проходящей через точку H_{max} (рис. 1).

Полученные в результате зависимости, определяются периодическим сигналом с периодом равным 2π и которые могут быть разложены в ряд Фурье [4].

Полученные зависимости амплитуд третьей, пятой и седьмой гармоник приведены на рис. 2.

В работе [1] показано, что в диапазоне температур отпуска от 150°C до 250°C, для стали 34ХН3М наблюдается изменение намагниченности насыщения, обусловленное процессом распада мартенсита, интенсивно протекающим при температуре около 200°C, и продолжающимся при более высоких температурах заходящим в область температур 300 – 325°C, и одновременным процессом распада остаточного аустенита и снятием закалочных напряжений.

Такой отпуск сопровождается резким изменением структуры стали и соответственно им изменением физических свойств, которые можно рассмотреть на примере коэрцитивной силы и твердости, зависимости для которых приведены на рис. 3.

Из приведенного графика для амплитуд 3 – й, 5 – й, 7 – й гармоник, можно заметить, что соответствующие им амплитуды существенно убывают в данном диапазоне температур. Сравнивая зависимости амплитуд гармоник и величины коэрцитивной силы, и твердости от температуры отпуска можно заметить корреляционную зависимость между их величинами

При дальнейшем повышении температуры отпуска в диапазоне 250 – 450°C происходит распад мартенсита на цементит и феррит сопровождающийся уменьшением закалочных напряжений, происходит рост карбидных частиц, форма их начинает приближаться к равноосной. Искажения решетки твердого раствора снижаются. Закономерная ориентировка решеток α -фазы и цементита сохраняется до температуры 650 – 680°C. В этом диапазоне происходит небольшой рост амплитуд 3 – й, 5 – й, 7 – й гармоник, а также замедление падения величины коэрцитивной силы.

В интервале температур 450 – 650°C происходит рекристаллизация матрицы, легирование цементита карбидообразующими химическими элементами, очищение решетки α -Fe от углерода и коагуляция карбидных частиц, т.е. растворение мелких карбидных частиц и рост более крупных, происходит снижение пластических свойств и ударной вязкости, что объясняется дроблением блоков α -фазы. Эти процессы взаимосвязаны и ведут к росту среднего размера частиц. При температурах 550 – 600°C имеет место растворение карбидов из-за повышения предела растворимости углерод в α -Fe, происходит снятие напряжений, обусловленное завершением процесса измельчения блоков, а следовательно, и устранение искажений решетки вызванных их связанностью. На графиках этому соответствует падение амплитуды нечетных гармоник, а также дальнейшее падение величины твердости и коэрцитивной силы. Также можно заметить корреляционную зависимость между амплитудой 5-й гармоник и величиной коэрцитивной силы в этом интервале температур, которая проявляется в возрастании значений этих величин при температуре 500°C и 600°C.

В интервале температур 350 – 550°C может происходить коагуляция и сфероизация карбидных частиц связанные с повышением температуры или продолжительности отпуска. Пик дисперсионных напряжений обусловленный обособлением кристаллов карбидов от твердого раствора приходится на диапазон 400 – 500°C.

В результате можно говорить о том, что представленные результаты отражают чувствительность гармонических составляющих к структурным изменениям в стали и соответствующим им изменениям твердости и коэрцитивной силы, а именно снятие напряжений, выделение карбидов их изменения в результате увеличения температуры отпуска, что может служить дополнительным средством неразрушающего контроля структурных изменений в сталях.

Список использованных источников:

1. Михеев М.Н., Горкунов Э.С. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля. Наука. 1993. с. 50–75
2. Бида Г.В., Горкунов Э.С., Шевнин В.М. Магнитный контроль механических свойств проката. Изд-во УрО РАН. 2002. 252 с.
3. Пономарев Ю.Ф. Гармонический анализ намагниченности ферромагнетиков, перемагничиваемых переменным полем, с учетом магнитного гистерезиса. IV. Применение к неразрушающему контролю. Дефектоскопия. 1986. №7. с. 67–78
4. Белашов В.Ю., Чернова Н.М. Эффективные алгоритмы и программы вычислительной математики. СВКНИИ ДВО РАН, 1997. 160 с.

ДОКЛАДЧИК:

Танырвердиев Сергей
Валерьевич
(Tanriverdiyev Sergey
Valerievich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Экспериментальное исследование надежности сложной системы в условиях пространственного контакта аморфизированных поверхностей деформируемых тел
Experimental investigation of the reliability of complex systems in terms of spatial contact amorphized surfaces of deformable bodies

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГБОУ ВО Костромская
государственная
сельскохозяйственная академия
(Federal STATE budgetary
educational institution IN the
Kostroma state agricultural Academy)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Танырвердиев Сергей Валерьевич
(Tanriverdiyev Sergey Valerievich)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Исследование влияния свойств и структуры материалов контактирующих деталей на их долговечность при различных видах воздействия является в настоящее время наиболее актуальным. Реализация условий, при которых существенно возрастает надежность тяжело нагруженных контактирующих деталей, какими являются зубчатые колеса и шестерни, весьма часто используемые в практике любой отрасли промышленности, означала бы серьезный шаг вперед в решении имеющейся проблемы.

Annotation

Study of the influence of the properties and structure of materials of the contacting parts on their durability under different exposures is currently the most relevant. Implementation of the conditions under which substantially increases the reliability of heavily loaded contact parts, such as gears and gear, it is highly frequently used in the practice of any branch of industry, would mean a serious step forward in addressing the existing problems.

Ключевые слова: зубчатые передачи; надежность; аморфное покрытие; узел контакта; эксперимент; упруговязкое тело; микротвердость

Keywords: gears, reliability; amorphous coating; the contact node; experiment; viscoelastic body; microhardness

В качестве объекта исследования по эффективности применения магнитного силового воздействия рационально использовать зубчатые передачи.

Выбор объекта исследования обусловлен следующими причинами:

- весьма широкой распространенностью зубчатых передач;
- широким диапазоном воздействия силовых нагрузок и скоростей;
- разнообразием используемых материалов, в том числе обладающих высокой магнитной проницаемостью;
- возможностью применения дополнительных технологических операций при изготовлении;
- возможностью проведения стендовых и обкаточных испытаний.

Сказанное позволяет сделать заключение о применении разработанных расчетных методов к проектированию технологических процессов изготовления и испытания широкой номенклатуры зубчатых колес, червячных колес и червяков, используемых практически во всех машинах и механизмах.

Полученные ранее результаты позволяют сделать однозначный вывод о необходимости создания таких условий на контактирующих поверхностях, которые бы обеспечивали по возможности равномерное распределение контактных давлений, в особенности это касается наиболее тяжело нагруженных деталей.

Это требование наряду с прочими техническими требованиями к физическим и механическим характеристикам применяемых материалов (вязкопластичных и упруговязких) является наиболее обобщающим.

Реализация условий, при которых существенно возрастает надежность тяжело нагруженных контактирующих деталей, какими являются зубчатые колеса и шестерни, весьма часто используемые в практике любой отрасли промышленности, означала бы серьезный шаг вперед в решении имеющейся проблемы.

Под тяжело нагруженными элементами контактных узлов в дальнейшем будем понимать такие, которые подвержены действию давлений, вызывающих микропластические деформации уже на первых этапах нагружения и приработки деталей, а также, когда действующие нагрузки носят циклический неустановившийся характер, а кроме того проектируемый узел работает в условиях часто повторяющихся переходных процессов (включение-выключение машины).

В качестве исходных материалов было предложено использовать легированные стали 40Х и 12ХН3А, которые применяют в настоящее время для изготовления зубчатых колес рассматриваемого типоразмера, долговечность которых необходимо было повысить на уровень 20...25%.

Поэтому технологические операции, обеспечивающие выполнение основных нормативно установленных конструкторско-технологических требований, следует рассматривать отдельно, внося инновационные разработки в процесс их традиционного производства.

На практике известны три способа повышения надежности и долговечности деталей: термическая обработка; термомеханическая обработка; поверхностное пластическое упрочнение.

Известно [1-3], что лазерной обработкой можно создать зону упрочнения на локальном участке обрабатываемой поверхности. Этого достигают путем формирования на этапе нагрева аустенитной структуры и её последующим охлаждением для превращения в мартенсит, обладающий высокой твердостью. При высокой температуре нагрева (выше температуры фазового перехода на 50...80°C) формируется мелкодисперсная структура, так как лазерную обработку выполняют при весьма малом времени воздействия лазерного луча. Так как зона воздействия обычно весьма невелика, то охлаждение происходит быстро, и мелкодисперсная структура получается стабилизированной и при нормальной температуре. Согласно [3], если скорость охлаждения невелика, то мелкодисперсная структура практически не образуется. Для выравнивания давления на поверхности необходимо, чтобы при достижении контактным давлением величин критических значений необходимо, чтобы полученные пластические деформации не вызывали образования микротрещин.

Материал покрывающего слоя не должен иметь кристаллической структуры, то есть быть аморфным или аморфизированным. Но следует учесть то, что толщина аморфизируемого слоя должна быть достаточной, чтобы выровнять давление по всей зоне контакта. Таким образом, способ обработки типа «лазерная закалка» не удовлетворяет необходимым требованиям. Следовательно, необходимо применить операцию лазерной обработки с оплавлением и последующим быстрым охлаждением.

В настоящее время в промышленных масштабах реализован способ получения аморфной стальной ленты по схеме, приведенной на рис. 1.

Регулируя высоту расположения ковша (Н) и ширину ленты (В), а также скорость вращения цилиндра (n), можно получать ленту из аморфного материала различной толщины (до 0,3 мм). Как следует из производственного опыта, получение больших толщин требует более глубокого охлаждения, что сопряжено со значительными техническими трудностями.

Однако использование такой ленты в узле контакта шестерен практически невозможно. С точки зрения непосредственного практического использования необходимо получить такое аморфное покрытие на рабочих поверхностях зубчатых колес.

Была выявлена возможность на базе описанного способа разработать новый, оригинальный способ получения аморфного покрытия.

Для использования был предложен (Патент РФ № 2113506 от 20 июня 1998 г) способ получения аморфного покрытия, который заключался в предварительном охлаждении обрабатываемой детали, обработке ее поверхности лазерным лучом в режиме оплавления в воздушной среде и последующего охлаждения со сверхвысокой скоростью в среде жидкого азота. На рис. 2 представлен общий схематический вид полупромышленной установки для получения аморфного композиционного слоя на наружных рабочих поверхностях зубчатых колес, изготовленных из сталей 12ХН3А и 40Х с модулем 2 мм, количеством зубьев 24 шт. и шириной зубчатого венца 11 мм.

Работа установки заключалась в следующем порядке. Обрабатываемую деталь устанавливали в ванне, заполненной технологической средой (в качестве таковой использовали жидкий азот) так, чтобы часть заготовки (поверхность А на рис. 2) находилась над жидкостью. Заготовке придавали вращательное движение ($n=1$ об/мин) при помощи устройства 4. После включения источника лазерного излучения фокусирующей головке 2 обеспечивали поступательное перемещение вдоль поверхности зуба колеса. Таким образом, зона оплавления, создаваемая лазерным лучом, практически мгновенно переходит в зону охлаждения жидким азотом, стабилизируя аморфное состояние материала зубчатого колеса при низкой и нормальной температурах.

Экспериментально было установлено, что при толщине покрытия 0,15...0,20 мм сопротивляемость пластическим деформациям аморфизированного слоя уже достаточно велика. Это является следствием того, что касательные напряжения, возникающие в процессе контактного трения, не превышают в рассматриваемом случае предельно допустимых значений предела текучести при сдвиге.

Рис. 1 - Схема получения аморфной ленты:

1. полый молибденовый цилиндр; 2. крышка; 3. сверхохлажденный жидкий азот; 4. Зажимы; 5. плавильный ковш; 6. расплавленный металл

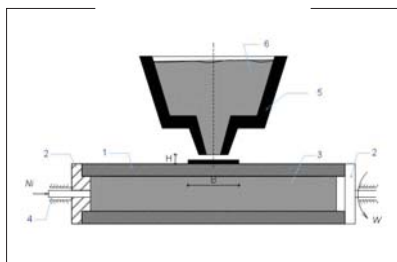
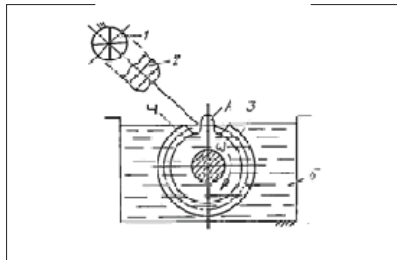


Рис. 2 - Конструктивная схема полупромышленной установки для получения аморфного слоя на наружной поверхности зубчатого колеса: 1. источник излучения; 2. фокусирующая головка; 3. обрабатываемая деталь; 4. крепление; 5. ванна с технологической средой



Учитывая весьма тяжелые условия эксплуатации обрабатываемых деталей, технологические параметры обработки подбирали, используя результаты пробных экспериментов и рекомендации по их выбору согласно результатам исследований, приведенных в [4-6].

Следует отметить [6], что при получении аморфных структур механизм их образования из жидкой или кристаллической среды различен. Полного и объективного описания механизмов и условий образования аморфного состояния к настоящему времени не имеется. Поэтому уровень достоверности имеющихся данных невелик, и окончательную доводку технологических параметров приходится выполнять непосредственно по ходу экспериментов. Поскольку фактически единственный реализуемый способ получения аморфного металла – это стабилизация жидкого состояния, то важное значение имеют два параметра: температура затвердевания и скорость охлаждения. Известно, что температура затвердевания зависит от скорости охлаждения. Такое состояние жидкости носит название переохлажденной. При превращении жидкости в твердое состояние текучесть металла Φ (величина равная $\Phi=1/\nu$, где ν – кинематическая вязкость в Па·с) непрерывно уменьшается и затвердевание происходит при значении $\nu \approx 10^{12}$ Па·с.

Существуют экспериментальные данные, которые говорят о том, что имеется некоторая критическая скорость релаксационного отжига (при температуре отжига ниже температуры аморфизации), при которой в аморфной фазе могут образовываться кристаллиты. Это практически полностью ликвидирует эффект аморфизации с точки зрения повышения механических характеристик прочности, пластичности и упругости. По этой причине число релаксационных циклов должно быть по возможности меньшим (не более двух), а кроме того, скорости нагрева и температуры должны быть невелики.

В результате анализа условий работы контактирующих тел было установлено, что в системе «упругое-вязкопластичное-упруговязкое тело» каждая подсистема должна обладать соответствующими свойствами, оптимизирующими работу системы в целом.

Основная проблема, таким образом, заключается в том, чтобы получить упруговязкий материал с высокими прочностными и пластическими свойствами, причем площадка текучести такого, как установлено аморфного материала, должна быть достаточной протяженности. Это позволяет увеличивать зону контакта тел в процессе работы, причем последовательное подключение упругих зон к зоне пластичности обеспечивает высокую приспособляемость упруговязкого элемента, а, следовательно, повышает надежность и долговечность узлов контакта в целом.

Однако процесс получения аморфного покрытия весьма сложен, так как проходит в условиях нестационарного теплового воздействия и при нагреве, и при охлаждении.

Поэтому для избежания получения дефектных материалов следует достаточно жестко установить интервалы обработки по температуре нагрева, по скорости охлаждения и по процессу сканирования поверхности лазерным лучом. В частности, известно [3], что если пластическая деформация при высокой температуре такова, что при быстром охлаждении расплавленного металла эти деформации превосходят предельные значения, то могут образоваться так называемые горячие трещины.

В рассматриваемом случае обрабатываемая деталь находится в среде жидкого азота с температурой $t^{\circ}\text{C} = -196^{\circ}\text{C}$. Поскольку деталь находится практически все время обработки в такой среде, то эта температура может быть принята за начальную. Так как рассматриваемая деталь имеет конечные размеры, то необходимо вводить поправки в уравнения теплопроводности, полученные для бесконечно больших тел. Но учитывая, что температура охлаждающей среды весьма стабильна, то принятие в качестве начальной температуры температуру реагента, как показали эксперименты, не вносили сколько-нибудь значимой погрешности в расчеты. Глубина проплавления, определяемая размерами лазерного пятна, существенно зависит также от скорости сканирования и от удельной мощности в зоне контакта.

Как показали многочисленные исследования, глубина проплавления уменьшается при увеличении скорости сканирования и увеличивается при увеличении мощности. Указанные зависимости носят ярко выраженный нелинейный характер и, как правило, их построение выполняют, основываясь на конкретных экспериментальных данных.

Кроме сказанного, на обработку в начальной её стадии оказывает существенное влияние поглощающее покрытие, поскольку с увеличением

показателей поглощения удельная мощность по пятну обработки существенно возрастает.

Как показали исследования, на глубину зоны оплавления оказывают влияние такие факторы, как содержание углерода в стали и содержание легирующих элементов. В частности, с увеличением содержания углерода увеличивается глубина зоны оплавления.

С увеличением содержания таких легирующих элементов, как хром, параметры зоны оплавления изменяются по различному. В качестве поглощающего покрытия был использован водный раствор сажи. Учитывая, что обрабатываемая деталь многократно проходит через охлаждающую среду жидкого азота, не удалось количественно однозначно оценить влияние покрытия, хотя без покрытия глубина зоны проплавления тоже была нестабильной. Поскольку при сканировании обрабатываемая поверхность неоднократно подвергается нагреву и охлаждению, то нужно было использовать покрытия термостойчивые в таких различных средах, а также применить связующее, способное выдержать такое циклическое изменение температуры.

По данным большинства исследователей, обработка более мощными лазерами непрерывного излучения (лазер CO₂ типа «Карат») на уровне мощности 100 мВт...1000 мВт позволяет получать глубину обработанной зоны до 1,2 мм, что обеспечивает эксплуатационную надежность деталей, работающих в режимах высоких давлений (до 3000 МПа) и температур (до 500°C). В таких интервалах температур фазовых изменений структур не происходит, то есть структура становится достаточно стабильной, а это приводит, в свою очередь, к стабильным показателям долговечности.

Одной из основных проблем лазерной аморфизации является то, что параметры обработанного слоя (толщина, структура, наличие «горячих» трещин) не являются стабильными.

В рассматриваемых условиях, когда различные части обрабатываемой детали находятся в резко отличных термодинамических условиях по температуре, в качестве выхода из создавшегося положения было принято решение вести обработку на предельных режимах по мощности (до 109 Вт/м²), а кроме того, размер пятна обработки составлял 1,5... 2 мм. Это резко снижало производительность обработки, но в противном случае глубина оплавленного слоя была бы на уровне 0,1...0,15 мм, что не обеспечивает надежность обработанного зубчатого колеса в жестких режимах работы.

Как показали исследования микроструктур материалов сталей 40X и 12ХНЗА, необходимые технические требования были удовлетворены с достаточной для практических целей точностью.

Таким образом, на основании данных микрофотографий и измерений микротвердости поверхности деталей можно сделать вывод о том, что на поверхности обрабатываемой детали создается слой именно аморфного материала. Исходя из изложенного можно предложить использование данной технологии, например, в производстве высокофорсированной техники, в частности спортивной, где требуется высокая надежность и долговечность ответственных узлов контакта. Разработанная технология получения аморфных покрытий с высокими физико-механическими характеристиками (микротвердость, пластичность) дает возможность получить дополнительные резервы долговечности в части улучшения характеристик выносливости (на 20-30%) материалов деталей, работающих в условиях силового контакта. Следует отметить, что характеристики твердости в рассматриваемом случае были повышены в 2,5...3 раза.

Список использованных источников:

1. Григорьянц А.Г. Основы лазерного термоупрочнения сплавов/А.Г. Григорьянц, А.Н. Сафонов//М.: Высшая школа, 1988. – 160с.
2. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов/А.Г. Григорьянц//М.: Машиностроение, 1989. – 304с.
3. Попилов Л.Я. Электрофизическая и электрохимическая обработка материалов/Л.Я. Попилов//М.: Машиностроение, 1982. – 400с.
4. Аморфные металлические сплавы/Науч. тр. МУМ СССР//М.: Металлургия, 1983. – 128с.
5. Хандрих К. Аморфные ферро- и ферритмагнетики/К. Хандрих, С. Кобе//Пер. с англ. М.: Мир, 1982. – 296с.
6. Судзуки К. Аморфные металлы/К. Судзуки, Х. Фудзимори, К. Хасимото//Пер. с яп. М.: Металлургия, 1987. – 328с.

ДОКЛАДЧИК:

Тамонов А. В.
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Использование результатов нейтронографических исследований в задачах оптимизации технологических процессов

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Лаборатория нейтронной физики
имени И.М.Франка,
Объединенный институт
ядерных исследований

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Тамонов А. В.

ТЕЗИСЫ:

Для исследования внутренних напряжений в материалах уже много лет используются различные методики неразрушающего контроля: дифракция рентгеновских лучей, ультразвуковое сканирование, эффект Баркхаузена и т.д. Однако все эти методы имеют определенные ограничения. Дифракция нейтронов высокого разрешения для изучения напряжений в конструкционных материалах начала применяться около 20 лет назад и получила широкое распространение благодаря ряду существенных преимуществ по сравнению с традиционными методиками. Большая глубина сканирования исследуемого материала (до 2 см для стали), высокое пространственное разрешение (до 1 мм в любом измерении), одновременное измерение средней по измеряемому объему деформации решетки и микронапряжений в пределах зерен, определение анизотропии деформаций и распределений напряжений для каждой компоненты многофазного материала отдельно, возможность изучения как магнитных, так и немагнитных материалов – основные достоинства этого метода.

В ЛНФ ОИЯИ создано и опробовано в эксплуатации оборудование для изучения внутренних механических напряжений в материалах. Эти исследования проводятся с использованием фурье-дифрактометров высокого разрешения (ФДВР и ФСД) на реакторе ИБР-2. Для экспериментов используются многоосный гониометр для измерения полного тензора напряжений, нагрузочное устройство с максимальным усилием до 60 кН, зеркальная печь для исследования материалов при температурах до 2000°C.

На ФДВР и ФСД проведен целый ряд экспериментов, характеризующих основные направления в этой области исследований. Применительно к реакторному материаловедению изучались биметаллические соединения, аустенитные наплавки на ферритные стали, сварные швы. Кроме того, изучались механические свойства аустенитной стали при различных режимах нагрузки, в том числе циклической. Изучены остаточные напряжения, фазовый состав и механические свойства новых перспективных материалов: градиентных структур и композитов. Результаты нейтронных экспериментов уже используются для оптимизации технологии получения материалов с необходимыми механическими свойствами и узлов механизмов.

ДОКЛАДЧИК:

Фишер Катарина Александровна
(Katarina Fisher)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Омский государственный
институт сервиса

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Фишер Катарина Александровна
(Katarina Fisher)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Нунофелтинг как техника создания современных валяных полотен
Nuno felting as a production method for modern felting fabrics

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Цель исследования – изучение способов создания полотен методом валяния, изучение свойств и разработка рекомендаций по использованию различных видов валяных полотен. Для реализации поставленной цели использованы методы литературного поиска и эксперимента.

Annotation

The goal of the research is to study the means of fabric production by the method of felting as well as investigation of properties and elaboration of recommendations for application of different types of felting fabrics. The methods of literary research and experiments have been used in order to implement the goal set.

Ключевые слова: материаловедение; войлок; нуновойлок; потребительские характеристики; серийное производство

Keywords: materials science; felting; nuno felting; consumer characteristics; mass production

Сегодня войлок, как один из самых древних, традиционных материалов, вновь приобретает популярность. Прежде всего, это связано с экологической направленностью в дизайне. Вопрос экологии сегодня стоит во главе угла во всех сферах жизни общества 21 века. Поэтому многие производства стремятся перейти на натуральное сырье. Из него изготавливается топливо для машин, строительные материалы, предметы интерьера, мебель, спецодежда, но особенно актуально использование натурального сырья при производстве тканей. Экологическая мода является не просто новым современным трендом. По уверению ведущих дизайнеров, за этим направлением будущее современной моды. По их же заверениям, это направление имеет определенную цель – помочь людям вести здоровый образ жизни и жить в гармонии с окружающим миром [1].

Войлоковаление позволяет создавать полотна различной толщины и плотности, а использование волокон разных цветов и фактур делает их неповторимыми. Изделия, полученные из таких полотен, несмотря на их относительную дороговизну, получают экологически чистыми и эксклюзивными.

При всем этом войлок оказывает благотворное влияние на здоровье человека, ведь шерсть способна нейтрализовать отрицательные электрические заряды, что помогает снимать боли, нервные напряжения, улучшает кровообращение, нормализует тонус всего организма [2].

Нет ни одного серьезного научного труда посвященного войлоку, а тем более такому новому направлению как «нуновойлок». Отсутствие учебников и научной литературы, рассматривающих войлоковаление, как вид декоративно-прикладного искусства, исторический процесс становления данного искусства и современное состояние техники создания валяных полотен [3], позволяет говорить о теоретической значимости исследования.

Практическая значимость развития этого направления декоративного творчества заключается в формировании научных основ, позволяющих в дальнейшем использовать эту технику для серийного производства одежды, так как территория Российской Федерации, большей частью расположена в северной части материка, с резкой сменой климата, холодными зимами и затяжными осенью и весной. Поэтому наиболее актуальным материалом для одежды является шерсть, которая может быть представлена в виде тканей, трикотажных и валяных полотен.

С точки зрения инженерного проектирования одежды направление войлоковаления является также актуальным. С помощью данной техники создания материалов для одежды возможно проектирование и разработка бесшовных моделей одежды – цельноваленых. Для этого необходимо производить увеличение лекал на величину усадки раскладки в процессе валяния, которая может варьироваться от 30 до 200%. Этот аспект также малоизучен и не представлен в научных источниках.

Войлок – пластичный, материал, края которого не подвержены осыпанию, что сводит к минимуму технологическую обработку изделия. Это ускоряет процесс обработки узлов деталей и значительно экономит время, затрачиваемое на отшив изделия. Хорошо формируется – это упрощает процесс ВТО. В связи с этим возможно внедрение техники в серийное производство, так как не требуется больших мощностей и сложного оборудования при производстве одежды из войлока, что существенно

влияет на себестоимость готовой продукции.

Очевидно, что тема исследования является актуальной. Она малоизучена и позиционируется как кустарный способ изготовления одежды, но при всем этом дает огромные возможности для создания авторских, качественных и современных изделий.

Полотна, созданные в технике «нуновойлок» помимо декоративных характеристик имеют различные потребительские свойства, которые зависят от используемого базового сырья и дополнений – приваливаемых материалов:

1. Геометрические (длина, ширина, толщина);
2. Свойства, влияющие на срок службы материала (растяжимость, прочность при растяжении и изгибе, стойкость к истиранию, ИЛР от стирки и ВТО, светостойкость и т.д.);
3. Гигиенические (гигроскопичность, воздухопроницаемость, электризуемость, поверхностная плотность и т.д.);
4. Эстетические (устойчивость окраски, несминаемость, жесткость, пиллингуемость, художественно-колористическое оформление, драпируемость и др.).

Главными задачами исследования являются: экспериментальное изучение зависимости свойств конечного продукта от исходного сырья и его смесей, а также способа изготовления; анализ возможности применения полученных материалов. Для решения поставленных задач был проведен эксперимент, цель которого – исследовать изменение свойств полотна в зависимости от используемых дополнительных материалов.

Разработанные полотна выполнены в технике мокрого валяния с использованием высококачественного волокна. Основа полотен: свертонкая мериносовая шерсть и кардочесанная шерсть. Верхний слой полотен – шелковые ткани: туалъ, эксельсиор и шифон. Для создания эффектов использованы волокна вискозы и шелка различных оттенков.

В исследовании использованы 4 вида валяных полотен, размером 50x200 мм, выдержанные перед исследованиями 24 часа в лабораторных условиях.

Определены основные показатели, которые представлены ниже в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели исследованных свойств валяных полотен

Исследуемые показатели	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
1	2	3	4	5
Толщина полотна, мм	2	1	2	2
Поверхностная плотность, г/м ²	426	410	532	412
Воздухопроницаемость, м ² /с	42	56	56	54
Разрывная нагрузка, Н по основе	310	328	375	415
по утку	255	260	305	320
Устойчивость окраски, балл, к органическим растворителям, пот у, сухому трению	5 5 5	5 4 4	5 5 4	5 5 4
Стойкость к истиранию по плоскости, тыс. циклов	4,2	4,3	4,4	4,3
Пиллингуемость, количество пиллей на 1 см ²	2	1	2	2
Изменение линейных размеров после замачивания, % по основе	-4	-2	-2,5	-1,5
по утку	-3	-2	-2	-1
Остаточная деформация, % по основе по утку	6 6,3	6 6,2	4 4	2,2 2

Образец № 1. Однородное валяное полотно, в состав которого входят шерстяные волокна мериносовой шерсти 18 мкм.

Образец № 2. Смешанное валяное нуно-полотно с различными лицевой и изнаночной сторонами, состоящее из трех слоев. Два нижних слоя имеют в составе шерстяные волокна мериносовой шерсти тониной 18 мкм, верхний слой – шелк-эксельсиор.

Образец № 3. Однородное валяное полотно, в состав которого входят только шерстяные волокна кардочесанной шерсти тониной 80 нм, простеганное армированными нитками с полиэфирной оплеткой 35 лл 34,5 текс. Раппорт стежки 10x10 мм.

Образец № 4. Смешанное равностороннее валяное полотно, в состав которого входят только шерстяные волокна мериносовой шерсти тониной 18 мкм, при этом армированное хлопчатобумажными нитками «экстра» в 3 сложения 30,3 текс непосредственно в процессе его валяния. Раппорт сетки армирования 5x5 мм.

Разработанные полотна обладают рядом достоинств:

- высокими теплозащитными свойствами;

- высокими эстетическими показателями;
- высокой формовочной способностью;
- высокой несминаемостью;
- не подвержены осыпаемости;
- высокой устойчивостью окраски.

Валяные полотна, однако, обладают рядом недостатков: вытягиваются на локтях, в области бедер, возможно изменение линейных размеров, за счет высокого содержания шерсти в составе. Тонкие полотна могут разрываться при определенной нагрузке. Тонкие, или плотные плохо проваленные полотна также подвержены пилингуемости, что ухудшает со временем эстетический вид изделия. Поэтому при всех достоинствах таких полотен, они не получили такого широкого распространения, как, например, трикотаж. Остаточная деформация достаточно высока у валяных полотен, но данный недостаток поправим. Изделия подвергают влажной обработке, возвращая их первоначальный вид.

Для устранения повышенной пилингуемости и увеличения срока службы изделий может быть предложена техника «нуновойлок» (образец № 2), которая позволяет создавать тонкие полотна, пригодные для одежды, обладающие при этом высокой прочностью, устойчивостью к деформации. Нуно-материалы обладают высокими эстетическими свойствами. Благодаря использованию шелка различных цветов, а также шелка с рисунком производственного и ручного окрашивания, возможно создание авторских, уникальных полотен и обогащения изделий дизайнерскими мотивами. Применение нуно-материала обуславливается толщиной прослойки шерсти: тонкие полотна применяют в изделиях платьево-блузочного ассортимента, полотна повышенной толщины – в изделиях пальтово-костюмного ассортимента. Ограничений в использовании данных полотен нет, но для уменьшения остаточной деформации возможно проектирование швов, декоративных элементов, накладок в местах повышенной растяжимости. Также рекомендуется проектировка изделий из нуно-полотен с увеличенными конструктивными прибавками, для увеличения их срока службы.

Стежка по полотну (образец № 3) также дает возможность укрепить его структуру, что обеспечивает необходимую формоустойчивость и уменьшает риск деформации полотна во время эксплуатации. Возможно применение в изделиях прилегающего и полуприлегающего силуэтов.

Армирование полотна (образец № 4) путем вваливания нитей в его структуру улучшает ряд показателей. Происходит увеличение прочности, разрывной нагрузки, формоустойчивости. Также возможно применение в изделиях прилегающего и полуприлегающего силуэтов. В зависимости от используемых ниток для армирования происходит увеличение разрывных характеристик и уменьшение остаточной деформации полотен.

Исследование является базисной инновацией – основой для формирования новых направлений развития войлоковаления, а также расширения области применения валяных полотен. Применение результатов исследования предполагается в текстильном дизайне, изготовлении авторских коллекций одежды, возможно внедрение результатов исследования в серийное производство.

Техники создания валяные полотен – актуальный вопрос современного текстильного дизайна. Войлоковаление становится массовым увлечением, профессиональные валяльщицы совершенствуют мастерство и создают полотна, превосходящие по эстетическим и потребительским свойствам многие популярные текстильные материалы, а дизайнеры все чаще используют этот материал в своих коллекциях. На данный момент войлоковаление находится в категории декоративного творчества, кустарного ремесла [4]. Войлоковаление нуждается в формировании точной терминологии, в подробном описании и систематизации технологий и приёмов, исследовании свойств различных видов полотен.

Список электронных источников

5. Модное пальто 2015. Актуальные тенденции моды пальто осень-зима 2015 [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: http://platis-hki.uc-oz.ru/-/index/modnoe_palto_2011_2012/0-15 (дата обращения: 12.05.2015).
6. Мокрое валяние [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://strana-sovetov.com/hobbies/rukodelie/3212-wet-felting.html> (дата обращения: 26.05.2015).
7. Нунофелтинг или нуновойлок [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://e-vo.me/wiki/nunofelting-ili-nunovoylok> (дата обращения: 8.05.2015).
8. История валяния шерсти [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://gaanna.ru/page/istoriya-valyaniya> (дата обращения: 26.05.2015).

ДОКЛАДЧИК:

Христосова Виктория
Юрьевна
(Khristosova Viktoria)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Самарский государственный
аэрокосмический университет
имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский
университет) (СГАУ им. С.П.
Королёва (НИУ))
(Samara State Aerospace University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Христосова Виктория Юрьевна
(Khristosova Viktoria)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование структуры и свойств теплозащитного покрытия на деталях газотурбинного двигателя

The research of the structure and properties of the thermal barrier coatings on the blades of the gas turbine engines

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Защита лопаток газовых турбин от разрушающего воздействия газового потока является важнейшим условием обеспечения их высокой надежности. Эта задача успешно решается нанесением защитных покрытий. Стойкость покрытий к воздействию газового потока зависит от исходных материалов и структуры, формирующейся в процессе напыления.

Annotation

The protection of the gas turbine blades from the damaging effects of the gas flow is an essential condition for their high reliability. This problem is successfully solved by the application of protective coatings. The resistance to the effects of the gas flow is dependent on the starting materials and structure, formed during the deposition process.

Ключевые слова: лопатка газотурбинного двигателя; теплозащитное покрытие; структура; порошок оксида циркония; плазменное напыление

Keywords: blade of the gas turbine engine; thermal barrier coating; structure; Zirconium oxide powder; plasma spraying

Производство авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) представляет одну из наиболее сложных и наукоемких отраслей машиностроения. Современные авиационные двигатели должны соответствовать высоким требованиям по надежности, минимальной массе, экономичности и ресурсу. Одним из наиболее напряженных узлов современных газотурбинных двигателей является газовая турбина. Лопатки газотурбинных двигателей в процессе эксплуатации подвергаются действию высокотемпературного газового потока, в результате чего возрастает повреждаемость поверхностных слоев от газовой коррозии. Поэтому защита лопаток газовых турбин от разрушающего воздействия газового потока является важнейшим условием обеспечения их высокой надежности. Эта задача успешно решается благодаря использованию новых, более эффективных материалов, технологий изготовления деталей и узлов, поверхностного упрочнения и нанесения покрытий.[1]

К таким приоритетным технологиям, в частности, относятся технологии нанесения функциональных и защитных покрытий (жаростойких, теплозащитных, уплотнительных и т.д.).[2]

Стойкость покрытий к воздействию газового потока зависит от исходных материалов и структуры, формирующейся в процессе напыления.

Для исследований микроструктуры использовался металлографический микроскоп CarlZeiss Axiolmager M2m, с моторизованным устройством фокусировки. Исследование структуры строения покрытия и элементный анализ проводились на электронном растровом сканирующем микроскопе TESCAN Vega SB, а также на CamScan CS 44 Scanning Electron Microscope.

Теплозащитное покрытие состоит не менее чем из двух слоев: внешнего керамического и внутреннего жаростойкого (подслоя) (рис. 1). Наиболее широкое распространение в качестве материала керамического слоя теплозащитного покрытия получил диоксид циркония стабилизированный иттрием. Его достоинством является низкая теплопроводность.

С целью защиты основного металла от окисления и для противодействия отслоению керамического слоя в теплозащитных покрытиях наносится внутренний жаростойкий слой системы Ni-Co-Cr-Al-Y. Микроструктура жаростойкого слоя покрытия представляет собой слоистую структуру с большим количеством полурасплавленных и не расплавленных фрагментов исходного материала. Анализ микроструктуры на изломе покрытия показал, что подслой имеет поры (рис. 2).

Проведенные исследования элементного состава подслоя показали, что между закристаллизовавшимися частицами слоя наблюдаются выделения оксидов алюминия и хрома. В частицах наблюдаются светлые выделения, соответствующие большему содержанию никеля, что говорит о химической неоднородности.

Основную функциональную роль несет внешний керамический слой

Рис. 1 - Структура теплозащитного покрытия

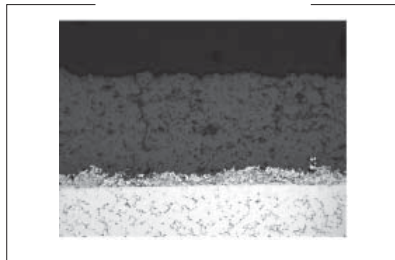


Рис. 2 - Микроструктура излома внутреннего жаростойкого слоя защитного покрытия

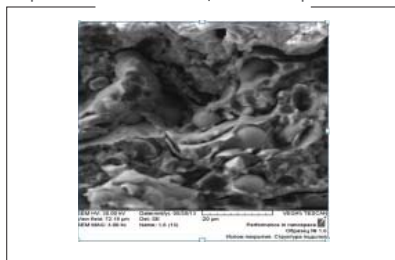


Рис. 3 - Поперечное сечение лопатки ГТД:
1 - радиус перехода от пера к хвостовику,
2 - входная кромка, 3 - спинка

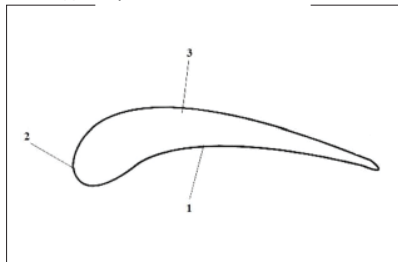


Рис. 4 - Диффузионный слой в структуре основного металла на лопатке ГТД после эксплуатации

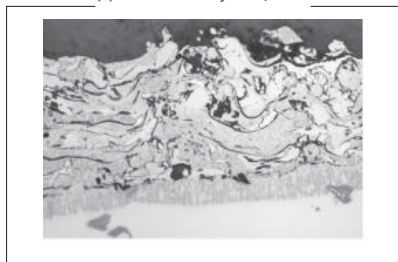


Рис. 5 - Микроструктура диффузионного слоя основного металла на лопатке ГТД после эксплуатации

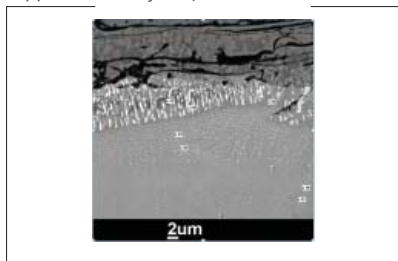


Рис. 6 - Элементный анализ лопатки газотурбинного двигателя в исходном состоянии

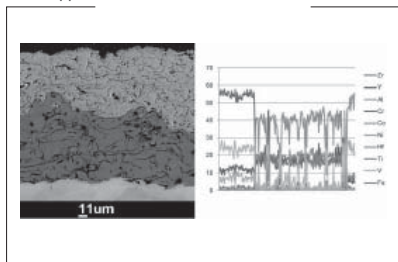
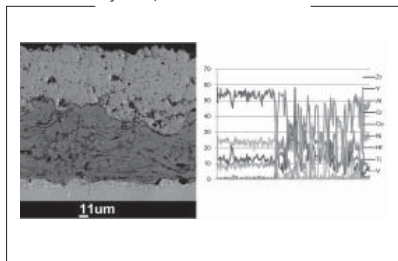


Рис. 7 - Элементный анализ лопатки газотурбинного двигателя после эксплуатации



композиции $ZrO_2 - 8\% Y_2O_3$. Большинство физических, механических и эксплуатационных свойств покрытий зависит от такой важнейшей характеристики покрытий, как пористость.

По результатам исследований пористости керамического слоя покрытия на образцах покрытия, полученного из порошков разного фракционного состава, можно сделать вывод, что с уменьшением размеров частиц порошка с 80-100 мкм до 40 мкм происходит уменьшение пористости покрытия и появляются трещины, что может привести к ухудшению его теплозащитных характеристик.

С целью контроля химической однородности внешнего керамического слоя теплозащитного покрытия был проведен элементный анализ покрытия. По результатам анализа можно сказать, что покрытие химически однородно, при этом состав покрытия не отличается от состава исходного порошка.

Исследование модельных образцов позволило оценить изменение структуры теплозащитного покрытия на реальных деталях в условиях эксплуатации. С этой целью для исследования структуры теплозащитного покрытия были взяты лопатки газотурбинного двигателя в исходном состоянии и после эксплуатации.

Опыт эксплуатации показывает, что наиболее подвержены эрозионным повреждениям поверхности лопаток на радиусе перехода от пера к хвостовику (1), входной кромке (2) и спинке (3) (рис. 3).

Исследование структуры теплозащитного покрытия в характерных зонах на лопатке ГТД в исходном состоянии и после эксплуатации показало, что на радиусе перехода от пера к хвостовику рельеф больше, чем на входной кромке и на спинке лопатки. Причем, это относится как к толщине жаростойкого слоя, так и к толщине керамического слоя.

Важно сказать, что в структуре основного металла после эксплуатации под покрытием появляется диффузионный слой (рис. 4).

Исследование слоя показало, что он появился в результате реакции основного материала с внутренним жаростойким слоем при воздействии высокотемпературного газового потока. Внутри диффузионного слоя наблюдаются белые включения (рис. 5). Исследование элементного состава показало, что данные включения являются соединениями вольфрама, предположительно карбидами.

Оценить влияние высокотемпературного газового потока на структуру теплозащитного покрытия, можно проанализировав изменение элементного состава теплозащитного покрытия по линии в лопатках в исходном состоянии (рис. 6) и после эксплуатации (рис. 7). Анализ показал, что в структуре покрытия лопатки после эксплуатации наблюдается ярко выраженная химическая неоднородность жаростойкого слоя.

В результате исследований также было установлено, что рациональный подбор фрактографического состава используемого порошка позволяет уменьшить расход исходных материалов, обеспечить необходимый уровень пористости и отсутствие трещин.

Анализ теплозащитных покрытий с разной толщиной в исходном состоянии и после наработки показал, что структура и свойства не зависят от толщины слоя и не меняются с течением времени. Исходя из этого, можно рекомендовать увеличить срок эксплуатации лопатки ГТД.

Все это позволяет снизить затраты на производство и эксплуатацию деталей ГТД.

Список использованных источников:

1. Елисеев Ю.С. и др. Технология производства авиационных газотурбинных двигателей [текст]: Учебное пособие для вузов / Ю.С. Елисеев, А.Г. Бойцов, В.В. Крымов, Л.А. Хворостухин – М.:Машиностроение, 2003.- 512 с.
2. Абраимов Н.В. и др. Химико-термическая обработка и защитные покрытия в авиадвигателестроении: Учеб.пособие для вузов / Н.В. Абраимов, Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов-М.: Высш. шк., 1999.-525л.

ДОКЛАДЧИК:

Чеканов Сергей Валерьевич
(Chekanov Sergey V.)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Изучение ориентационных зависимостей мартенситных превращений в сплавах с эффектом памяти
Studying of orientation dependencies of martensitic transformations in alloys with shape memory effect

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный Исследовательский
Ядерный Университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)
(National Research Nuclear University
MEPhI (NRNU "MEPhI"))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Чеканов Сергей Валерьевич
(Chekanov Sergey V.)
Перлович Ю.А.
Фесенко В.А.
Крымская О.А.

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Исследование зависимостей мартенситных превращений в сверхупругом сплаве Ti-22% Nb-Zr 6% с помощью рентгеновского метода обобщенных полюсных фигур, показало, что:

- при сжатии деформационное упрочнение, обусловленное $\beta \rightarrow \alpha''$ превращением, существенно выше в зернах с плоскостью прокатки {100}, чем в зернах с плоскостью прокатки {111};
- микродеформации решетки в зернах β и α'' -фазы под нагрузкой перераспределяются таким образом, чтобы в большей степени способствовать макродеформации образца;
- наиболее интенсивное $\beta \rightarrow \alpha''$ превращение происходит в зернах, где $\Delta d / d_{av} > 0$, наиболее склонных к увеличению объема решетки.

Диаграммы взаимной корреляции субструктурных параметров, построенные на основе обобщенных полюсных фигур, показывают, что в образце под нагрузкой отклонение межплоскостного расстояния от средневзвешенного уровня способствует активизации мартенситного превращения, при котором уширение рентгеновской линии минимально.

Annotation

Using X-ray method of generalized pole figures for study orientation dependence of martensitic transformation in superelastic Ti-22%Nb-6%Zr alloy it was shown that:

- under compression the strain hardening due to $\beta \rightarrow \alpha''$ transformation is significantly greater in grains with rolling plane {100} than in grains with a rolling plane {111};
- the lattice microdeformation at β - and α'' - phase grains under loading is redistributed so that it extremely assist the sample macrodeformation (most of all);
- most intense $\beta \rightarrow \alpha''$ transformation occurs in grains, where $\Delta d / d_{av} > 0$, most prone to increasing of its lattice volume;

Diagrams of the cross-correlation substructural parameters built on the basis of generalized pole figure indicate that in loaded sample the deviation of interplanar space from the weight average level promotes the activation of martensite transformation at which the X-ray line broadening is minimal.

Ключевые слова: рентгеновские исследования; обобщенная полюсная фигура; мартенситное превращение; фазовый переход; сверхупругость.

Key words: X-ray research; generalized pole figure; martensitic transformation; phase transition; superelasticity.

Основными механизмами деформации сверхупругого сплава Ti-22%Nb-6%Zr (ат.%) являются взаимное смещение атомов в кристаллической решетке сплава и образование обратимого мартенсита деформации (МД) $\beta \leftrightarrow \alpha''$, где β – аустенитная фаза с кристаллической решеткой ОЦК, а α'' – мартенситная фаза с орторомбической решеткой [1]. Образование обратимого МД при комнатной температуре в рассматриваемом сплаве при малости внешнего напряжения σ обуславливает эффект сверхупругости, величина которого оказывается ориентационно-зависимой из-за наличия ориентационного соотношения между кристаллическими структурами β и α'' -фаз.

Зависимость распределения зерен образующейся фазы от ориентации исходной матрицы определяется кристаллографической текстурой прокатанной фольги и направлением воздействия внешних напряжений. В рамках данной работы проведены текстурные исследования образцов на рентгеновских дифрактометрах ДРОН-3 и BRUKER D8 DISCOVER. Построены прямые текстурные полюсные фигуры (ППФ) {100}, {110} и {111} для β -фазы, а также обобщенные ППФ (ОППФ), характеризующие распределение на стереографической проекции относительные отклонения параметра решетки $\Delta d/d_{cr}$ и угловой полуширины рентгеновской линии $\beta 002$, характеризующей фрагментацию и упругие искажения в решетке β -фазы [2].

Фольга из сплава Ti-22%Nb-6%Zr получена путем холодной прокатки

горячекованой пластины до 97% деформации по ее толщине. Далее фольги толщиной $\sim 0,2$ мм и размером 17x17 мм накручивали на оправку диаметром 10 мм вдоль или поперек направления прокатки (НП или ПН, соответственно). Это соответствовало деформации противоположащих поверхностных слоев фольги растяжением или сжатием вдоль или поперек направления прокатки на $\sim 1,5\%$. Скрученные в разных направлениях фольги отжигали при температуре 700°C, - при этом в фольге проходила рекристаллизация, формировалась текстура рекристаллизации [3] и устранялась обусловленная холодной прокаткой субструктурная неоднородность [4]. Затем отожженные скрученные фольги распрямляли и наклеивали на держатель текстурной приставки, таким образом, чтобы при регистрации ППФ получить информацию от растянутых или сжатых поверхностей фольги, выпрямленной до плоского состояния. Под воздействием сжатия или растяжения, направленных вдоль НП или ПН, в фольге происходит образование МД. Фиксация фольги в плоском состоянии препятствует протеканию в ней обратимого мартенситного превращения.

Изучение субструктурных особенностей изогнутых образцов позволяет судить о перераспределении контролируемых параметров. Величина $\Delta d/d_{cp}$ характеризует упругую микродеформацию решетки вдоль, в данном случае, направления [001] и ее отклонение от среднего уровня, задаваемого действующими в образце напряжениями 1-го рода. Величины $\Delta d/d_{cp}$ со знаком «+» или «-» указывают области упругого сжатия или растяжения на стереографической проекции исследуемого образца. ОПФ $\beta 002$ для продольного и поперечного сжатия фольги свидетельствуют о повышенной полуширине рентгеновской линии или о повышенном наклепе зерен с плоскостью прокатки {001} и о существенно меньшем наклепе зерен с плоскостью прокатки {111}. Такое субструктурное состояние обусловлено образованием в первых из них мартенситной фазы и с ее отсутствием во вторых зернах. Когда речь идет о продольном и поперечном растяжении поверхностного слоя фольги, следует отметить более высокий уровень наклепа большинства зерен, из чего заключаем, что мартенситное превращение протекает там с большей вероятностью. Именно это явствует из разностных ПФ, представленных в работе [5], и согласуется с тем фактом, что растяжение в большей мере способствует мартенситному превращению, чем сжатие.

Информативны также диаграммы взаимной корреляции изменяемых субструктурных параметров, распределения которых описывают ОППФ $\Delta d/d_{cp}$ и ОППФ $\beta 002$. На этих диаграммах корреляции каждая точка отвечает определенной точке (ψ , Φ) стереографической проекции образца, причем абсцисса этой точки равна $\beta 002$, а ордината - $\Delta d/d_{cp}$. Наиболее упорядоченными являются корреляционные диаграммы для образцов, подвергнутых сжатию вдоль и поперек НП. Они свидетельствуют о том, что с увеличением по модулю $\Delta d/d_{cp}$ растет полуширина рентгеновской линии $\beta 002$. Необходимо отметить, что с развитием мартенситного превращения в объеме всего образца d_{cp} растет и величина d_i растет в каждой точке ОППФ, хотя абсолютная величина $\Delta d/d_{cp}$ может при этом и уменьшаться, поскольку величины $\Delta d/d_{cp}$ характеризуют флуктуации межплоскостного расстояния относительно среднего уровня. Полуширина линии β связана с наклепом отражающих зерен вследствие протекающего в них превращения. Из построенных корреляционных диаграмм следует, что в деформируемом поликристалле работает еще один механизм активизации мартенситного превращения, состоящий в том, что в зернах с межплоскостным расстоянием, близким к среднему уровню, наклеп и характеризующая его полуширина рентгеновской линии минимальны, а по мере того, как зерно по межплоскостному расстоянию отклоняется от среднего уровня, его наклеп и полуширина рентгеновской линии возрастают. То есть, если по какой-то причине межплоскостное расстояние отклоняется от среднего уровня, в нем растут микронапряжения и мартенситное превращение, ответственное за фрагментацию решетки, усиливается. Однако, наиболее явно это происходит только при сжатии поверхностного слоя фольги, когда мартенситное превращение происходит в меньшем ее объеме.

Таким образом, из данных рентгеновского метода построения ОППФ показано, что:

- при сжатии в зернах с плоскостью прокатки {001} обусловленный $\beta \rightarrow \alpha'$ превращением наклеп значительно больше, чем в зернах с плоскостью прокатки {111};
- в зернах β - и α' -фаз микродеформация решетки при нагружении перераспределяется таким образом, чтобы в наибольшей мере способствовать макродеформации образцов;

- наиболее интенсивное $\beta \rightarrow \alpha$ превращение происходит в зернах, где $\Delta d/d_{\text{ср}} > 0$, более всего склонных к увеличению объема решетки.

Диаграммы взаимной корреляции субструктурных параметров, построенные на основе ОППФ, свидетельствуют, что активизации мартенситного превращения способствует отклонение межплоскостных расстояний в нагружаемом образце от среднего взвешенного уровня, при котором уширение рентгеновских линий минимально.

Список использованных источников:

1. Jae Il Kim et al. Effect of Annealing Temperature on Microstructure and Shape Memory Characteristics of Ti-22Nb-6Zr (at%) Biomedical Alloy – Materials Transactions, 2006, Vol. 47, No. 3, pp. 505-512.
2. Исаенкова М.Г., Перлович Ю.А. Закономерности развития кристаллографической текстуры и субструктурной неоднородности в циркониевых сплавах при деформации и термообработке. – М.: НИЯУ МИФИ, 2014. – 528 с.
3. Kocks U.F., Tome C.N., Wenk H.R. Texture and anisotropy / Cambridge, University Press, 1998. – 675 p.
4. Структура, текстура и механические свойства деформированных сплавов молибдена /Под общей редакцией Трефилова В.И. – Киев; Наукова думка; 1983 – 282 с.
5. Перлович Ю.А., Исаенкова М.Г., Чеканов С.В., Фесенко В.А., Крымская О.А. Особенности образования мартенсита деформации в фольге сверхупругого сплава Ti-22Nb-6%Zr при изгибе. – Сб. материалов симпозиума «Перспективные материалы и технологии», Витебск, 2015. – с. 52-55.

ДОКЛАДЧИК:

Черноброва Дарья Александровна
(Chernobrova Daria Aleksandrovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Защитный экран для снижения вредного воздействия электромагнитного излучения сотового телефона на основе новых композиционных материалов
Materials which absorb electromagnetic radiation for protection from deleterious effect of a mobile phone

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный исследовательский
Томский государственный
университет (НИ ТГУ)
(National Research Tomsk
State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Черноброва Дарья Александровна
(Chernobrova Daria Aleksandrovna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Возрастающие темпы освоения микроволнового диапазона постоянно требуют разработки новых радиоматериалов, активно взаимодействующих с электромагнитным излучением этого участка длин волн. Поэтому исследуется возможность применения композиционных радиоматериалов для защиты от вредного влияния микроволнового излучения. Рассматриваемыми наполнителями композитов являются графен и углеродные нанотрубки, как однослойные, так и многослойные. Были измерены коэффициенты отражения и прохождения углеродных наноструктур. Показано, что увеличение процентного содержания по массе исходных углеродных наноструктур до 1% приводит к росту коэффициента отражения и уменьшению коэффициента прохождения. Причем одностенные углеродные нанотрубки и графен показали себя как наиболее эффективные материалы.

Annotation

Now the microwave waveband being developed actively. Scientists are exploring new radio materials for this wavelength range. The aim of this work is to study the electromagnetic characteristics of the composites containing as filler carbon nanostructures. Reflection and transmission coefficients of composite based on carbon nanostructures: single-walled, multi-walled carbon nanotubes, and graphene were measured. The research results showed that increasing the percentage by weight of the starting carbon nanostructures to 1% leads to an increase in the reflection coefficient and a decrease the transmission coefficient. SWNTs and graphene proved to be more effective materials.

Ключевые слова: Микроволновое излучение; вредное воздействие; мобильный телефон; углеродные наноматериалы; коэффициент отражения; коэффициент поглощения

Keywords: Microwave radiation; adverse effects; mobile phone; carbon nanomaterials; reflectance; absorption coefficient

В последнее время возрос интерес к исследованию материалов, эффективно взаимодействующих с излучением СВЧ и КВЧ диапазона. Это вызвано

разработкой современной аппаратуры, которая может работать как в данных областях частот, так и в терагерцовой области частот электромагнитного излучения. Причем исследуются как сплошные, так и композиционные материалы. Влияние электромагнитного излучения (ЭМИ) различной природы на технические и биологические объекты является значительным фактором, влияющим на их функционирование. Сегодня наблюдается развитие и увеличение мощности устройств СВЧ радиоэлектроники: широкое проникновение компьютерных и телекоммуникационных систем в различные сферы деятельности человека, расширение частотного диапазона, повышение быстродействия систем обработки информации. А также в связи с исследованиями, проводимыми различными международными здравоохраняющими организациями [1-5], которые постепенно приходят к выводу, что постоянное использование, в частности, сотовыми телефонами оказывает небезопасное влияние на человека. Отмечается, что регистрируется все больше свидетельств прямой связи ВЧ ЭМИ и возникновения лейкемии, в том числе у детей, подвергавшихся воздействию ЭМИ. Так как механизм влияния излучения на детский организм еще не определен [6], в большинстве отчетов рекомендуется ограничить использование мобильных телефонов детьми [7]. Поэтому разработка функциональных радиоматериалов для обеспечения защиты от ЭМИ становится весьма актуальной для решения данных проблем.

При разработке поглотителей электромагнитных волн используются различные материалы, обладающие способностью поглощать электромагнитное излучение в определенном диапазоне частот. Характерной чертой новейших технологий является их активное вторжение в мир нанометровых размеров. Современными исследованиями показано, что для построения композиционных радиоматериалов перспективно использовать наноразмерные углеродные структуры (УНС), обладающие необычными свойствами. Углеродные наноструктуры представляют собой миниатюрные электропроводящие образования, основой которых является углерод. Прежде всего, это углеродные нанотрубки, фуллерены, графен, нановолокна, углеродные луковичные структуры и аморфный углерод. Замечательные свойства УНС позволяют использовать их в качестве наполнителей в новых перспективных многофункциональных композиционных материалах. Благодаря своему малому весу, превосходным температурным, механическим и электрическим свойствам УНС можно использовать для решения разнообразных задач, возникающих при приеме и передаче ЭМИ. Представляет интерес исследовать электромагнитные характеристики композита, в который входит углеродные структуры. Композиты легко обрабатываются и могут обладать повышенной прочностью, эластичностью, гибкостью, улучшенными электромагнитными характеристиками и другими свойствами, недостижимыми для чистых веществ.

Исследования производились на аппаратуре аккредитованного центра коллективного пользования «Центр радиоизмерений ТГУ»: измерителе коэффициента прохождения и отражения на основе скалярного анализатора цепей P2M-18 фирмы «Микран»

В качестве фазы, взаимодействующей с электромагнитным излучением, были взяты графен, ОУНТ и МУНТ.

Графен – разработка инженеров Сибирского химического комбината (руководитель исследовательской группы, кандидат наук В.И. Мазин). Он был получен при проведении реакции фторида графита (CF_x)_n с алкил-литиевыми реагентами. Сведений о размерах и концентрации углерода в предоставленных образцах графена нет.

ОУНТ произведены фирмой «TUBALL». Материал содержит 75% и более ОУНТ диаметром 1,97 нм. Пилотная промышленная установка синтеза ОУНТ «Graphetron 1.0» установлена в Центре наномодифицированных материалов Технопарка Новосибирского Академгородка, в R&D-центре компании OCSiAl [8]

МУНТ, полученные осаждением этилена в присутствии катализатора FeCo/Al₂O₃, произведены Институтом катализа СО РАН, г. Новосибирск. Средний диаметр нанотрубок 9,4 нм, в диапазоне диаметров 4 – 21 нм. Содержание МУНТ более 97,5% от общей массы. МУНТ синтезировались через этиленовое разложение при 680°C в присутствии катализатора FeCo [9]. Изменение размера каталитических частиц позволило получить МУНТ с разными диаметрами. Подготовленные нанотрубки были очищены через дефлегмацию в HCl, отфильтрованы, вымыты до нейтрального pH и были подвержены сушке в течение 24 часов при 40°C. Остаток катализатора в МУНТ ниже 0,5 масс.% и представляет собой металлические частицы, расположенные внутри трубки. В качестве связующего использовался

Рис. 1 - Частотная зависимость коэффициентов отражения для ОУНТ (красный цвет кривых), МУНТ (синий цвет кривых) и графена (зеленый цвет кривых)

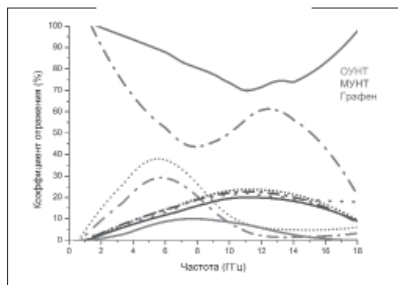


Рис. 2 - Частотная зависимость коэффициентов прохождения для ОУНТ (красный цвет кривых), МУНТ (синий цвет кривых) и графена (зеленый цвет кривых)

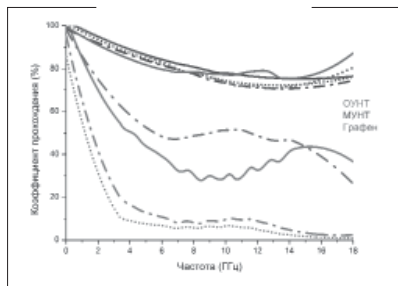
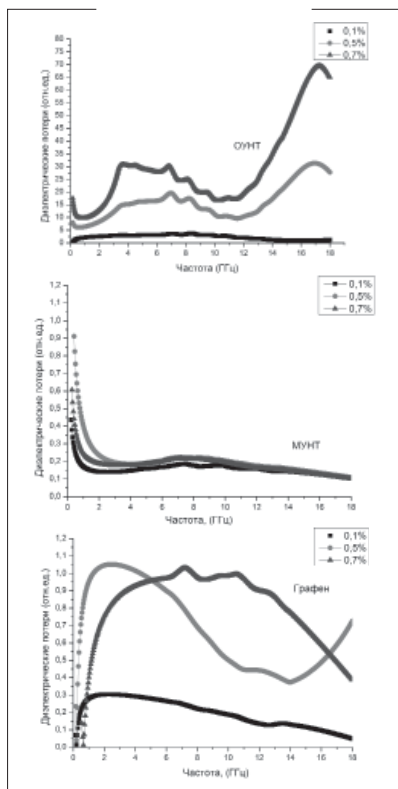


Рис. 3 - Мнимая часть диэлектрической проницаемости для УНС



клей эпоксидный универсальный марки ЭДП. В комплекте кроме модифицированной эпоксидиановой смолы (основы) был еще и отвердитель – полиэтиленполиамин (ПЭПА).

Для приготовления образцов композитов в эпоксидиановую смолу ЭДП добавляли необходимое количество углеродного материала и полученную смесь нагревали до 323 К на водяной бане для уменьшения вязкости. Равномерного распределения нанонаполнителя в смеси достигали обработкой в ультразвуковой ванне в течение 15 мин (частота 22 кГц, мощность 400 Вт). В качестве отвердителя использовали ПЭПА с массовым отношением ЭДП: ПЭПА = 4:1.

Измерения электромагнитного отклика от слоя композиционного материала проводились в диапазоне 0,01–18 ГГц. На рисунках 1, 2 представлены результаты измерений электромагнитных характеристик коэффициентов отражения и прохождения для различных углеродных наноструктур: ОУНТ, МУНТ, и графена. Сплошная кривая соответствует концентрации в 0,1% масс., штрих-пунктирная показывает концентрацию в 0,5% масс., а точечная кривая – в 0,7% масс.

Частотная зависимость коэффициентов отражения, приведенная на рисунке 1, соответствует измерению коэффициента отражения по схеме «на отражение». Видно, что увеличение концентрации наполнителя (МУНТ, ОУНТ) приводит к росту коэффициента отражения и уменьшению коэффициента пропускания готовых образцов. Для «графена» с ростом концентрации коэффициент отражения уменьшается. При этом для концентрации 0,1% масс. коэффициент отражения находится на уровне 80 – 100%.

Частотная зависимость коэффициентов прохождения, приведенная на рисунке 2, соответствует измерению коэффициента прохождения по схеме «на проход».

Из рисунка 2 видно, что коэффициенты отражения также имеют зависимость от концентрации наполнителя: с увеличением концентрации ОУНТ коэффициент прохождения уменьшается, в то время как для МУНТ и «графена» сначала уменьшается, а потом – растет. «Графен» показывает, что коэффициент прохождения, для концентраций 0,1% масс. и 0,7% масс., находится на уровне 80 – 100%.

Полученные зависимости коэффициентов отражения и прохождения для «графена» показывают, что данный композит является радиопрозрачным.

С точки зрения электродинамики для более эффективного поглощения СВЧ излучения предпочтительно использовать материалы, имеющие высокие значения мнимых частей диэлектрической и (или) магнитной проницаемостей.

На рисунке 3 представлены результаты расчета мнимой части диэлектрической проницаемости для композитных образцов углеродных наноструктур.

Из рисунка 3 видно, что МУНТ при исследуемых концентрациях не оказывают сильного влияния на диэлектрические потери в композите, так как мнимая часть диэлектрической проницаемости находится на уровне 0,1 – 0,2 отн. ед.

Образцы композита на основе «графена» имеют значения мнимой части диэлектрической проницаемости, доходящие до уровня 1,2 отн. ед., причем ход всех кривых различный: при концентрации 0,1% масс. значения не превышают 0,3 отн. ед., концентрация 0,5% масс. дает максимальные значения, доходящие до уровня 0,9–1,0 отн. ед. в диапазоне 1 – 6 ГГц, а концентрация 0,7% масс. дает уровень 0,9–1,0 отн. ед. в полосе частот от 4 до 12 ГГц.

Частотная зависимость мнимой части диэлектрической проницаемости композиционных материалов на основе ОУНТ является нелинейной, причем для концентраций 0,5–0,7% масс. наблюдается два максимума: в диапазоне около 5 ГГц и 17 ГГц. При концентрации 0,1% масс. такого эффекта нет.

Таким образом, из представленных результатов видно, что лучшими свойствами среди исследованных наполнителей для создания поглощающих материалов обладает композит, содержащий ОУНТ.

Список использованных источников:

1. Independent Expert Group on Mobile Phones. Mobile phones and health. Oxon, United Kingdom, Expert Group on Mobile Phones. URL: <http://www.iegmp.org.uk/report/text.htm> (дата обращения 10.03.2010).
2. Licari L. Children's health and environment: developing action plans / L. Licari, L. Nemer, G. Tamburini – Copenhagen: WHO. 2006. 88p.
3. Auvinen A. Brain tumors and salivary gland cancers among cellular telephone users / A. Auvinen, M. Hietanen, R. Luukkonen, R.S. Koskela // Epidemiology. 2002. V. 13. P. 356 – 359.

4. Hepworth S.J. Mobile phone use and risk of glioma in adults: case-control study / S.J. Hepworth, M. J. Schoemaker, K.R Muir, A.J. Swerdlow, M.J.A. van Tongeren, P.A. McKinney // BMJ. 2006. V. 332. P. 883 – 887.
5. Hardell L. Case-control study on cellular and cordless telephones and the risk for acoustic neuroma or meningioma in patients diagnosed 2000–2003 / L. Hardell, M. Carlberg, M.K. Hansson // Neuroepidemiology. 2005. V. 25. P. 120 – 128.
6. Отчет о 20-м совещании Европейского комитета по окружающей среде и охране здоровья Хельсинки, Финляндия, 12–13 декабря 2005. URL: http://www.euro.who.int/Document/EEHC/20th_EEHC_Mtg_report_Rus.pdf (дата обращения 10.03.2010).
7. Какое влияние оказывают мобильные телефоны на здоровье людей? Сеть фактических данных по вопросам здоровья. URL: <http://www.euro.who.int/en/system.html> (дата обращения 10.03.2010).
8. Наноматериалы и нанотехнологии // URL: http://library.krasu.ru/ft/_umkd/95/u_lectures (дата обращения 26.12.2014).
9. Kozhitov L.V. The Perspective Technological and Physicochemical Properties Carbon Nanocrystalline Substance and Metal/Carbon Nanocomposites for Fabricating Novel Materials / L. V. Kozhitov, V. V. Krapukhin, G.P. Karpacheva, S. A. Pavlov, V.V. Kozlov // Тр. III Российско-японского семинара «Оборудование и технология для производства компонентов твердотельной электроники и наноматериалов». – М.: Изд-во «Учеба»: МИСиС, 2005. – P. 217–234.

ДОКЛАДЧИК:

Шагова Юлия Олеговна
(Shagova Julia Olegovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка технологии рециклинга молибденовых сплавов
Development recycling technologies for molybdenum alloys

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Севастопольский
Государственный Университет
Институт Ядерной Энергии
и Промышленности
(Sevastopol State University
Nuclear Energy Institute
and Industry)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Шагова Юлия Олеговна
(Shagova Julia Olegovna)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Предложена технология рециклинга молибденосодержащих отходов, отличающейся от применяемых технологий малыми энергетическими затратами на переработку, минимальным воздействием на окружающую природную среду и соответственно низкой себестоимостью.

Annotation

Proposed technology of recycling of molybdenum-containing waste that is different from the applied technologies of low energy processing costs and minimal impact on the environment and correspondingly low cost.

Ключевые слова: рециклинг; молибденосодержащие отходы; биотехнология; ферромольбден; молибден.

Keywords: recycling; molybdenum-containing waste; biotechnology; ferromolybdenum; molybdenum.

В настоящий момент, добыча молибдена составляет более 250 тыс. тонн в год и имеет тенденцию постоянно увеличиваться, см. рис 1. Но в то же время, отработанные молибденосодержащие изделия практически перерабатывают только на 20%, что связано с высокой стоимостью их переработки.

Увеличение объемов добычи молибдена приводит к уменьшению стоимости молибдена, что иллюстрируется графиком 2, соответственно, рециклинг молибдена применяемыми методами (экстракция и ионный обмен) еще более не рентабелен. Тем самым складывается парадоксальная ситуация, когда дешевле изготовить новую деталь из руды, чем провести рециклинг отработанных изделий. Все это приводит к тому, что на предприятиях накапливаются большие объемы отработанных молибденосодержащих изделий.

В соответствии с выше изложенным, была поставлена цель по разработке технологии рециклинга молибденосодержащих отходов.

Задачи: проанализировать существующие способы переработки молибденосодержащих отходов; определить принципиальную возможность биовыщелачивания молибдена из отработанных изделий; провести эксперименты по определению оптимальных параметров биовыщелачивания; произвести предварительные технико-экономические расчеты для реализации данного способа в промышленности.

Анализ существующих способов переработки отработанных молибденосодержащих изделий показал их высокую стоимость, сложность процесса, высокие энергетические затраты, негативное воздействие на окружающую природную среду. Для устранения или снижения данных недостатков была предложена принципиально новая технология

Рис. 1 - добыча молибдена в мире, тонн/год

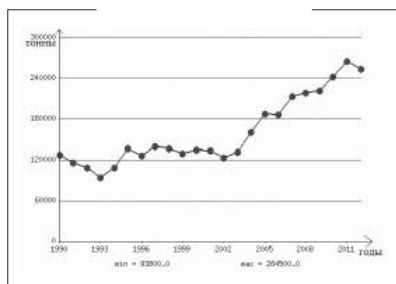
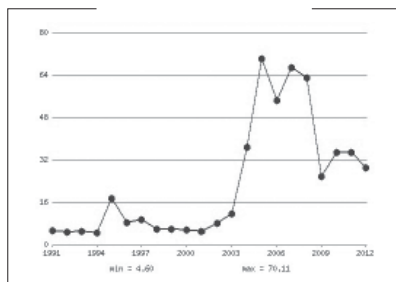


Рис. 2 - динамика цен на молибден, дол. США/год



рециклинга молибденосодержащих изделий биотехнологическим способом на основе эффекта биовыщелачивания.

С целью определения принципиальной возможности использования данного способа, были проведены предварительные исследования по переработке молибденосодержащих сплавов, с концентрацией от 7 до 99% по молибдену. При этом были определены оптимальные параметры биовыщелачивания. Разработана установка для биовыщелачивания молибдена, см. рис. 3., проведен ряд экспериментов с различными параметрами.

В результате, были получены порошки ферромолибдена с содержанием молибдена до 77% (табл.1, рис.4). Исследования проводились методом энергодисперсионного рентгено-флуоресцентного анализа. Результаты представлены в таблице 1.

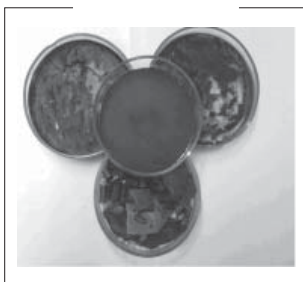
Таблица 1

Элемент	Концентрация
Zn	0.047%
Ni	0.126%
S	1.856%
Fe	20.432%
Mo	77.536%

Рис. 3 - установка для биовыщелачивания



Рис. 4 - порошок ферромолибдена



Полученный порошок ферромолибдена является коммерческим продуктом, который может быть использован как: катализатор; краситель; ингибитор жизнедеятельности патогенной микрофлоры; сырьем для получения чистого молибдена и т.д.

В соответствии с полученными результатами, была предложена технологическая схема переработки отработанных молибденосодержащих сплавов и проведены предварительные технико-экономические расчеты по ее эффективности. Расчеты по стоимости получения порошка молибдена с помощью переработки предложенным способом молибден содержащих отходов составили порядка 300-2500 руб. за килограмм. Что дешевле стоимости аналогичных порошков ферромолибдена в 2-3 раза.

Предложенный способ переработки молибденосодержащих сплавов отличается от аналогов - экологической безопасностью, низкой себестоимостью переработки, энергетическими затратами.



ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

ДОКЛАДЧИК:

Андреев С.Н.
(Stepan N. Andreev)
Член экспертной группы

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Институт общей физики им. А.М.
Прохорова РАН
(A.M. Prokhorov General
Physics Institute)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Андреев С.Н.
(Stepan N. Andreev)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

О реакторе Росси и других возможных проявлениях низкоэнергетических ядерных реакций

ТЕЗИСЫ:

В середине октября 2014 года был опубликован отчет Джузеппе Леви, профессора физики Болонского университета, и соавторов о результатах тестирования реактора «E-cat», созданного итальянским изобретателем Андреа Росси. Это устройство производило аномальное количество тепла при электронагреве находящегося в нем одного грамма топлива до температуры около 1400 градусов Цельсия. Топливо состояло в основном из порошка никеля (приблизительно 90 процентов) и алюминогидрида лития (до десяти процентов). В отчете сообщалось, что общее количество тепла выделенное устройством за 32 дня непрерывной работы составило около 6 ГДж. Элементарные оценки показывают, что энергоемкость порошка более чем в тысячу раз превышает энергоемкость, например, бензина! В результате тщательных анализов элементного и изотопного состава эксперты надежно установили, что в отработанном топливе появились существенные изотопные искажения лития и никеля.

Обнаруженные изменения изотопного состава и аномально высокое тепловыделение указывали на то, что в реакторе, возможно, протекали ядерные процессы. Однако никаких признаков повышенной радиоактивности, характерной для ядерных реакций, не было зафиксировано ни во время работы устройства, ни после его остановки. Процессы, протекающие в реакторе не могли быть ядерными реакциями деления, поскольку все используемые в топливе вещества являлись стабильными. Реакции синтеза ядер также исключаются, поскольку с точки зрения современной ядерной физики температура 1400 градусов Цельсия ничтожно мала для преодоления сил кулоновского отталкивания ядер. Вероятно, здесь ученые наткнулись на проявления нового типа реакций, в которых происходят коллективные низкоэнергетические превращения ядер элементов, входящих в состав топлива.

Основной загадкой низкоэнергетических ядерных реакций является механизм преодоления отталкивания положительно заряженных ядер при их сближении – так называемого кулоновского барьера. Обычно, для его преодоления требуются температуры порядка миллионов градусов Цельсия. В реакторе Росси такие температуры, очевидно, не достигаются. Тем не менее, есть ненулевая вероятность того, что частица, не обладающая достаточной кинетической энергией для преодоления сил отталкивания, все же окажется вблизи ядра и вступит с ним в ядерную реакцию. Этот эффект, получивший название туннельного, имеет чисто квантовую природу и тесно связан с принципом неопределенности Гейзенберга. Согласно этому принципу квантовая частица (например, ядро атома) не может иметь точно заданные значения координаты и импульса одновременно. Произведение неопределенностей (неустранимых случайных отклонений от точного значения) координаты и импульса ограничено снизу величиной, пропорциональной постоянной Планка $\hbar$. Это же произведение определяет вероятность туннелирования через потенциальный барьер: чем больше произведение неопределенностей координаты и импульса частицы, тем выше эта вероятность. В работах доктора физико-математических наук, профессора Владимира Ивановича Манько и соавторов (В.В.Додонов, В.И.Манько. Инварианты и эволюция нестационарных квантовых систем. Труды ФИАН. Москва: Наука, 1987. Т. 183: стр. 286) показано, что в определенных состояниях квантовой частицы (так называемых когерентных коррелированных состояниях) произведение неопределенностей ее координаты и импульса может на несколько порядков превышать постоянную Планка. Следовательно для квантовых частиц в таких состояниях вероятность преодоления кулоновского барьера будет существенно возрастать.

Если в когерентном коррелированном состоянии окажутся одновременно несколько ядер различных химических элементов, то в этом случае возможно протекание некоего коллективного процесса, приводящего к перераспределению протонов и нейтронов между ними. Вероятность такого процесса будет тем больше, чем меньше разница энергий начального и конечного состояний ансамбля ядер. Именно это обстоятельство, по-видимому, и определяет промежуточное положение низкоэнергетических ядерных реакций между химическими и «обычными» ядерными реакциями.

Как формируются когерентные коррелированные состояния? Что заставляет ядра объединяться в ансамбли и обмениваться нуклонами? Какие ядра могут, а какие не могут участвовать в этом процессе? На эти и на многие другие вопросы пока нет ответов. Теоретики делают только первые шаги на пути решения этой интереснейшей задачи.

Поэтому на данном этапе основная роль в исследованиях низкоэнергетических ядерных реакций должна принадлежать экспериментаторам и изобретателям. Необходимы системные экспериментальные и теоретические исследования этого удивительного феномена, всесторонний анализ полученных данных, широкое экспертное обсуждение.

Понимание и освоение механизмов низкоэнергетических ядерных реакций позволит решить массу прикладных задач, в том числе: создание дешевых автономных энергетических установок, высокоэффективные технологии дезактивации ядерных отходов и преобразования химических элементов.

ДОКЛАДЧИК:

Бабаджан Раиса-Довлета
Александровна
(Babadzhan Raisa-Dovlieta
Aleksandrovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Крымский федеральный
университет имени В.И.
Вернадского (КФУ им. В.И.
Вернадского)
(Crimea Federal V.I. Vernadsky
University (CFU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Бабаджан Раиса-Довлета
Александровна
(Babadzhan Raisa-Dovlieta
Aleksandrovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Особенности поведения пробной нуль-струны в гравитационном поле замкнутой расширяющейся нуль-струны движущейся в плоскости
Features of behavior of a probe null string in the gravitational field of a closed expanding null string moving in the plane

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Анализ полученных решений уравнений движения позволяет предполагать принципиальную возможность существования ряда интересных, с точки зрения космологии, свойств газа нуль-струн, например, таких как: возможность к ускоренному расширению или ускоренному сжатию, возможность реализации зернистой структуры, способность к реализации устойчивых поляризованных состояний и доменной структуры.

Annotation

The analysis of the solutions of the equations of motion allows to assume number of interesting from cosmological point of view properties of gass null string. For example such as: the possibility of an accelerated expansion or collapsing, the feasibility of the grain structure, the ability to implement sustainable polarized states and domain structure.

Ключевые слова: нуль-струна; гравитационное поле; космология; уравнения движения; инфляционный сценарий

Keywords: null string; gravitational field; cosmology; equations of motion; inflationary scenario

Нуль-струны реализуют высокотемпературную фазу (предел нулевого натяжения) теории струн [1-3]. По существующим представлениям эти объекты могли образовываться в момент Большого Взрыва и возможно влияли на физические процессы на ранних этапах эволюции Вселенной. Так, например, интересна возможность участия газа струн, в формировании "тёмной" материи [4], а также нуль-струнные механизмы инфляционного сценария [5]. Одно из направлений исследования свойств газа нуль-струн состоит в изучении свойств гравитационного поля, которое порождает нуль-струна, движущаяся по различным траекториям, а так же задачи о движении пробных нуль-струн в гравитационном поле нуль-струны.

В цилиндрической системе координат: $x^0 = t$, $x^1 = \rho$, $x^2 = \theta$, $x^3 = z$, квадратичная форма, описывающая гравитационное поле замкнутой нуль-струны радиально расширяющейся или радиально коллапсирующей в плоскости $z = 0$, может быть представлена в виде [6,7]

$$dS^2 = e^{2\nu} \left((dt)^2 - (d\rho)^2 \right) - B(d\theta)^2 - e^{2\mu} (dz)^2, \quad (1)$$

где

$$e^{2\nu(\eta, z)} = \frac{|\lambda_{,\eta}|}{(\lambda(\eta))^2} \left(\frac{\alpha(\eta) + \lambda(\eta)f(z)}{(\lambda(\eta))^{1/(1-z)}} \right)^{2-\sqrt{4-2z}}, \quad (2)$$

$$B(\eta, z) = \left(\frac{\alpha(\eta) + \lambda(\eta)f(z)}{(\lambda(\eta))^{1/(1-z)}} \right)^{\sqrt{4-2z}}, \quad (3)$$

$$e^{2\mu(\eta,z)} = (f_{,z})^2 \left(\frac{\alpha(\eta) + \lambda(\eta)f(z)}{(\lambda(\eta))^{1/(1-z)}} \right)^{2-\sqrt{4-2\chi}}, \quad (4)$$

$$\eta = t - \rho, \quad (5)$$

функции $\lambda(\eta)$ и $\alpha(\eta)$ связаны соотношением

$$\lambda(\eta) = (1 - \alpha(\eta)) / f_0, \quad f_0 = \text{const}, \quad (6)$$

$$\lambda_{,\eta} = \frac{d\lambda(\eta)}{d\eta}, \quad f_{,z} = \frac{df(z)}{dz}, \quad \chi = 8\pi G, \quad \text{функции } \alpha(\eta) \text{ и } f(z) \text{ ограниченные и для}$$

всех $\eta \in (-\infty, +\infty)$ и $z \in (-\infty; +\infty)$ принимают значения в интервале

$$0 < \alpha(\eta) < 1, \quad 0 < f(z) < f_0, \quad (7)$$

причем [6],

$$\alpha(\eta)|_{\eta \in (-\infty, -\Delta\eta) \cup (+\Delta\eta, +\infty)} \rightarrow 1, \quad \alpha(\eta)|_{\eta \rightarrow 0} \rightarrow 0,$$

соответственно

$$\lambda(\eta)|_{\eta \in (-\infty, -\Delta\eta) \cup (+\Delta\eta, +\infty)} \rightarrow 0, \quad \lambda(\eta)|_{\eta \rightarrow 0} \rightarrow \frac{1}{f_0}, \quad (8)$$

$$f(z)|_{z \in (-\infty; -\Delta z) \cup (+\Delta z; +\infty)} \rightarrow f_0, \quad f(z)|_{z \rightarrow 0} \rightarrow 0, \quad (9)$$

$\Delta\eta$ и Δz малые положительные константы, определяющие «толщину» «размазанной» нуль-струны порождающей гравитационное поле ($\Delta\eta \ll 1$, $\Delta z \ll 1$). Также, в пределе сжатия в одномерный объект (нуль-струну), должны быть выполнены следующие условия (при $\Delta\eta \rightarrow 0$, $\Delta z \rightarrow 0$):

$$\left| \frac{\alpha_{,\eta}}{\alpha(\eta)} \right|_{\eta \rightarrow 0} \rightarrow \infty, \quad \left| \frac{f_{,z}}{f(z)} \right|_{z \rightarrow 0} \rightarrow 0, \quad \left| \frac{\alpha_{,\eta}}{\alpha(\eta)} \times \frac{f_{,z}}{f(z)} \right|_{\eta \rightarrow 0, z \rightarrow 0} \rightarrow 0. \quad (10)$$

Как пример можно привести такой выбор функций $\alpha(\eta)$ и $f(z)$ [19], удовлетворяющих условиям (10):

$$\alpha(\eta) = \exp\left(\frac{-1}{\varepsilon + (\xi\eta)^2}\right), \quad f(z) = f_0 \exp\left(-\mu \left(1 - \exp\left(\frac{-1}{(\zeta z)^2}\right)\right)\right), \quad (11)$$

где константы ξ и ζ определяют размер («толщину») «размазанной» нуль-струны порождающей гравитационное поле, соответственно, по переменным η и z , а положительные константы ε и μ обеспечивают выполнение условий (10) при $\eta \rightarrow 0$, $z \rightarrow 0$, а именно

$$\zeta, \xi, \mu \rightarrow \infty, \quad \varepsilon \rightarrow 0. \quad (12)$$

Движение нуль-струны в псевдоримановом пространстве-времени определяется системой уравнений:

$$x_{,\tau\tau}^m + \Gamma_{pq}^m x_{,\tau}^p x_{,\tau}^q = 0, \quad (13)$$

$$g_{mn} x_{,\tau}^m x_{,\tau}^n = 0, \quad g_{mn} x_{,\tau}^m x_{,\sigma}^n = 0, \quad (14)$$

где g_{mn} и η соответственно метрический тензор и символы Кристоффеля внешнего пространства-времени, $x_{,\tau}^m = \partial x^m / \partial \tau$, $x_{,\sigma}^n = \partial x^n / \partial \sigma$, индексы m, n, p, q принимают значения 0, 1, 2, 3, функции $x^m = x^m(\tau, \sigma)$ z определяют траекторию движения (мировую поверхность) нуль-струны, $f(z)$ и $\lambda(\eta)$ параметры на мировой поверхности нуль-струны, $\lambda(\eta)$ - пространственно-подобный параметр помечающий точки нуль-струны, $f(z)$ - временно-подобный параметр.

Функции $x^m(\tau, \sigma)$, в цилиндрической системе координат $x^0 = t$, $x^1 = \rho$, $x^2 = \theta$, $x^3 = z$, имеют вид [6, 7]:

$$t = \tau, \quad \rho = r, \quad \theta = \sigma, \quad z = 0, \quad \sigma \in [0; 2\pi], \quad \tau \in [0; +\infty). \quad (15)$$

Уравнения движения пробной нуль-струны движущейся в поле нуль-струны радиально расширяющейся в плоскости $z = 0$, могут быть представлены в виде

$$\left(\frac{\alpha(\eta) + \lambda(\eta)f(z)}{(\lambda(\eta))^{1/(1-z)}} \right)^{2-\sqrt{4-2\chi}} = 1, \quad (16)$$

$$q_{,\tau\tau} + 2\nu_{,z} q_{,\tau} z_{,\tau} + e_{,z} B_{,\eta} (\theta_{,\tau})^2 + 2e^{(\mu-\nu)} \mu_{,\eta} (z_{,\tau})^2 = 0, \quad (17)$$

$$z_{,\tau\tau} + e^{2(\nu-\mu)} \nu_{,z} \eta_{,\tau} q_{,\tau} + 2\mu_{,\eta} \eta_{,\tau} z_{,\tau} - \frac{e^{-2\mu}}{2} B_{,z} (\theta_{,\tau})^2 + \mu_{,z} (z_{,\tau})^2 = 0, \quad (18)$$

$$\theta_{,\tau\tau} - \theta_{,\tau} = 0, \quad (19)$$

$$e^{2\nu}\eta_{,\tau}q_{,\tau} - B(\theta_{,\tau})^2 - e^{2\mu}(z_{,\tau})^2 = 0, \quad (20)$$

$$\frac{1}{2}e^{2\nu}(\eta_{,\tau}q_{,\sigma} + q_{,\tau}\eta_{,\sigma}) - B\theta_{,\tau}\theta_{,\sigma} - e^{2\mu}z_{,\tau}z_{,\sigma} = 0, \quad (21)$$

где

$$q = t + \rho. \quad (22)$$

Анализ полученных решений уравнений движения (16-21) пробной нуль-струны позволяет предполагать принципиальную возможность существования ряда интересных, с точки зрения космологии, свойств газа нуль-струн, например, таких как: возможность к ускоренному расширению или ускоренному сжатию, возможность реализации зернистой структуры, способность к реализации устойчивых поляризованных состояний и доменной структуры.

В работе показано, что для любого выбора «констант» интегрирования всегда будет существовать только некоторая «узкая» область («зона взаимодействия»), где выполнены все равенства определяющие динамику пробной нуль-струны и только те пробные нуль-струны, которые находятся в этой узкой области, будут «видимы» т.е. будут взаимодействовать с нуль-струной порождающей гравитационное поле, что может говорить о возможности реализации «зернистой» структуры пространства заполненного газом нуль-струн.

На рисунке 1 приведены графики функций: $t(\tau)$, $\rho(\tau)$ и $z(\tau)$, описывающие движение пробной нуль-струны в гравитационном поле нуль-струны движущейся по траектории (1). Из приведенных графиков следует, что если начальные скорости пробной замкнутой нуль-струны в направлении оси z отличны от нуля то в независимости от значения начальных условий, каждая пробная нуль-струна попавшая в «зону взаимодействия», в зависимости от своего положения относительно плоскости в которой находится нуль-струна порождающая гравитационное поле и направления движения вдоль оси z ($z_{,\tau} > 0$ или $z_{,\tau} < 0$), всегда, за очень короткий промежуток времени, или выталкивается гравитационным полем нуль-струны порождающей гравитационное поле (по переменной z) на бесконечность или за очень короткий промежуток времени притягивается гравитационным полем (по переменной z), как бы далеко она не была, к плоскости в которой находится нуль-струна порождающая гравитационное поле.

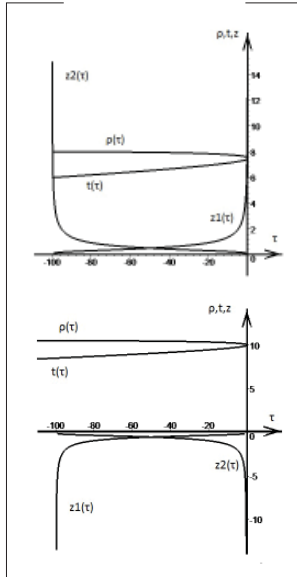
Наличие для каждой пробной нуль-струны попавшей в «зону взаимодействия», аномальных участков траектории на которых пробная нуль-струна за очень короткий промежуток времени или (ускоренно) выталкивается на бесконечность, или притягивается из бесконечности, может косвенно говорить о том, что способность к инфляции (причем как к ускоренному расширению так и к ускоренному сжатию) может быть внутренним свойством газа нуль-струн.

Так же, поскольку в начальный момент времени отдельные области газа нуль-струн (элементами которого являются замкнутые нуль-струны одновременно или радиально расширяющиеся или радиально коллапсирующие в параллельных плоскостях) причинно несвязаны то из результатов нашей работы следует возможность образования доменной структуры такого газа. То есть вполне возможно существование большого числа ограниченных в пространстве областей внутри которых нуль-струны одновременно или радиально расширяются или радиально коллапсируют в параллельных плоскостях. Однако положение этих плоскостей для каждого такого домена является случайным и не скорелированным с положением в соседних доменах.

Список литературы:

1. A. Schild, Phys. Rev. D 16, 1722 (1977).
2. I.A. Bandos, A.A. Zheltukhin, Sov. J. Nucl. Phys. 50 (3), 556 (1989).
3. A.A. Zheltukhin, JETP Lett. 46, 208 (1987).
4. Y. Cui, D.E. Morrissey, arXiv: 0805.1060v2 (hep-ph).
5. S.N. Roshchupkin, A.A. Zheltukhin, Class. Quantum. Grav. 12, 2519 (1995).
6. O.P. Lelyakov, A.S. Karpenko, R.-D.O. Babadzhani, Ukr. J. Phys. 59, № 5, 547 (2014).
7. O.P. Lelyakov, A.S. Karpenko, R.-D.O. Babadzhani, Ukr. J. Phys. 59, № 11, 1114 (2014).

Рис. 1 - На рисунке для случаев $z_{,\tau} > 0$ и $z_{,\tau} < 0$, приведены графики функций: $t(\tau)$, $\rho(\tau)$ и $z(\tau)$ описывающие движение пробной нуль-струны в гравитационном поле нуль-струны движущейся по траектории (1)



ДОКЛАДЧИК:

Бадарин Артём Александрович
(Badarin Artem Aleksandrovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Саратовский государственный
университет имени Н.Г.
Чернышевского (СГУ)
(Saratov State University (SGU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Бадарин Артём Александрович
(Badarin Artem Aleksandrovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Образование вихревых структур в релятивистском электронном потоке со сверхкритическим током

The formation of vortex structures in the relativistic electron beam with overcritical current

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В данной работе представлены результаты изучения нелинейных колебаний виртуального катода и формирующихся в релятивистском электронном потоке со сверхкритическим током структур в зависимости от величины внешнего магнитного поля и инжектируемого тока.

Annotation

The results of the investigation of virtual cathode nonlinear oscillations and structures formation in the relativistic electron beam with overcritical current are shown in the present work for different values of external magnetic field and beam current.

Ключевые слова: релятивистский электронный поток; виртуальный катод; азимутальная неустойчивость; виркатор; нелинейная динамика; электронные структуры

Keywords: relativistic electron beam; virtual cathode; azimuthal instability; vircator; nonlinear dynamics; electron structures

Известно, что интенсивные релятивистские электронные потоки (РЭП) часто демонстрируют сложные режимы динамики [1]. В частности, для них характерно развитие различных неустойчивостей, например, пирсовской, бурсиановской, тококонвективной, диокотронной, слиппинг-неустойчивости и др. С одной стороны, развитие данных неустойчивостей может играть положительную роль, например, пирсовская и бурсиановская неустойчивости приводят к образованию нестационарного виртуального катода (ВК), на использовании колебаний которого основан целый класс мощных СВЧ приборов – генераторы (усилители) на виртуальном катоде или виркаторы [2,3]. С другой стороны, данные неустойчивости могут оказывать и негативное влияние на функционирование мощных СВЧ устройств и накладывают определенные ограничения на режимы их работы. Так, например, развитие тех же пирсовской и бурсиановской неустойчивостей ограничивает максимальный ток электронного потока, который может быть транспортирован без отражений через эквипотенциальное вакуумное дрейфовое пространство. Диокотронная и слиппинг-неустойчивость существенно влияют на форму интенсивного РЭП при его распространении в системе, приводя к развитию в нем различных азимутальных и радиальных неоднородностей, в частности, вихревых и спиральных структур [4-5]. Последнее может приводить, как к выходу прибора, использующего интенсивный РЭП, из рабочего режима, так и может быть использовано для улучшения характеристик его генерации. Важным является вопрос о взаимодействии и сосуществовании различных неустойчивостей интенсивного электронного потока, т.к. при определенных параметрах системы выполняются условия для одновременного развития нескольких неустойчивостей [1]. Таким образом, исследование нелинейной динамики РЭП и возникающих в них неустойчивостей представляет собой важную задачу мощной вакуумной и плазменной электроники как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения.

В данной работе представлены результаты изучения нелинейных колебаний ВК и формирующихся в РЭП структур в зависимости от величины внешнего магнитного поля B_0 и инжектируемого тока I_0 . В качестве исследуемой системы рассматривается модель с идеально проводящими стенками, которая использовалась в работах [4,5]. Она представляет собой цилиндрическое пространство дрейфа длиной $L=45$ мм и радиусом $r=10$ мм, с одного торца которого располагается кольцевой источник заряженных частиц (кольцевой катод) с внутренним радиусом $r_{\text{внутр}}=3.5$ мм и внешним радиусом $r_{\text{внеш}}=5$ мм, инжектирующий трубчатый моноскоростной РЭП, а с другого – коаксиальный вывод мощности, моделируемый с помощью волноводного порта. К системе прикладывается внешнее продольное однородное фокусирующее магнитное поле с индукцией B_0 . Численное моделирование проводилось методом «Particle In Cell» с использованием лицензионного пакета трехмерного электромагнитного моделирования CST Particle Studio.

Выявлена сложная динамика ВК в электронном потоке. При инжекции

Рис. 1 - Характерные конфигурационные портреты электронного потока в сечении плоскостью, перпендикулярной к направлению инжекции РЭП, в области ВК. Фрагмент "а" соответствует 1 электронному сгустку ($I_0=15$ кА, $B_0=1$ Тл); "b" - 2 сгусткам ($I_0=25$ кА, $B_0=1$ Тл); "с" - 3 сгусткам ($I_0=35$ кА, $B_0=1$ Тл); "d" - 4 сгусткам ($I_0=45$ кА, $B_0=1$ Тл). Градиентом цвета показана энергия электронного потока. Области синего цвета соответствуют электронным сгусткам (вихрям) в азимутальном направлении

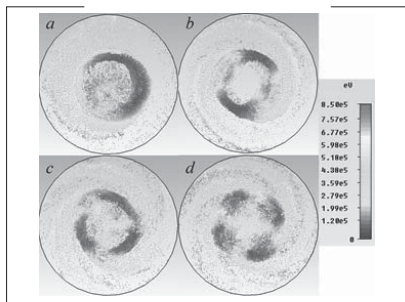
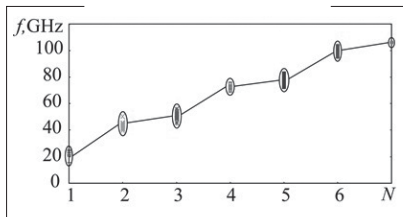


Рис. 2 - Зависимость частоты основной спектральной составляющей осцилляций ВК, имеющей некоторый разброс по частоте, от количества электронных сгустков N в азимутальном направлении. Маркерами обозначены частоты колебаний, полученные в ходе численного моделирования при различных значениях управляющих параметров



в пространство дрейфа РЭП с током $I_0 > I_{cr}$ в системе развивается бурсиановская неустойчивость, и формируется ВК. Одновременно с этим РЭП обладает сильным собственным магнитным полем, что приводит к развитию диокотронной неустойчивости даже в случае отсутствия внешнего магнитного поля. Результатом взаимодействия данных неустойчивостей является формирование ВК со сложной конфигурацией, характеризующейся образованием нескольких электронных сгустков (вихрей) в азимутальном направлении, вращающихся вокруг оси пространства дрейфа. Это, в свою очередь, приводит к появлению вихревых структур далее в пролетном промежутке. Управляющие параметры системы (ток пучка, индукция внешнего магнитного поля) определяют количество вращающихся электронных сгустков, причем тенденция такова, что с ростом тока РЭП их количество возрастает: система демонстрировала режимы с 1-7 вихрями при увеличении I_0 (на рис. 1 показаны случаи формирования 1-4 вихревых структур в РЭП).

Также было установлено, что уменьшение толщины пучка при фиксированных магнитном поле и токе инжекции приводит к увеличению числа вращающихся электронных сгустков. Количество образующихся вихревых структур связано с плотностью пространственного заряда в области ВК, причем с ее ростом происходит увеличение числа вращающихся сгустков. Это объясняется тем, что увеличение плотности пространственного заряда влечет за собой рост кулоновских сил расталкивания в РЭП, и при некотором критическом значении плотности заданная конфигурация пучка с некоторым количеством вихревых структур становится неустойчивой – происходит увеличение количества структур на единицу. Это делает новую конфигурацию РЭП вновь устойчивой за счет более равномерного распределения пространственного заряда в азимутальном направлении. При этом наблюдается связь между структурой ВК и частотой излучения: увеличение количества сгустков в азимутальном направлении приводит к росту частоты выходного СВЧ сигнала в релятивистском виркаторе (см. рис. 2). На плоскости управляющих параметров «ток пучка – магнитное поле» были выявлены области с различным количеством вихревых структур в системе.

В ходе проведенного исследования были получены следующие основные результаты:

1. Управляющие параметры системы (ток пучка, индукция внешнего магнитного поля) определяют количество вращающихся в азимутальном направлении электронных сгустков в РЭП, причем тенденция такова, что с ростом тока их количество возрастает: система демонстрирует режимы с 1-7 вихрями при увеличении тока РЭП.
2. Обнаружена связь между структурой ВК и частотой излучения: увеличение количества сгустков в азимутальном направлении приводит к росту частоты выходного СВЧ сигнала в релятивистском виркаторе.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (задание 3.59.2014/К), гранта РФФИ (15-32-20299), а также грантов Президента РФ по поддержке ведущих научных школ (проект НШ-828.2014.2) и молодых российских ученых - кандидатов наук (МК-5426.2015.2).

Список использованной литературы

1. Кузелев, М. В., «Плазменная релятивистская СВЧ-электроника» / М. В. Кузелев, А. А. Рухадзе, П. С. Стрелков // М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2002.
2. Dubinov, A. E., Selemir, V. D. Electronic Devices with Virtual Cathodes (Review). Journal of Communications Technology and Electronics, 2002, No. 6, p. 575.
3. Benford J., High Power Microwaves. / J. Benford, J.A. Swegle, E. Schamiloglu.//CRC Press, Taylor and Francis, 2007.
4. Kurkin, S. A., Microwave radiation power of relativistic electron beam with virtual cathode in the external magnetic field. / S. A. Kurkin, A. E. Hramov, A.A. Koronovskii //Applied Physics Letters, 2013, No. 043507.
5. Higher harmonics generation in relativistic electron beam with virtual cathode/S. A. Kurkin, A. A. Badarin, A. A. Koronovskii, A.E. Hramov. // Physics of Plasmas. 2014. V. 21 (9) 093105.

ДОКЛАДЧИК:

Бакланов Петр Валерьевич
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Физика сверхновых
The Physics of Supernovae

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Институт Теоретической и
Экспериментальной Физики
(ИТЭФ)
(Institute for Theoretical and
Experimental Physics (ITEP))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Бакланов Петр Валерьевич

ТЕЗИСЫ:

Есть звезды, завершающие свою жизнь яркой вспышкой, фантастической по своей мощности. Такие явления называются «взрывами сверхновых» или просто «сверхновые». Это событие длится всего несколько месяцев, что крайне быстро, почти мгновенно, по масштабам Вселенной. Но за этот краткий период сверхновая выделяет энергии больше, чем высвечивает Солнце за все миллиарды лет своего существования.

В центре сверхновой во время взрыва в результате захвата нейтронов легкими ядрами синтезируется большая часть всех элементов из таблицы Менделеева тяжелее железа. Часть энергии взрыва переходит в кинетическую энергию вещества, которой достаточно, чтобы сбросить массивную, до десятков масс Солнца, оболочку. Ударные волны разогревают вещество оболочки до сотен тысяч градусов, из-за чего сверхновая на ранней фазе светит ярче, чем вся родительская галактика.

На лекции будет сделан обзор физических процессов, происходящих при вспышках сверхновых. Будут рассмотрены модельные расчеты, позволяющие понять наблюдательные проявления сверхновых.

ДОКЛАДЧИК:

Бубыр Татьяна Евгеньевна
(Bubyr Tatiana Evgenievna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование интенсивности световых волн, прошедших пленочные дифракционные элементы
Research of intensity of the light waves passing film diffractive elements

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Сибирский государственный
университет геосистем и
технологий, СГУГиТ
(Siberian State University
Geosystems and Technology)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Бубыр Татьяна Евгеньевна
(Bubyr Tatiana Evgenievna)

Дианова Александра Алексеевна
(Dianova Alexandra Alexeevna)

Паиль Ольга Владимировна
(Pail Olga Vladimirovna)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Рассчитаны и изготовлены пленочные дифракционные оптические элементы, преобразующие заданным образом световые волны. Экспериментально измерены распределения интенсивности световых волн, прошедших эти элементы.

Annotation

The film diffractive optical elements that convert light waves in a predetermined manner are calculated and manufactured. The intensities of distributions of the light waves that have passed these elements are measured experimentally.

Ключевые слова: дифракция, дифракционный элемент, интенсивность световой волны

Keywords: diffraction, the diffraction element, the intensity of the light wave

В настоящее время растет интерес оптиков-исследователей и разработчиков оптических устройств к дифракционным элементам, выполняющим заданные преобразования световой волны [1,2]. Это связано, в частности с появлением высокоразрешающих 2D и 3D принтеров, открывающих возможности упрощения изготовления таких дифракционных элементов [3,4]. Поэтому задача исследования свойств изготовленных с помощью таких принтеров дифракционных элементов является актуальной. Цель нашей работы – изготовление с помощью принтера пленочных дифракционных элементов и исследование пространственного распределения интенсивности световых волн, прошедших эти элементы.

Изготовление дифракционного элемента включает в себя расчет структуры элемента на основе скалярной теории дифракции, формирование структуры элемента в программе для черчения и проектирования, например AutoCAD, и печать полученной структуры на прозрачную пленку при помощи высокоразрешающего лазерного или струйного принтера. В качестве примера на рисунках 1а и 1б представлены кольцевая радиальная решетка и зонная пластина Френеля (в увеличенном масштабе).

В работе исследованы зависимости ширины зон пластин Френеля для цилиндрических, сферических и торических волн от их длины волны, от расстояния между зонной пластиной и источником этих волн, от количества зон. На рисунке 2 представлены фотографии распределения интенсивности монохроматической световой волны, прошедшей радиальную дифракционную решетку. В работе также измерены и построены графики

Рис. 1 - а) радиальная решетка из 50 штрихов (тонких окружностей), б) зонная пластина Френеля с 50 зонами

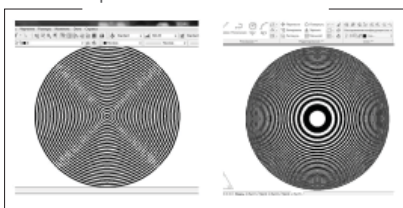
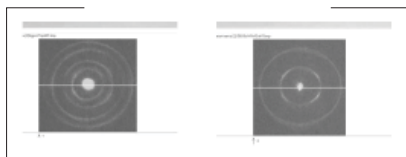


Рис. 2 - Распределение интенсивности в световой волне, прошедшей дифракционный элемент- радиальную решетку



распределения интенсивности световых волны, прошедших в элементы, вдоль выбранной линии в пространстве.

Таким образом, в работе были рассчитаны и изготовлены пленочные дифракционные оптические элементы, такие как: радиальная решетка, состоящая из 50 круговых штрихов, и зонная пластина Френеля с 50 зонами для цилиндрических и сферических волн, зонная пластина для торической волны; на их основе рассчитаны и изготовлены наложенные и составные дифракционные элементы. Выполнены измерения размеров дифракционных структур этих элементов. Экспериментально измерены распределения интенсивности и выявлены особенности дифракционных картин, формируемых прошедшими элементами световыми волнами. Работа выполняется в рамках инициативного студенческого научно-технического проекта «Лазерные узоры», выполняемого студентами Института оптики и оптических технологий СГУГиТ.

Список использованных источников:

1. Дифракционная компьютерная оптика / Под ред. В.А. Соифера. – М.: Физматлит, –2007. –736 с.
2. Киноформы: технологии, новые элементы и оптические системы/ Коронкевич В.П., Корольков В.П., Полещук А.Г., и др.// Автометрия. - 1989. - №3. – 95 – 102 с.
3. Батомункуев Ю.Ц., Райхерт В.А., Харитошин Н.А., Маганакова Т.В., Дианова А.А. Разработка лабораторных работ на основе пленочных дифракционных оптических элементов // Сб. матер. междуна. Научно-метод. конф. «Интеграция образовательного пространства с реальным сектором экономики». – Новосибирск, 2012 – Ч.4. – 144 – 147 с.
4. Батомункуев Ю.Ц., Дианова А.А., Маганакова Т.В., Райхерт В.А., Харитошин Н.А. Компьютерный синтез пленочных составных и наложенных дифракционных элементов / Ползуновский вестник. – 2012. – № 3/2. – С. 139-142.

ДОКЛАДЧИК:

Важинский Олег Тадеушевич
(Vazhinsky Oleg Tadeushevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование влияния температуры на параметры электрооптических затворов на кристалле РКТП, для различных материалов корпуса и технологий сборки

The research work of the temperature dependence on the parameters of the electro-optic q switches based on the RKTP crystal for different case materials and assembly technologies

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники
(Tomsk State university of control systems and radioelectronics)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Важинский Олег Тадеушевич
(Vazhinsky Oleg Tadeushevich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Цель работы – исследование влияния температуры на параметры электрооптических затворов на кристалле РКТП, для различных материалов корпуса и технологий сборки. В результате исследования получены температурные зависимости коэффициента контрастности электрооптических затворов на кристалле РКТП и построена теоретическая модель, описывающая температурные влияния на электрооптический затвор.

Annotation

The main aim is to research the temperature dependence of the q-switch's parameters for different types of case materials and assembly technologies. During the research period the temperature dependences of contrast ratio of q-switches based on the RKTP crystal were experimentally revealed and the theoretical model describing the temperature dependence on the electrooptic q-switch was calculated.

Ключевые слова: электрооптический затвор; коэффициент контрастности; температурная зависимость; технология сборки

Keywords: electrooptic qswitch; contrast ratio; temperature dependence; assembly technology

Принцип генерации оптических импульсов высокой мощности в твердотельных лазерах заключается в накоплении внутри резонатора энергии и последующем ее «выплеске» за короткое время. Весь этот процесс обусловлен модуляцией добротности [1]. В общем случае выражение для мощности импульса лазерного излучения можно записать в виде:

$$P_{\text{имп}} = \frac{P}{\tau_{\text{имп}} \cdot f_{\text{имп}}},$$

где P – средняя мощность излучения, $\tau_{\text{имп}}$ – ширина импульса, $f_{\text{имп}}$ – частота импульсов [2]. Согласно выражению (1) для получения высоких мощностей импульса необходимо уменьшать время импульса. В связи с этим одним из основных параметров, предъявляемым к внутрирезонаторному затвору, является его быстродействие. Другим требованием, предъявляемым к затвору, является оптическая прочность материала. Вышеописанными требованиями обладает электрооптический (ЭО) затвор.

Однако, жесткие условия эксплуатации ЭО затворов в мощных твердотельных лазерах, приводят к некоторым нежелательным эффектам, которые в свою очередь влияют на корректную работу. Одним из таких факторов является температура.

Учитывая температурное воздействие, выражение, определяющее разность фаз между двумя волнами, возникающими в кристалле, принимает вид [3]:

$$\Gamma = \Gamma_0 + \Gamma_T = \frac{2\pi}{\lambda}(n_{z,0} - n_{y,0})L_0 + \left(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{dL}{dT}(n_{z,0} - n_{y,0}) + \frac{2\pi}{\lambda} L_0 \left(\frac{dn}{dT} - \frac{dn}{dT} \right) \right) \quad 2$$

Постоянная разность фаз Γ_0 соответствует комнатной температуре. При значениях

$\Gamma_0 = 2\pi m$, где m – целое число, поляризация входящего в элемент излучения не изменит угол наклона плоскости на выходе. Такие значения разности фаз достигаются путем подбора длины элементов L . Выражение

$\frac{dL}{dT}$ представляет, зависимость изменения длины кристалла от температуры. Геометрические размеры кристалла будут изменяться пропорционально изменению температуры. Тогда в общем случае будет справедливо равенство:

$$\frac{dL_i}{dT} = (1 + \alpha_i \Delta T) L_0 \quad 3$$

где

α_i – коэффициент линейного термического расширения,

ΔT – изменение температуры и L_0 – длина элемента при начальной температуре. Для кристалла РКТП коэффициенты линейного термического расширения для кристаллографических осей соответственно равны: $\alpha_x = 11 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, $\alpha_y = 9 \cdot 10^{-6} K^{-1}$, $\alpha_z = 0.6 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ [4]. На конечную разность фаз будет влиять изменение длины образца вдоль оси, соответствующей направлению распространения световой волны. Члены выражения, характеризующие изменение показателя преломления при изменении температуры, в общем виде представляют термооптические коэффициенты

показателя преломления $\frac{dn_i}{dT}$. Для кристалла РКТП коэффициенты равны:

$$\frac{dn_x}{dT} = 1.1 \cdot 10^{-5} K^{-1}, \frac{dn_y}{dT} = 1.3 \cdot 10^{-5} K^{-1}, \frac{dn_z}{dT} = 1.6 \cdot 10^{-5} K^{-1}$$

С целью устранения температурного влияния на разность фаз, и соответственно на работу электрооптического модулятора, используется так называемая схема включения с температурной стабилизацией (рис. 1) [5].

В такой схеме элементы, из которых изготавливается затвор, имеют практически одинаковую длину. Допустимые отклонения в длине кристаллов составляют тысячные доли миллиметра. Элементы затвора устанавливаются таким образом, чтобы кристаллографическая ось, вдоль которой распространяется лазерное излучение, была соосной в обоих элементах, а кристаллографические оси Z взаимно перпендикулярны. Температурная компенсация в такой схеме достигается за счет того, что при изменении температуры среды длины элементов пропорционально увеличатся. А ортогональное расположение осей позволяет скомпенсировать температурное изменение показателей преломления.

Экспериментальная часть

Эксперименты по исследованию температурной зависимости коэффициента контрастности ЭО затворов и фазовой характеристики ЭО элементов проводились с использованием следующей экспериментальной установки (рис. 2):

Лазерное излучение, генерируемое лазером (1) Nd:YAG ($\lambda = 1,064$ мкм) проходит через призму Глана-Тэйлора (2). Таким образом, лазерное излучение на входе в электрооптический модулятор (5) имеет линейно поляризованный свет. Исследуемый образец помещается в термическую камеру (4). К омическим контактам кристаллов подключается источник высокого напряжения (6). Температура внутри термокамеры фиксируется

Рис. 1 - Ориентация осей кристаллооптических элементов в термокомпенсирующей схеме

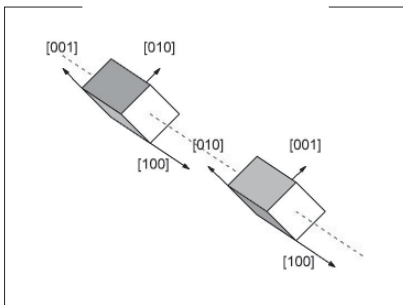


Рис. 2 - Схема экспериментальной установки
1 – Nd:YAG лазер ($\lambda = 1,064$ мкм); 2 – поляризатор; 3 – термометр (АКИП вольтметр универсальный В7-78/1); 4 – термокамера; 5 – ЭО модулятор; 6 – источник высокого напряжения (Плазон ИВНР 5 – 50); 8 – ЭВМ; 9 – фотодетектор (Spiricon SP620U)

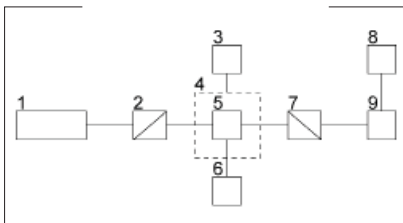


Рис. 3 - Экспериментальная и теоретическая кривые зависимости пропускания ЭО элемента на базе кристалла РКТП от температуры

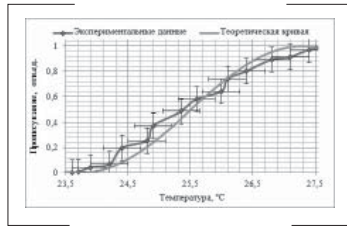


Рис. 4 - А. Внешний вид ЭО затвора собранного по термокомпенсирующей схеме, Б. График зависимости коэффициента контрастности ЭО затвора, собранного по термокомпенсирующей схеме, от температуры

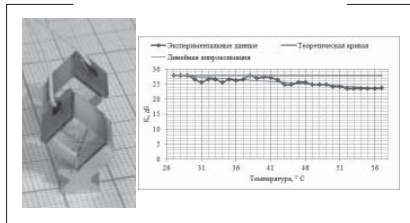
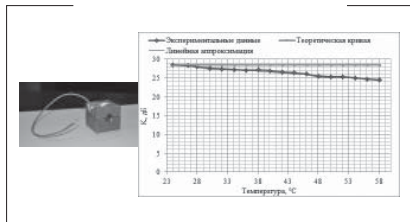


Рис. 5 - А. Внешний вид ЭО затвора собранного по термокомпенсирующей схеме, установленного в кожухе, Б. График зависимости коэффициента контрастности ЭО модулятора, помещенного в кожух, от температуры



датчиком температуры, представляющем термопару, подключенную к универсальному вольтметру (3). Внутри камеры датчик температуры располагается на креплении, где установлен прибор. Нагрев осуществляется с помощью элемента Пельтье, имеющий прямой контакт с фиксатором модулятора. Анализатор (7) используется для задания режима работы электрооптического модулятора. В качестве фотодетектора используется цифровая камера Spiricon SP620U.

Для наблюдения температурной зависимости пропускания ЭО элемента используется экспериментальная установка, приведенная на рис.2. Однако, стоит отметить, что в данном эксперименте не используется ИВН (6), поскольку полуволновое напряжение к элементу не прикладывается. ЭО элемент представляет собой параллелепипед с габаритными размерами $6 \times 6 \times 10 \text{ мм}^3$. Диапазон изменения температуры составил 4°C : нижний предел 23.4°C и верхний диапазон 27.4°C . Корпусом для элемента служил алюминиевый кожух. Элемент крепился путем механической фиксации. В ходе проведенных измерений была получена следующая экспериментальная зависимость (рис. 3):

$$I(T) = I_0 \cos^2 \left(\frac{\Gamma(T)}{2} \right) = I_0 \cos^2 \left(\frac{\Gamma_0 + \Gamma_T(T)}{2} \right) \quad 4$$

Как видно из рисунка 3 экспериментальная кривая хорошо согласуется с теоретической зависимостью. Для оценки погрешностей была взята выборка состоящая из трех экспериментов. Из зависимости можно сделать следующие выводы: при изменении температуры разница фаз двух волн изменяется, что приводит к изменению пропускания света через поляризатор. Другими словами, при изменении температуры изменяется естественная анизотропия кристалла. Это обусловлено изменением физических габаритов ЭО элемента и показателя преломления от температуры.

Во втором эксперименте исследовалась температурная зависимость коэффициента контрастности ЭО затвора, собранного по термокомпенсирующей схеме (рис. 4 А). Материал корпуса – сталь. Технология сборки – склейка, на основе эпоксидного клея с токопроводящими примесью. Корпус выполнен в виде монолитной конструкции с нижними фиксирующими выступами под пазы, и верхними взаимоскращенными площадками для вклейки ЭО элементов (корпус типа «ласточка»). Диапазон изменения температур составляет , от нижнего предела до верхнего предела.

Для данного эксперимента используется установка приведенная на рис. 2. Как видно (рис. 4 Б) экспериментальные данные, не совпадают с теоретической линией. Это можно объяснить несовершенством сборки затвора, а так же наведенной искусственной анизотропией кристаллов, обусловленных прямым пьезоэлектрическим эффектом, возникающем при механических напряжениях, возникающих при изменении температуры. Так же стоит отметить, что коэффициент контрастности ЭО затвора не опускается ниже уровня 20 дБ, что является часто предъявляемым требованием производителей твердотельных лазеров.

В третьем эксперименте исследовалась температурная зависимость коэффициента контрастности ЭО затвора, собранного по термокомпенсирующей схеме (рис. 5 А) и дополнительно помещенного в металлический кожух. Материал корпуса – алюминий. Технология сборки – склейка, на основе эпоксидного клея с токопроводящими примесью. Корпус выполнен в виде монолитной конструкции с нижними фиксирующими выступами под пазы, и верхними взаимоскращенными площадками для вклейки ЭО элементов (корпус типа «ласточка»). Кожух выполнен из алюминия и представляет собой сферу с удаленной серединой, куда помещается ЭО затвор. Крепление сферы выполнено в виде двух половинок куба, прижимаемых друг к другу. Диапазон изменения температур составляет , от нижнего предела до верхнего предела.

Для данного эксперимента используется установка приведенная на рис. 2. Как видно экспериментальные данные, не совпадают с теоретической линией. Это можно объяснить несовершенством сборки затвора, а так же наведенной искусственной анизотропией кристаллов, обусловленных прямым пьезоэлектрическим эффектом, возникающем при механических напряжениях, возникающих при изменении температуры. Кривая, построенная на основании экспериментальных данных для данной

технологии сборки, является более пологой, в отличие от предыдущей технологии. Так же стоит отметить, что коэффициент контрастности ЭО затвора не опускается ниже уровня 20 дБ, что является часто предъявляемым требованием производителей твердотельных лазеров.

Данная научно-исследовательская работа была выполнена на технической базе компании ООО «Кристалл Т».

Список используемой литературы

1. Тарасов, Л.В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения / Л.В. Тарасов. – Москва: Радио и связь, 1981. – 270, 333 с.
2. ГОСТ 25786–83. Лазеры. Методы измерений средней мощности, средней мощности импульса относительной неустойчивости средней мощности лазерного излучения. – Введен: 1983–05–18. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1984. – 24 с.
3. Ti Chuang. Application of KTP as an Electro-Optic Q-switch / Ti Chuang, Alan D. Hays and Haracio R // OSA Proceedings on Advanced SolidState Lasers. 1994. – Vol 20.
4. Г.Г. Гурзядян. Нелинейно – оптические кристаллы. Свойства и применение в квантовой электронике. Справочник / Г.Г. Гурзядян, В.Г. Дмитриев, Д.Н. Никогосян. – Москва: Радио и связь, 1991. – 160 с.
5. И.А. Паргачев. Электрооптические модуляторы лазерного излучения на основе высокоомных кристаллов / И.А. Паргачев, Ю.В. Кулешов, В.А. Краковский, Л.Я. Серебренников, С.М. Шандаров, А.Е. Мандель, Г.И. Шварцман. // Доклады ТУСУРа. 2011. Т 26. №2. Ч. 2. С. 90 – 93.

ДОКЛАДЧИК:

Васильков Сергей Андреевич
(Vasilkov Sergei Andreyevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Доказательство способности эффекта Вина вызывать электрогидродинамические течения в жидких диэлектриках

Demonstration of the wien-effect capability of causing electrohydrodynamic flows in liquid dielectrics

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Санкт-Петербургский
государственный университет
(Saint Petersburg State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Васильков Сергей Андреевич
(Vasilkov Sergei Andreyevich)

Стишков Юрий Константинович
(Stishkov Yuriy Konstantinovich)

Чирков Владимир Александрович
(Chirkov Vladimir Aleksandrovich)

Комаров Дмитрий Константинович
(Komarov Dmitri Konstantinovich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Работа посвящена доказательству важности учёта эффекта Вина (усиления интенсивности диссоциации под действием сильного электрического поля) при исследовании ЭГД (электрогидродинамических, вызванных действием кулоновской силы на сосредоточенный в объёме электрический заряд) устройств и ЭГД-течений в жидких диэлектриках.

Annotation

The present work demonstrates and proves significance of the Wien effect accounting for when electrohydrodynamic (EHD) devices and EHD flows in liquid dielectrics are investigated.

Ключевые слова: электрогидродинамика; диссоциация; эффект Вина; моделирование; эксперимент; лазерная анемометрия

Keywords: electrohydrodynamics, field-enhanced dissociation, Wien effect, simulation, experiment, particle image velocimetry

Введение

Эффект Вина представляет собой явление усиления интенсивности диссоциации молекул примеси в жидком диэлектрике под действием сильных электрических полей [1]. Данный эффект может приводить к возникновению объёмного электрического заряда. Находясь в электрическом поле, заряженная жидкость под действием силы Кулона приходит в движение. Подобные течения называются электрогидродинамическими (ЭГД) течениями. Однако на сегодняшний день большинство учёных, работающих в области электрогидродинамики, выделяют только два механизма образования заряда при воздействии постоянным напряжением – это инжекция [2] и термическая диссоциация (без учёта её усиления за счёт эффекта Вина) [3].

Инжекция – поверхностный высоковольтный механизм зарядообразования, при котором происходит переход заряда с металлической поверхности заострённого электрода на молекулы жидкости, образуются ионы одинаковой с электродом полярности, что приводит к возникновению ЭГД-течений, направленных от электродов.

Термическая диссоциация, объёмный механизм зарядообразования, представляет собой распад нейтральных молекул на разноимённо заряженные ионы. При приложении к электродам высокого напряжения

вблизи их поверхностей образуются слои дефицита одноимённых ионов. Они имеют заряд противоположного знака и приводят к возникновению ЭГД-течений, направленных на электрод.

А если интенсивность диссоциации распределена неравномерно (имеет место эффект Вина), то в какой-то области образуется большее количество ионов, далее, за счёт дрейфа в электрическом поле, они могут попасть в область с меньшей интенсивностью диссоциации, образуя избыточную концентрацию и, значит, объёмный заряд. ЭГД-течения данного типа могут иметь схожую структуру с течениями инжекционного типа [4], и это не позволяет экспериментально доказать, что причиной их возникновения является эффект Вина. Также эффект Вина приводит к изменению приэлектродных слоёв дефицита ионов.

Эффект Вина чаще всего рассматривается в теоретических работах при изучении проводимости жидких диэлектриков (например, [5]), и как работ, рассматривающих эффект в качестве причины возникновения ЭГД-течений, всего несколько ([4] и [6], и ряд других работ этих же авторов). При этом полноценного сравнения результатов компьютерного моделирования (система ЭГД-уравнений имеет аналитическое решение лишь в простейших постановках) и результатов натурного эксперимента до сих пор не проведено. Из-за этого до сих пор неясно, насколько теория, описывающая эффект Вина, выполняется в эксперименте. Следствием отсутствия доказательств является систематическое пренебрежение эффектом. Так, например, в целой книге [7] эффект Вина может даже и не упоминаться.

В данной работе демонстрируется и экспериментально доказывается способность эффекта Вина вызывать интенсивные ЭГД-течения, и, следовательно, возможность построения ЭГД-преобразователей, основанных на данном эффекте, а также необходимость его учёта при изучении электроконвекции и при конструировании ЭГД-устройств.

Методика исследования

В работе проводится как компьютерное моделирование, так и натурный эксперимент.

Компьютерное моделирование проводится при помощи коммерческого пакета COMSOL Multiphysics®, основанного на методе конечных элементов. Решается полная система ЭГД-уравнений, включающая в себя уравнения электростатики, Навье-Стокса и уравнения Нернста-Планка (последние описывают изменение распределений концентраций ионов за счёт процессов диффузии, конвективного переноса и дрейфа ионов в электрическом поле, за счёт процессов рекомбинации и усиленной электрическим полем диссоциации в объёме жидкости). Путём компьютерного моделирования можно получить распределение всех искомых величин (в частности, скоростей), рассчитать вольтамперную характеристику и интегральные характеристики (генерируемое ЭГД-насосом давление, расход жидкости).

При проведении расчётов проверялось качество конечно-элементной сетки и выполнение законов сохранения. В модели, предназначенной для сравнения с экспериментом, отсутствуют свободные (подгоночные) параметры, наиболее значимые свойства жидкости и геометрические размеры измеряются непосредственно, а остальные – определяются из теоретических представлений или по табличным данным.

В экспериментальной части работы для получения распределения скоростей используется PIV-метод (Particle Image Velocimetry – метод лазерной анемометрии по изображениям частиц). Он подразумевает введение маленьких визуализирующих частиц в жидкость с последующим применением статистической обработки для восстановления их скорости. Для этого интересующий участок жидкости импульсно подсвечивается лазерной плоскостью и на цифровую камеру записываются два кадра, соответствующие двум последовательным вспышкам лазера. За время между вспышками частицы немного смещаются, путём компьютерной обработки записанных кадров определяется это смещение и, в результате, поле скоростей.

Так как ток пропускается через диэлектрическую жидкость, протекающие через систему токи крайне малы (наноамперы). Для регистрации токов используется шунт, напряжение с которого регистрируется при помощи аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Точность измерения обеспечена записью большого количества отсчётов АЦП.

Влияние эффекта Вина на характеристики ЭГД-устройств

Для демонстрации влияния эффекта Вина на характеристики ЭГД-устройств построена модель ЭГД-насоса, геометрия которого и свойства жидкости близки к описанным в [8]. Насос представляет собой систему

Рис. 1 - (слева) схема ЭГД-насоса, (справа) характеристики ЭГД-насоса, средняя скорость прокачки при малой нагрузке и максимальное генерируемое давление; напряжение $V_0 = 20$ кВ

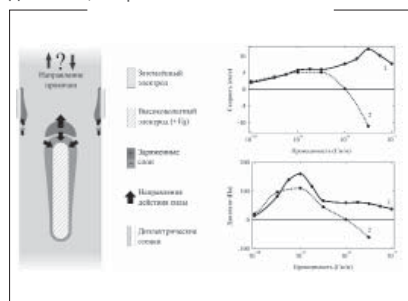


Рис. 2 - (слева) схематическое изображение окрестности отверстия в барьере, (справа) компьютерная модель с указанием размеров и граничных условий (φ - электрический потенциал, E - напряжённость электрического поля, $n_{\pm}$ - концентрация ионов, n_{eq} - равновесная концентрация, j - поток ионов, u - скорость жидкости; r и z обозначают компоненты векторов, N - обозначает нормальную компоненту).

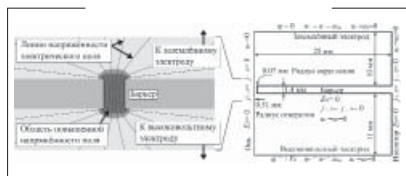
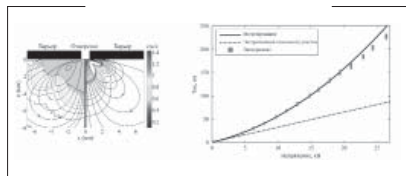


Рис. 3 - (слева) Сопоставление полей скоростей под барьером: чёрные линии – линии тока жидкости, цветные линии – контуры скорости; серая область на экспериментальном распределении – область неточного восстановления скоростей. Напряжение $V_0=19.2$ кВ, низковольтная проводимость жидкости $\sigma_0 = 6.7 \cdot 10^{-9}$ См/м. (справа) Сопоставление вольтамперных характеристик при $\sigma_0 = 8.9 \cdot 10^{-9}$ См/м



стержень–кольцо (рис.1 слева), и при приложенном напряжении вокруг электродов образуются слои дефицита ионов, которые создают прокачку в сторону на высоковольтный электрод. При учёте эффекта Вина происходит изменение формы приэлектродных слоёв и возникновение областей одноименного с электродами заряда, которые могут снизить эффективность работы насоса или даже сменить направление прокачки. В качестве рабочей жидкости предполагается использовать хладагент, а при его производстве проводимость жидкости не контролируется, поэтому на рис.1 справа представлены характеристики насоса для различных значений низковольтной проводимости.

Система для исследования эффекта Вина

В работе реализована экспериментальная установка, в которой роль других (помимо эффекта Вина) механизмов зарядообразования сведена к минимуму. Она представляет собой систему типа плоский электрод – диэлектрический барьер с небольшим цилиндрическим отверстием – плоский электрод. Так как барьер является непроводящим (его проводимость много меньше проводимости жидкости), на его поверхности накапливается заряд и все силовые линии электрического поля, выходящие из электрода, начинают проходить сквозь отверстие (см. рис.2 слева). В результате, в отверстии напряжённость поля значительно повышается, и создаются условия для проявления эффекта Вина. При этом внутри отверстия принципиально не могут возникать инжекция и приэлектродные неравновесные слои, так как металлические электроды в этой области отсутствуют.

На рис.2 справа представлена реализованная в COMSOL осесимметричная компьютерная модель с указанием размеров, соответствующих экспериментальной ювенте, и граничных условий. Подобная система не была исследована ранее ни экспериментально, ни на основе компьютерного моделирования. Более того, впервые проведено комплексное исследование ЭГД-течения, вызванного эффектом Вина при значениях напряжённости электрического поля до 10^7 В/м, включающее в себя регистрацию поля скоростей при помощи PIV метода и измерение вольтамперных характеристик (т.к. весь ток протекает сквозь отверстие, где усиливается диссоциация и, следовательно, проводимость жидкости, токовые характеристики весьма информативны), а также количественное сравнение экспериментальных данных с результатами численного расчёта.

Результаты эксперимента и моделирования

В качестве рабочей жидкости использовалось трансформаторное масло с примесью бутанола. На рис.3 представлено сопоставление результатов компьютерного моделирования. Экспериментально зарегистрированная структура ЭГД-течения находится в согласии с результатами компьютерного моделирования, хотя сами значения скоростей согласуются лишь по порядку величины. При включении высокого напряжения в системе возникает сравнительно интенсивное течение: жидкость подтекает к отверстию перпендикулярно барьеру и затем растекается в стороны вдоль него. Такая структура течения обусловлена тем, что максимальная кулоновская сила действует у границ отверстия и направлена в сторону от него. В непосредственной близости от отверстия значение модуля скорости велико, и направление вектора скорости быстро меняется, из-за чего очень сложно получить достоверные экспериментальные значения скорости (эта область заштрихована серым цветом). Однако линии тока всё же могут быть восстановлены вручную в этой области.

Различие вольтамперных характеристик не превышает 10%, а их нелинейность свидетельствует об увеличении интенсивности диссоциации (а следовательно, проводимости жидкости) в отверстии с увеличением приложенного напряжения. Малость расхождения свидетельствует о том, что интенсивность диссоциации усиливается в одинаковое количество раз, т.е. теоретическое описание эффекта Вина подтверждается экспериментом.

Выводы

При помощи компьютерного моделирования показано, что эффект Вина может оказывать значительное воздействие на характеристики ЭГД-устройств. Реализована экспериментальная установка, позволяющая исследовать эффект Вина. Сравнение результатов моделирования и эксперимента позволяют сделать вывод о корректности теоретического описания эффекта Вина (в рассмотренном диапазоне $E < 10^7$ В/м).

Благодарности

Исследование проведено с использованием оборудования Научного парка СПбГУ: установки LaVision FlowMaster ресурсного центра «Геомодель» и с использованием вычислительных ресурсов «Вычислительного центра СПбГУ» (<http://cc.spbu.ru>). Работа выполнена при финансовой поддержке

Санкт-Петербургского государственного университета (исследовательский грант 11.0.65.2010).

Список литературы

1. Onsager L. Deviations from Ohm's Law in Weak Electrolytes // J. Chem. Phys., Vol. 2, pp. 599–615, 1934.
2. Stuetzer O. M. Ion Drag Pressure Generation // J. Appl. Phys., Vol. 30, pp. 984–994, 1959.
3. Atten P. and Seyed-Yagoobi J. Electrohydrodynamically Induced Dielectric Liquid Flow Through Pure Conduction in Point/Plane Geometry IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul., Vol. 10, pp. 27–36, 2003.
4. Stishkov Yu. and Chirkov V. Dependence of the electrohydrodynamic flows structure in very non-uniform electric field on the charge formation mechanism // IEEE 17th Int'l. Conf. Dielectric Liquids (ICDL), Trondheim, Norway, pp. 1–4, 2011.
5. Apfelbaum M. S., Apfelbaum E. M. One Model of Electric Conduction and Electric Field Distributions in a Liquid Insulator // J. Electrostatics., vol. 50., № 2, pp. 129–142, 2001.
6. Suh Y. K., Baek K. H. and Cho D. S. Asymptotic and numerical analysis of electrohydrodynamic flows of dielectric liquid // Phys. Rev.E, Vol. 88., 023003, 2013
7. Shrimpton J. Charge Injection Systems: Physical Principles, Experimental and Theoretical Work // Springer, 2009
8. Seyed-Yagoobi J. and Bryan J. E. Electrohydrodynamic conduction pump // U.S. Patent 6 932 580, 2005.

ДОКЛАДЧИК:

Нина Воронова
(Nina Voronova)
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Экситонные поляритоны: квазичастицы жидкого света
Exciton-polaritons: quasiparticles of liquid light

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный
исследовательский ядерный
университет «МИФИ»
(National Research Nuclear
University MEPhI)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Нина Воронова
(Nina Voronova)

ТЕЗИСЫ:

Взаимодействие света с веществом в полупроводниках является объектом интенсивных исследований по двум причинам: в силу важности для фундаментального понимания коллективных явлений в твердом теле и из-за перспективности приложений в области квантовой фотоники.

Экситонные поляритоны – это новые собственные моды полупроводниковой микрополости, в которую погружены квантовые ямы, образующиеся в результате гибридизации фотонной и экситонной мод. Из-за такой смешанной природы, объединяющей свойства света и материи, новые квазичастицы обладают крайне специфическими свойствами, приводящими к множеству красивых эффектов, таким как, например, параметрическое рассеяние, высокотемпературная бозе-конденсация, сверхтекучесть, спонтанное формирование вихрей, поляризационная неустойчивость и многое другое. В настоящие дни сотни исследовательских групп во всем мире работают над производством, спектроскопией, теорией и приложениями, связанными с поляритонами в микрополостях. Эта сравнительно новая область, лежащая на стыке между нелинейной оптикой и квантовыми коллективными явлениями в твердом теле, чрезвычайно быстро развивается и расширяется.

Наиболее важным следствием экситон-фотонной гибридизации является поведение результирующих квазичастиц – поляритонов – как композитных бозонов (в широком диапазоне плотностей). Бозонная природа и кулоновское взаимодействие в экситонной составляющей поляритонов делают их очень похожими на атомные бозонные системы, хотя, по сравнению с атомами, из-за очень маленькой эффективной массы, поляритоны демонстрируют квантовое поведение при довольно высоких температурах. В то же время свойственные поляритонам диссипативная природа и быстрая релаксационная динамика, а также поляризационные свойства, унаследованные от их фотонной составляющей, делает их крайне похожими и на фотонный лазер. Кроме того, современные достижения в технологиях роста и техниках обработки полупроводниковых структур отрывают возможности создавать поляритонные системы, которые являются эффективно двух-, одно- и даже нульмерными, позволяя наблюдать принципиально новые эффекты. Диссипативная и взаимодействующая природа экситонных поляритонов, их неравновесный характер, необычный закон дисперсии и сильные нелинейности, их спиновые свойства – всё это однозначно делает эти бозонные квазичастицы

уникальными и крайне необычными, с большим количеством сходств и различий одновременно с полупроводниковыми лазерами и атомными бозе-конденсатами.

Данная лекция ставит своей целью дать общее введение в физику экситонных поляритонов в микрополости по мере ее развития за последние два десятилетия и представить обзор современных успехов и перспектив развития данной области.

Список литературы

1. A. Kavokin, J. Baumberg, G. Malpuech, and F. Laussy, *Microcavities*, Clarendon Press (Oxford), 2006.
2. Daniele Sanvitto and Vladislav Timofeev (Eds.), *Exciton Polaritons in Microcavities – New Frontiers*, Springer, 2012.

ДОКЛАДЧИК:

Горковенко Екатерина
Артемовна
(Gorkovenko Ekaterina
Artemovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московский государственный
университет им. М. В. Ломоносова
(Lomonosov Moscow
State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Горковенко Екатерина Артемовна
(Gorkovenko Ekaterina Artemovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование полиморфных фазовых переходов в сложном молекулярном кристалле флуконазола при высоком давлении и температуре
Study of polymorphic transformations in the complex molecular crystal of fluconazole at high pressure and temperatures

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Кристаллическая структура и вибрационные спектры флуконазола были исследованы с использованием порошковой рентгеновской дифракции и Рамановской спектроскопии в диапазоне давлений до 2.5 и 5.5 ГПа, соответственно, а также в диапазоне температур до 150 °C. При давлении $P \sim 0.8$ ГПа был обнаружен полиморфный фазовый переход из исходной Формы I в новую триклинную форму VIII. Параметры решетки, объемы элементарной ячейки и вибрационные моды как функции от давления были получены для исходной полиморфной Формы I и индуцированной давлением формы VIII флуконазола. При более высоком давлении $P = 3.2$ ГПа был обнаружен полиморфный переход в другую Форму IX. В ходе работы было установлено, что до плавления флуконазол Формы I переходит в стеклообразное состояние, которое впоследствии трансформируется в стабильную полиморфную Форму II при нагревании после охлаждения.

Annotation

The crystal structure and vibrational spectra of the fluconazole have been studied by means of X-ray diffraction and Raman spectroscopy at pressures up to 2.5 and 5.5 GPa, respectively, and on the heating. At $P \sim 0.8$ GPa the polymorphic phase transitions between initial Form I to a new triclinic Form VIII have been observed. The lattice parameters, unit cell volumes and vibration modes as functions of pressure have been obtained for the initial polymorphic Form I and pressure induced Form VIII of the fluconazole. At higher pressure $P = 3.2$ GPa the sequence transformation into another polymorphic Form IX have been observed. Prior to the melting of fluconazole Form I a transition into a glassy state was found, which is subsequently transformed to a stable polymorphic Form II on heating after cooling.

Ключевые слова: кристаллическая структура, полиморфизм, Рамановская спектроскопия, рентгеновская порошковая дифракция

Keywords: Crystal structure, Polymorphism, Raman spectroscopy, X-ray powder diffractometry

В процессе производства лекарственных препаратов на фармакологические компоненты могут оказываться ряд определенных технологических воздействий: компрессии, нагрузки, локальный нагрев; каждое из которых может влиять на появление дополнительных, и в том числе и негативных, химико-физических или фармакологических свойств в конечном материале [1]. Так, например, при формировании таблеток при прессовании может развиваться локальное давление на образце до 1 ГПа, чего вполне достаточно для развития необратимых полиморфных фазовых переходов. В процессе этих переходов происходит формирование новых устойчивых форм молекулярных соединений, которые могут кардинально отличаться от исходных, в том числе и фармакологической активностью [1, 2]. Поэтому, в настоящий момент одним из актуальных направлений физики конденсированных сред и прикладной фармакологии является систематический учет и анализ причин и условий развития полиморфных фазовых переходов в сложных молекулярных лекарственных компонентах

при различных физических воздействиях: компрессии, нагрева, локальных напряжений [3]. В частности, это обуславливает детальные и систематические исследования полиморфных фазовых переходов при высоком давлении в сложных молекулярных кристаллах [4].

Одним из важных модельных фармакологических материалов является органический кристалл класса триазольных соединений - флуконазол $C_{13}H_{12}F_2N_6O$ [5]. Это соединение широко используется для лечения и профилактики кандидоза и других микозов [6]. При нормальных условиях флуконазол находится в полиморфной форме I [7, 8], структура которой описывается триклинной симметрией с пространственной группой $P\bar{1}$. В зависимости от условий синтеза в флуконазоле наблюдается семь устойчивых полиморфных форм [8]. Однако, влияние высокого давления в отличие от влияния высоких температур, на кристаллическую структуру флуконазола, до сих пор не изучено.

Итак, кристаллическая структура сложного молекулярного кристалла флуконазола $C_{13}H_{12}F_2N_6O$ исследована методом энергодисперсионной рентгеновской дифракции при высоких давлениях до 2.5 ГПа и при комнатной температуре, а также в диапазоне температур до 150°C. Для подтверждения полученной информации нами был задействован метод комбинационного рассеяния света в диапазоне давлений до 5.5 ГПа.

Флуконазол с исходной формой I получен из Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO).

Эксперименты по энергодисперсионной рентгеновской дифракции в диапазоне давлений до 2.5 ГПа и температур до 150°C проводились с использованием гидравлического пресса высокого давления MAX80 [9] на канале F2.1 источника синхротронного излучения DORIS-III (HASYLAB, DESY, г. Гамбург, Германия). Образец помещался в цилиндрический контейнер из борированной эпоксидной смолы, верхняя часть которого заполнялась образцом, а нижняя – NaCl для калибровки давления. Энергодисперсионный дифракционный спектр регистрировался полупроводниковым германиевым детектором с разрешением 153 эВ на энергии 5.9 кэВ и с разрешением 500 эВ на 122 кэВ и с общим средним разрешением $\Delta d/d \approx 1\%$. Фиксированный угол Брэгга детектора в эксперименте составлял 9.09°, а время экспозиции - 5 мин.

Обработка рентгеновских дифракционных данных осуществлялась с помощью программного пакета FullProf [10].

В ходе работы установлено, что флуконазол характеризуется температурой плавления $\approx 140^\circ\text{C}$. Полученные энергодисперсионные рентгеновские спектры флуконазола указывают на то, что при нормальной температуре данный молекулярный кристалл находится в полиморфной форме I и описывается триклинной симметрией с пространственной группой $P\bar{1}$. Расплав флуконазола при охлаждении затвердевает в стеклообразную аморфную массу. Стеклообразное состояние вещества переходит в полиморфную форму II при нагревании, которая трансформируется в первоначальную форму I до начала плавления, как уже было показано в предыдущих исследованиях [11]. Но наиболее интересный результат был получен при исследовании флуконазола при высоком давлении. При нормальном давлении флуконазол находится в полиморфной форме I, кристаллическая структура которой имеет триклинную симметрию с пространственной группой $P\bar{1}$. Рассчитанные параметры элементарной ячейки при нормальных условиях прекрасно согласуются с полученными ранее данными. При давлении $P \sim 0.8$ ГПа на энергодисперсионных рентгеновских спектрах флуконазола наблюдаются заметные изменения, также наблюдаются сильные аномалии в барическом поведении структурных параметров и объема элементарной ячейки. Этот факт указывает на полиморфный фазовый переход в новую форму, структура которой также описывается триклинной симметрией, но со значительными отличиями в параметрах элементарной ячейки по сравнению с исходной формой I. Нами впервые была предложена модель для описания новой индуцированной давлением формы VIII. Исходная форма I и форма высокого давления имеют одинаковую симметрию кристаллической структуры, но сильно различаются параметрами элементарной ячейки, коэффициентами сжимаемости и модулями всестороннего сжатия. Нами были рассчитаны барические коэффициенты параметров и объема элементарной ячейки для исходной и индуцированной давлением полиморфных форм флуконазола.

Для экспериментов с помощью метода КРС в настоящей работе использовался спектрометр LabRam с гелий-неоновым лазером. Длина волны лазера составляет 632 нм. В экспериментах использовалась диафрагма с размерами щели 11 мкм и пятидесятикратный объектив. Для создания высокого давления на образце в экспериментах использовалась камера высокого давления с алмазными наковальнями.

Нами были исследованы вибрационные спектры флуконазола, в ходе работы сформирована таблица с наблюдаемыми частотами колебаний с соответствующим обозначением вибрационных мод молекулы флуконазола. Полученные спектры показывают существенные различия между наблюдаемыми частотами при повышении давления. Также рассчитаны значения коэффициентов Грюнайзена для наблюдаемых частот колебаний. Рамановская спектроскопия подтвердила переход, который определяется появлением новых пиков, аномалиями в барическом поведении частот изгибающих колебательных мод.

Таким образом, наши экспериментальные данные указывают на развитие полиморфного фазового перехода во флуконазоле при сравнительно небольших давлениях. Этот факт определяет принципиальную возможность нарушения стабильности исходной формы I флуконазола в процессе таблетирования или размола.

Заключение

В настоящей работе были исследованы эффекты высокого давления и температуры на рентгеновские дифракционные и вибрационные спектры флуконазола. В ходе работы было установлено, что до плавления флуконазол Формы I переходит в стеклообразное состояние, которое впоследствии трансформируется в стабильную полиморфную Форму II при нагревании после охлаждения. В молекулярном кристалле флуконазола при давлении $P \sim 0.8$ ГПа обнаружен полиморфный фазовый переход в триклинную форму с пространственной группой $P11$. Этот переход сопровождается заметными аномалиями в барическом поведении структурных параметров и объема элементарной ячейки флуконазола. Исходная форма I и предложенная нами форма VIII высокого давления имеют одинаковую симметрию кристаллической структуры, но сильно различаются параметрами элементарной ячейки, коэффициентами сжимаемости и модулями всестороннего сжатия. Мы предполагаем, что данный полиморфный фазовый переход может быть вызван переориентацией молекул флуконазола при приложении высокого давления.

Благодарности

Работа поддержана грантом РФФИ № 14-02-00353-а.

Список использованных источников:

1. Brittain HG, editor. 1999. Polymorphism in pharmaceutical solids. Drugs and the Pharmaceutical Sciences Series, Vol. 95. New York: Marcel Dekker.
2. Brittain HG. 2002. Effects of mechanical processing on phase composition. J Pharm Sci 91:1573–1580.
3. Boldyrev V.V., "Mechanochemical modification and synthesis of drugs", Journal of Materials Science, vol. 39, 2004, p.5117-5120
4. Chan HK, Doelker E. 1985. Polymorphic transformation of some drugs under compression. DrugDev Ind Pharm 11:315–332.
5. A.J. McLachlan, S.E. Tett, Br. J. Clin. Pharmacol. 41 (1996) 291–298.
6. S.M. Grant, S.P. Clissold, Drugs 39 (1990) 877–916.
7. European Pharmacopoea, fourth ed., 2002, pp. 405–407.
8. M. Karanam, S. Dev and A. Roy Choudhury, New Polymorphs of Fluconazole: Results from Cocrystallization Experiments, Cryst. Growth Des. 2012, 12, 240–252
9. Zinn P., Lauterjung J., Wirth R. // Zeitschrift für Kristallographie. 1997. V.691. P.212.
10. Rodriguez-Carvajal J. // Physica B. 1993. V. 192. P .55.
11. Gu XJ, Jiang W. 1995. Characterization of polymorphic forms of fluconazole using Fourier-transform Raman spectroscopy. J Pharm Sci 84:1438–1441.

ДОКЛАДЧИК:

Горлач Максим Александрович
(Gorlach Maxim Alexandrovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Университет ИТМО
(ITMO University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Горлач Максим Александрович
(Gorlach Maxim Alexandrovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование эффектов пространственной дисперсии в метаматериалах
Investigation of spatial dispersion effects in metamaterials

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Реализация отрицательного преломления является актуальной задачей в физике метаматериалов, важной для создания «плащей-невидимок». В настоящей работе демонстрируется отрицательное преломление в двухкомпонентной среде из проводников, возникающее вследствие эффектов пространственной дисперсии.

Annotation

The realization of negative refraction is a challenging task in metamaterials physics important for cloaking. In the present work, we demonstrate the phenomenon of negative refraction in two-component wire medium arising due to the spatial dispersion effects

Ключевые слова: метаматериалы; отрицательное преломление; пространственная дисперсия, обратные волны

Keywords: metamaterials; negative refraction; spatial dispersion; backward waves

Введение

Метаматериалы представляют собой искусственные композитные структуры с периодом, намного меньшим длины волны излучения, распространяющегося в этой структуре. Одной из центральных идей в физике метаматериалов является создание композитных сред с экзотическими, не встречающимися в природе электромагнитными свойствами. В частности, с использованием метаматериалов можно реализовать эффект отрицательного преломления излучения, иллюстрируемый рис.1.

Эффект отрицательного преломления возникает в том случае, если материал поддерживает распространение обратных волн, т.е. таких мод электромагнитного поля, для которых волновой вектор и вектор Умова-Пойнтинга противонаправлены [1]. Явление отрицательного преломления было предсказано теоретически для сред с одновременно отрицательными диэлектрической и магнитной проницаемостями (т.н. «левые» среды) [2]. Данный эффект используется в трансформационной оптике при создании маскирующих покрытий [3,4]. По этой причине в течение длительного времени усилия исследователей были направлены на создание искусственных сред с одновременно отрицательными диэлектрической и магнитной проницаемостями в заданном диапазоне частот [5].

Наряду с этим известно, что возникновение обратных волн в структуре можно рассматривать как эффект пространственной дисперсии [6,7]. Более того, класс сред, поддерживающих распространение обратных волн, «левыми» средами не исчерпывается [8-10]. В настоящей работе демонстрируется возникновение обратных волн за счет эффектов пространственной дисперсии в метаматериале на основе двухкомпонентной среды из проводников.

Таким образом, возможность управления пространственно дисперсным откликом композитного материала за счет выбора составных элементов-метаатомов и геометрии их расположения приобретает большое значение с точки зрения реализации эффекта отрицательного преломления.

Пространственная дисперсия и метаматериалы

Под пространственной дисперсией (или нелокальностью) понимается зависимость поляризации физически малого объема среды от значений поля в соседних областях пространства [11]. В случае фотонных кристаллов пространственно дисперсный электромагнитный отклик возникает главным образом из-за того, что период решетки становится сопоставимым с длиной волны излучения. В случае метаматериалов, постоянная решетки которых по определению заметно меньше длины волны, нелокальные эффекты возникают из-за крайне неоднородного распределения поля по элементарной ячейке. В этом случае связь средней по ячейке поляризации с полем, усредненным по элементарной ячейке, носит существенно нелокальный характер.

В работе [12] было показано, что в среде из проводников имеет место сильная пространственная дисперсия, не исчезающая даже в длинноволновом пределе. В нашей статье [13] были исследованы нелокальные эффекты в дискретной структуре из одноосных частиц и было показано,

Рис. 1 - Иллюстрация эффекта отрицательного преломления

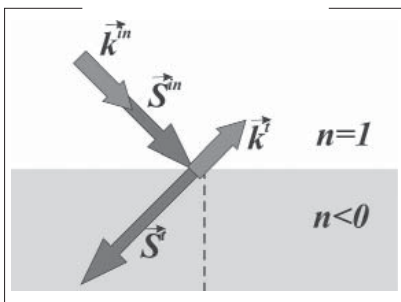


Рис. 2 - Двухкомпонентная среда из проводов. Емкостная нагрузка проводов распределена по длине; провода с разной нагрузкой изображены различными цветами

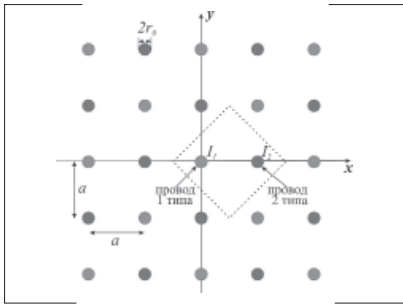


Рис. 3 - Изочастотные контуры для двухкомпонентной среды из проводов. Цифрами у контуров отмечены значения частоты в безразмерных единицах $\omega a/c$. Ось z ориентирована вдоль проводов. Пунктирными линиями отмечена граница первой зоны Бриллюэна структуры

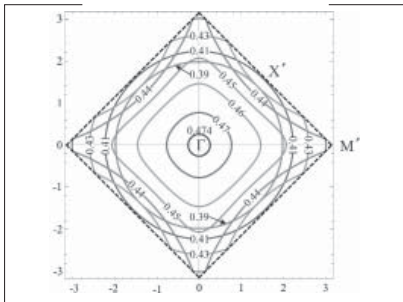
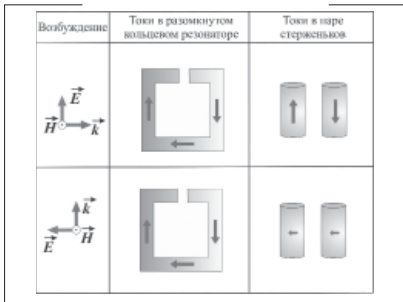


Рис. 4 - Отклик пары параллельных проводов на внешнее магнитное поле существенно зависит от ориентации волнового вектора падающей волны



что при определенных условиях при падении волны из воздуха на границу дискретного метаматериала может наблюдаться эффект трехлучепреломления [13,14], в отличие от двулучепреломления, имеющего место в обычной анизотропной среде.

В настоящей работе обсуждается возникновение обратных волн в двухкомпонентной среде из проводов (рис.2) и исследуется вопрос об эффективных материальных параметрах этой структуры. Расчеты дисперсионных свойств метаматериала проводились на основе модели тонких проводов, предложенной в [15]. Взаимодействие проводов описывалось при помощи решеточных сумм, учитывающих влияние всех проводов структуры на выделенный. Результаты описанного аналитического подхода сравнивались с результатами численного моделирования в HFSS. Проведенные расчеты показали, что в структуре действительно могут наблюдаться обратные волны (рис.3). Изочастотные контуры, представленные на рис. 3, соответствуют решениям дисперсионного уравнения при фиксированной частоте и при фиксированной компоненте волнового вектора вдоль проводов. Соответствующие моды имеют ТМ поляризацию (т.е. имеется ненулевая компонента электрического поля вдоль проводов). К проводам подключена распределенная по длине емкостная нагрузка: для проводов первого типа и для проводов второго типа; соотношение между радиусом проводов и периодом решетки было выбрано равным. Отметим, что с ростом частоты радиус изочастотных контуров на рис. 3 уменьшается. Это означает, что вектор групповой скорости (ориентированный по нормали к изочастотному контуру) направлен к началу координат.

В то же время волновой вектор на диаграмме рис. 3 направлен от начала координат. Следовательно, построенные изочастотные контуры соответствуют обратным волнам. При этом, т.к. изочастотный контур обратной волны практически круговой, можно говорить об изотропном отрицательном преломлении при распространении волны в плоскости.

Материальные параметры двухкомпонентной среды из проводов

Естественно поставить вопрос об эффективной диэлектрической и магнитной проницаемости рассмотренной двухкомпонентной среды из проводов. Эти материальные параметры могут быть определены, например, из измерения комплексных коэффициентов отражения и прохождения [16,17] для плоской волны, падающей на структуру перпендикулярно проводам (например, вдоль Ox на рис.2).

Однако оказывается, что данный метаматериал, как и любая структура, поляризующаяся только в одном направлении, в терминах магнитной проницаемости характеризоваться не может. Приведем здесь качественные аргументы в пользу сделанного утверждения.

Рассмотрим два способа возбуждения структуры падающей плоской волной, для которых направления вектора магнитного поля в обоих случаях одинаковы, а направления волнового вектора различаются (рис.4).

Если отклик разомкнутого кольцевого резонатора на оба типа возбуждения будет примерно одинаковым (т.к. он, в основном, определяется ориентацией вектора магнитного поля), то отклик пары проводов будет принципиально различаться для двух типов возбуждения. Действительно, в случае пары проводов существенной является ориентация вектора электрического поля по отношению к оси пары. Из этого качественного рассуждения следует, что пару проводов нельзя рассматривать как частицу, обладающую лишь электрической и магнитной поляризуемостью. Таким образом, описание материала в терминах локальной магнитной проницаемости представляется как минимум неполным. Строгое исследование вопроса в рамках теории нелокальной гомогенизации, проведенное в нашей работе [18], показывает, что одноосно поляризуемые структуры вообще не могут характеризоваться при помощи магнитной проницаемости.

Обсуждение результатов и выводы

Таким образом, исследованный метаматериал на основе двухкомпонентной среды из проводов поддерживает распространение обратных волн. При этом существование обратных волн в этой системе является эффектом пространственной дисперсии, не сводимой чисто к магнитному отклику. Следовательно, особую важность приобретают методы описания нелокальных эффектов в пространственно дисперсных метаматериалах и экспериментальные методы определения характеристик обратных волн по измеренным комплексным коэффициентам отражения и прохождения.

Настоящая работа поддержана фондом «Династия» и грантом РФФИ № 15-02-08957 А «Пространственная дисперсия и обратные волны в двухкомпонентной среде из проводов».

Литература:

1. G.V. Eleftheriades, K.G. Balmain. Negative-Refractive Metamaterials. Fundamental Principles and Applications. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2005.
2. В.Г. Веселаго // УФН. Т. 92, вып. 3, с. 517-526 (1967).
3. А.В. Кильдишев, В.М. Шалаев // УФН, Т. 181, № 1, с. 59-70 (2011).
4. А.В. Щелокова и др. // УФН, Т. 185, № 2, с. 181-206 (2015)/ А.В. Щелокова, И.В. Мельчакова, А.П. Слобожанюк, Е.А. Янковская, К.Р. Симовский, П.А. Белов.
5. D.R. Smith, et.al.// Physical Review Letters, vol. 84, No. 18, pp. 4184-4187 (2000)/ D.R. Smith, W.J. Padilla, D.C. Vier, S.C. Nemat-Nasser, S. Schultz.
6. В.М. Агранович, Ю.Н. Гарштейн. УФН, Т. 176, № 10, с. 1051-1068 (2006).
7. V.M. Agranovich, Y.N. Gartstein. Metamaterials, vol. 3, pp. 1-9 (2009).
8. M. Notomi// Physical Review B, vol. 62, No. 16, pp. 10696-10705 (2000).
9. P.V. Parimi, et.al.// Nature, vol. 426, p.404 (2003).
10. M.G. Silveirinha// Physical Review B 79, 153109 (2009).
11. В.М. Агранович, В.Л. Гинзбург. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. М.: Наука, 1965.
12. P.A. Belov, et. al.// Physical Review B 67, 113103 (2003)/ P.A. Belov, R. Marques, S.I. Maslovski, I.S. Nefedov, M. Silveirinha, C.R. Simovski, S.A. Tretyakov.
13. M.A. Gorlach, P.A. Belov. Physical Review B 90, 115136 (2014).
14. A.A. Orlov, et.al.// Physical Review B 84, 045424 (2011)/ A.A. Orlov, P.M. Voroshilov, P.A. Belov, Y.S. Kivshar.
15. P.A. Belov, S.A. Tretyakov, A.J. Viitanen.// Journal of Electromagnetic Waves and Applications, vol. 16, No. 8, pp. 1153-1170 (2002).
16. A.M. Nicolson, G.F. Ross// IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. IM-19, No. 4, pp. 377-382 (1970).
17. W.B. Weir// Proceedings of the IEEE. Vol. 62, No. 1, pp. 33-36 (1974).
18. M.A. Gorlach, P.A. Belov// Physical Review B 92, 085107 (2015).

ДОКЛАДЧИК:

Павел Алексеевич Дмитриев
(Pavel Dmitriev)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Широкополосное антиотражающее покрытие на основе двумерно-упорядоченного массива нанопор
Broadband antireflective coatings based on 2d arrays of nanopores

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Университет ИТМО
(ITMO University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Павел Алексеевич Дмитриев
(Pavel Dmitriev)
Дмитрий Алексеевич Баранов
(Dmitry Baranov)
Иван Сергеевич Мухин
(Ivan Mukhin)
Антон Кириллович Самусев
(Anton Samusev)
Павел Александрович Белов
(Pavel Belov)
Константин Руфович Симовский
(Constantin Simosvki)
Александр Сергеевич Шалин
(Alexander Shalin)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Продемонстрирована возможность использования упорядоченных массивов нанопор, внедрённых в диэлектрическую подложку в качестве антиотражающих покрытий. Оптимизация параметров массива нанопор позволяет подавлять отражение в широком спектральном диапазоне.

Annotation

The viability of a two-dimensional array of nanosized pores in a dielectric substrate as an antireflective coating has been experimentally proven. Optimization of the geometrical properties of the pore array leads to a strong suppression of reflectivity.

Ключевые слова: антиотражающие покрытия; широкополосное; непоглощающее; диэлектрическое; наноструктурирование

Keywords: antireflective coatings; broadband; non-absorbing; dielectric; nanostructuring

Введение

Антиотражающие (просветляющие) покрытия – это покрытия, которые уменьшают отражение от поверхности и увеличивают пропускание. Такие покрытия имеют широкий спектр применений, в том числе для просветления оптических элементов и увеличения поглощения в солнечных батареях [1]. В частности, коэффициент отражения кремния достигает 40%, что при коэффициенте полезного действия (КПД) преобразования кремниевых солнечных батарей порядка 20% значительно уменьшает общую эффективность таких элементов [2].

Так как КПД преобразования света в современных солнечных батареях близок к теоретическому максимуму [3], дальнейшее увеличение общего КПД элементов должно происходить за счёт уменьшения потерь, не связанных с внутренней квантовой эффективностью батарей, в частности

– за счёт уменьшения отражения света от их поверхности. В связи с этим активно ведётся разработка различных видов антиотражающих покрытий, которые позволили бы уменьшить потери, связанные с отражением в широком спектральном диапазоне. В этой работе представлено экспериментальное подтверждение возможности применения покрытий на основе упорядоченных массивов субволновых нанопор в качестве эффективных антиотражающих покрытий, а также сравнение их характеристик с традиционными покрытиями.

В этой работе исследовано новое антиотражающее покрытие – текстурированная тонкая плёнка с аномальной частотной дисперсией фазы отражённой волны [4]. Из-за аномальной пространственной дисперсии эффективная оптическая толщина покрытия зависит от длины волны таким образом, что фазовый сдвиг между волнами, отражёнными от передней и от задней границы покрытия, поддерживается постоянным в некотором спектральном диапазоне. Гомогенный материал с такой аномальной дисперсией, в соответствии с соотношениями Крамерса-Кронига, должен обладать отличным от нуля поглощением [5]. Однако эти соотношения неприменимы для неомогенной среды с пространственной дисперсией. В такой ситуации, электромагнитное взаимодействие составляющих среды позволяет получить необходимую частотную дисперсию без дополнительных потерь. Возможная конфигурация антиотражающего покрытия, использующего пространственную дисперсию, была предложена в работе [6].

Методы и материалы

На первом этапе работы был произведён численный расчёт распределения электромагнитного поля в структурах на основе субволновых нанопор различных конфигураций с целью оптимизации их антиотражающих свойств в видимом спектральном диапазоне. Расчёт производился методом конечных элементов.

Используемая в расчётах модель покрытия представляла собой параллелепипед размером $2\text{мкм} \times \text{Хнм} \times \text{Хнм}$, где период структуры Х – 200, 250 или 300 нм. На торцах были идеальные пропускающие граничные порты, а на боковые границы наложены периодические граничные условия. Сами поры моделировались усечёнными конусами ($n=1$) в слое полиметилметакрилата (ПММА, $n=1.5$) с варьируемыми верхним и нижним радиусами и толщиной слоя ПММА. Над верхней гранью конуса был слой воздуха ($n=1$) толщиной 700 нм, а под нижней гранью конусов – слой плавленого кварца ($n=1.46$) толщиной 500 нм. В модели не учитывались реальные дисперсии показателей преломления материалов. Толщины слоёв были выбраны достаточно большими для того, чтобы входные и выходные порты находились вне области ближнего поля. Таким образом, расчёты производились в приближении полубесконечной структуры, и учитывалось, что массив нанопор изготовлен из реального материала, несколько отличающегося по своим оптическим свойствам от материала подложки.

Спектры отражения от четвертьволновых слоёв, с которыми сравнивались экспериментальные и расчётные результаты рассчитывались методом матриц переноса. Также методом матриц переноса был рассчитан спектр отражения от чистой подложки с учётом дисперсии показателя преломления плавленого кварца.

На втором этапе работы были изготовлены образцы с параметрами, максимально близкими к оптимальным, полученным в результате численного моделирования.

Образцы с периодической системой нанопор изготавливались методом электронной литографии на подложке из плавленого кварца. Массивы нанопор изготавливались в слое ПММА толщиной 170 нм, нанесённом на подложку методом центрифугирования. Чтобы препятствовать накоплению заряда, на поверхность ПММА был напылён слой золота толщиной 10 нм. После электронного травления золото было стравлено раствором йодированного калия. Размеры нанопор варьировались изменением времени экспозиции и величины ускоряющего напряжения. В ходе подбора технологических параметров (экспозиции, величины ускоряющего напряжения) было изготовлено несколько сотен образцов площадью $10 \times 10 \text{мкм}^2$, с периодами решётки 200, 250 и 300 нм.

Поскольку каждый из экспериментальных образцов имел размер $10 \times 10 \text{мкм}^2$, для проведения оптических экспериментов была специально разработана экспериментальная установка оптической микроспектроскопии отражения, позволяющая измерять спектры отражения с образцов площадью до $10 \times 10 \text{мкм}^2$.

Результаты

В ходе работы была проведена серия экспериментов по атомно-силовой микроскопии и микроспектроскопии отражения изготовленных образцов массивов нанопор.

Измерения топографии поверхности методом атомно-силовой микроскопии

Рис. 1 - Экспериментальные и расчётные спектры отражения от подложки (зелёный), и двух массивов нанопор (красный и синий)

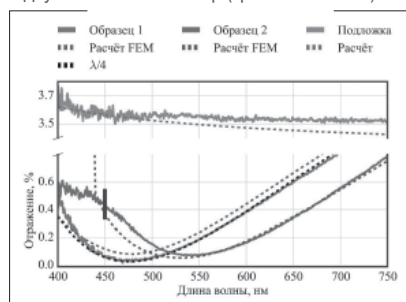
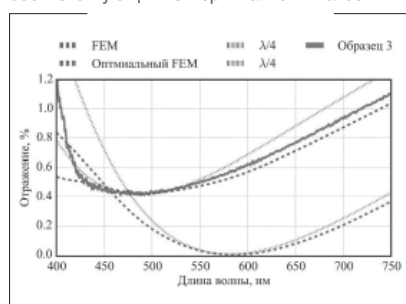


Рис. 2 - Экспериментальные и расчётные спектры отражения от массива нанопор, демонстрирующего широкополосное антиотражение (синий), расчётные спектры отражения от оптимального массива нанопор (красный). Для сравнения на графиках показаны спектры отражения от соответствующих четвертьволновых слоёв



подтвердили, что полученные нанопоры по геометрическим параметрам соответствуют оптимизированным дизайнам.

Экспериментальные и расчётные спектры отражения от чистой подложки и от образцов показаны на Рис. 1. Расходимость расчётных и экспериментальных спектров можно объяснить тем, что в расчётной модели не учитывалась дисперсия показателей преломления реальных материалов. Нагляднее всего это видно при сравнении расчётных и экспериментальных спектров подложки без покрытия. Значительное несоответствие экспериментальных и расчётных спектров отражения образца #2 на длинах волн менее 450 нм объясняется вкладом дифракции на периодической решётке нанопор – красная граница дифракции показана на Рис. 1 вертикальной чертой. Для образца #2, дифракция начинается на длинах волн менее 400 нм.

Отражение от образцов почти полностью подавляется на центральной частоте и поддерживается ниже 1% в широкой полосе длин волн, которая для образца #2 покрывает видимый диапазон. Отражение от образца #1 в диапазоне 400-600 нм составляет величину меньше 0.5%. Сравнение образцов #1 и #2 показывает возможность изменения положения минимума отражения путем изменения геометрических параметров массивов нанопор, при почти неизменной форме спектров.

Также на Рис. 1 показан спектр отражения четвертьволнового слоя (показатель преломления $n = 1.23$, толщина $d = 97$ нм), у которого минимум отражения совпадает с минимумом отражения образца #1. Следует отметить, что такой показатель преломления не достижим для твёрдого тела. Частотная зависимость отражения от четвертьволнового слоя почти совпадает с частотной зависимостью покрытия на основе массивов нанопор, т.е. рабочие характеристики покрытия не хуже, чем характеристики четвертьволнового слоя.

В работе [4] показана универсальность такого покрытия – его можно оптимизировать для просветления любого непоглощающего диэлектрика. Также в работе было показано, что меняя геометрию покрытия можно подстраивать минимум отражения под произвольный спектральный диапазон, не теряя в рабочих характеристиках. Таким образом, антиотражающее покрытие на основе массива нанопор может заменить традиционный четвертьволновой слой в тех случаях, когда трудно подобрать подходящий материал по тем или иным причинам. Покрытие на основе субволновых нанопор также более устойчиво к термоциклированию, так как нанопоры могут быть созданы непосредственно в просветляемом материале.

Теоретически было предсказано, что у оптимального покрытия на основе субволновых нанопор рабочие характеристики превосходят характеристики четвертьволнового слоя [6]. На Рис. 2 показан спектр отражения от образца #3 и четвертьволнового слоя с совпадающим минимумом отражения. Видно, что в данном случае покрытие показывает более широкополосное подавление отражения, но минимум отражения не опускается ниже 0.9%. Также на Рис. 2 показан спектр отражения от оптимизированного покрытия и спектр отражения от соответствующего ему четвертьволнового слоя – в этом случае отчётливо видно, что рассмотренное покрытие может быть оптимизировано для получения широкополосного подавления отражения.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов правительства Российской Федерации (Грант 074-U-01), Министерства образования и науки Российской Федерации (Госзадание 2014/190, проект #14.Z50.31.0015), и Российского фонда фундаментальных исследований (гранты #14-08-31730 Мол-а и #14-02-31765 Мол-а).

Список литературы

1. Hemant Kumar Raut, V. Anand Ganesh, a. Sreekumaran Nair, Seeram Ramakrishna. Anti-reflective coatings: A critical, in-depth review // *Energy & Environmental Science*.– 2011.– Vol. 4, no. 10.– P. 3779.
2. Martin A Green, Keith Emery, Yoshihiro Hishikawa, Wilhelm Warta, Ewan D Dunlop. Solar cell efficiency tables (Version 45) // *Progress in photovoltaics: research and applications*.– 2015.– Vol. 23, no. 1.– Pp. 1–9.
3. William Shockley, Hans J Queisser. Detailed balance limit of efficiency of p-n junction solar cells // *Journal of applied physics*.– 1961.– Vol. 32, no. 3.– Pp. 510–519.
4. Alexander Sergeevich Shalin, Sergey Apollonovich Nikitov. Approximate Model for Universal Broadband Antireflection Nano-Structure // *Progress In Electromagnetics Research B*.– 2013.– Vol. 47.– Pp. 127–144.
5. Max Born, Emil Wolf. Principles of optics: electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light.– CUP Archive, 1999.
6. Aleksandr Sergeevich Shalin. Broadband blooming of a medium modified by an incorporated layer of nanocavities // *JETP letters*.– 2010.– Vol. 91, no. 12.– Pp. 636 642.

ДОКЛАДЧИК:

Долбилова Надежда
Николаевна
(Dolbilova Nadezhda Nikolaevna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Казанский федеральный
университет
(Kazan federal university)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Долбилова Надежда Николаевна
(Dolbilova Nadezhda Nikolaevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Электродинамические эффекты, индуцированные в космологических
моделях с темной энергией
Electromagnetic phenomena in the cosmological models with the dark energy

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Мы рассматриваем новую модель взаимодействия космической темной жидкости и электродинамической системы, основанную на аналогии эффектов из классической электродинамики сплошных сред: электро- и магнитоэлектричества, пьезоэлектричества и пьезомагнетизма, пироэлектричества и пиромангнетизма. Уравнения электродинамики и гравитации модифицированы с помощью Лагранжева формализма. Рассмотрено космологическое приложение, показывающее возможность возникновения неосвещенных эпох в результате взаимодействия стрикционного типа темной энергии (основного компонента темной жидкости) и электродинамической системы, во время которых электромагнитные волны перестают распространяться.

Abstract

We establish a new model of coupling between a cosmic dark quid and electrodynamic systems, based on an analogy with effects of electric and magnetic striction, piezo-electricity and piezo- magnetism, pyro-electricity and pyro- magnetism, which appear in classical electrodynamics of continuous media. Extended master equations for electromagnetic and gravitational fields are derived using Lagrange formalism. A cosmological application of the model is considered, and it is shown that a striction-type interaction between the dark energy (the main constituent of the dark quid) and electrodynamic system provides the universe history to include the so-called unlighted epochs, during which electromagnetic waves can not propagate and thus can not scan the universe interior.

Ключевые слова: темная материя, темная энергия, электрострикция, магнитоэлектричество

Keywords: dark matter, dark energy, electro-striction, magneto-striction

1998 год вошел в историю астрономии как год открытия ускоренного расширения Вселенной. Это событие коренным образом изменило представление о структуре и эволюции Вселенной. В 2011 году за это выдающееся открытие Сол Перлмуттер, Адам Рисс и Брайан Шмидт были удостоены Нобелевской премии по физике.

Согласно ставшей классической космологической модели Фридмана ускоренное расширение Вселенной возможно, только если эффективное давление космической среды отрицательно. Именно поэтому в качестве первого объяснения явления ускоренного расширения Вселенной была выдвинута гипотеза о существовании темной энергии – экзотического космического субстрата с отрицательным давлением. Для альтернативного объяснения этого явления разработаны расширенные версии теории гравитации (скалярно-тензорные и тензорно-векторные теории тяготения), а также неминимальная теория поля, учитывающая взаимодействия приливного типа между гравитационным, скалярным, электромагнитным, калибровочным и другими полями. Для того, чтобы установить, какой из указанных подходов справедлив, в настоящее время разрабатывается новая система тестов, которая составляет основу Пост-Эйнштейновского и Пост-Фридмановского параметризованных формализмов. В качестве одного из тестов было предложено использовать концепцию формирования темных эпох в истории Вселенной, высказанную в работе [1] на основании результатов, полученных в рамках неминимальной теории Эйнштейна-Максвелла.

В обсуждаемой работе поиск решений уравнений электродинамики, которые можно было бы интерпретировать в рамках концепции существования темных эпох, ведется в рамках космологической модели с темной энергией. В данной модели темная энергия трактуется как жидкость с отрицательным давлением. Из электродинамики сплошных сред известно, что при наличии напряжений в среде, обладающей сложной внутренней структурой, могут возникать электрострикционные и магнитоэлектрические эффекты. Мы предположили, что давление темной энергии также способно провоцировать явления данного типа при распространении электромагнитных волн в ускоренно расширяющейся Вселенной. На основании этой гипотезы нами получены и исследованы (аналитически, качественно и численно) формулы, описывающие коэффициент преломления для электромагнитных волн,

распространяющихся в окружении темной энергии со стрикционными свойствами, а также соответствующие формулы для фазовой и групповой скоростей электромагнитных волн. Обсуждаются условия существования, длительность и тип темных эпох в истории Вселенной, для которых квадрат эффективного показателя преломления отрицателен.

Литература

1. Balakin A. B., Light propagation with nonminimal couplings in a two-component cosmic dark fluid/A.B. Balakin, V.V. Bochkarev and J.P.S. Lemos // Phys. Rev. D. -2008.-084013
2. Balakin A. B., Electrodinamic phenomena induced by dark energy /A. B. Balakin, N. N. Dolbilova //Phys. Rev. D.-2014.-89, 104012.

ДОКЛАДЧИК:

Алексей Кавокин
(Alexey Kavokin)
Руководитель экспертной группы

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Лаборатория Оптики Спина,
Санкт-Петербургский
Государственный Университет
(Spin Optics Laboratory, Saint-
Petersburg State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Алексей Кавокин
(Alexey Kavokin)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Физика Жидкого Света
Liquid Light Physics

ТЕЗИСЫ:

В начале XX века немецкий физик Макс Планк показал, что свет можно рассматривать как поток частиц – квантов света, фотонов. В вакууме все фотоны движутся с одинаковой по абсолютной величине скоростью. Две их основные характеристики – энергия и волновой вектор – пропорциональны друг другу. Это определяет линейный закон дисперсии света. В отличие от материальных частиц фотоны не имеют массы. В вакууме они не взаимодействуют друг с другом, не рассеиваются. Ситуация резко меняется, когда свет проходит через полупроводниковый кристалл. В кристаллических резонаторах фотоны приобретают эффективную массу. Их дисперсионный закон меняется с линейного на параболический. Более того, эффект поглощения и переизлучения фотонов материальными квазичастицами – экситонами – приводит к тому, что фотоны начинают взаимодействовать друг с другом. Это взаимодействие может быть притягивающим, как в классической жидкости, или отталкивающим, как в квантовой, сверхтекучей жидкости. Проходя через кристалл, свет приобретает свойства жидкости. Он формирует капли, брызги, туман, водовороты, - ведет себя, как вода в реке. В определенных условиях брызги и туман исчезают, свет начинает распространяться бездиссипативно, не обращая внимания на препятствия, обтекая дефекты кристаллической решетки. Жидким светом можно управлять, используя внешние поля (электрическое и магнитное) или при помощи лазерного света. Световая жидкость электрически нейтральна. Она не годится для переноса электрического тока. Зато она может переносить намагниченность или спин. Световые спиновые токи могут использоваться для кодировки и передачи информации. Не исключено, что в будущем спиновая опто-электроника придет на смену современной микро- и нано-электронике. Световые транзисторы, интегральные схемы, вычислительные машины будут потреблять меньше энергии и обладать большим быстродействием, чем нынешние электронные приборы. Наступит эпоха жидкого света.

Моя лекция посвящена квазичастицам жидкого света – экситонным поляритонам. Эти сверхлегкие частицы обладают удивительными свойствами. Далеко не все секреты поляритонного мира уже раскрыты. Поляритоника таит еще много сюрпризов. Я расскажу о недавних открытиях, сделанных в этой увлекательной области физики, и перечислю наиболее важные вопросы, ответы на которые пока не найдены.

ДОКЛАДЧИК:

Коптева Наталия Евгеньевна
(Kopteva Nataliia)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Наблюдение осцилляций Раби в микрорезонаторах по сигналу керровского вращения

Observation of Rabi oscillations in microcavities by the Kerr rotation signal

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Санкт-Петербургский
государственный университет
(Saint Petersburg State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Коптева Наталия Евгеньевна
(Kopteva Nataliia)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Раби осцилляции - квантовые биения между уровнем фотона и уровнем экситона в микрорезонаторе. В микрорезонаторе в режиме сильной связи между фотоном и экситоном наблюдается антипересечение ветвей экситонных поляритонов. Если возбудить два поляритонных состояния коротким лазерным импульсом, то будет наблюдаться перенос энергии между уровнями фотона и экситона. Такое явление носит название вакуумные осцилляции Раби. Экспериментально Раби осцилляции наблюдаются в сигнале керровского вращения. Частота колебаний в точке нулевой отстройки соответствует энергии между фотоном и экситоном. В сигнале наблюдается всего несколько периодов осцилляций, что мы связываем с маленьким временем когерентности экситонов в основном состоянии. В работе также представлен теоритический расчет Раби осцилляций, основанный на решении уравнения Лиувилля для матрицы плотности.

Annotation

Rabi oscillations (RO) are quantum beats in a mixed exciton-photon system. In the microcavity operating in the strong coupling regime between an exciton and a photon, the anticrossing of exciton-polariton branches is observed. If we excite two exciton-polariton branches in point of zero detuning by a short laser pulse, system initially in a purely photonic state goes in a pure exciton state. It is called vacuum-field Rabi oscillations. In dynamics of Kerr rotation we observe a periodical changes of an amplitude in decay signal of a polariton polarization. Frequency of these oscillations correspond to the energy of Rabi splitting in a point of a zero detuning. We associate the fast decay of the amplitude of this oscillations with a small coherence time of the ensemble of excitons created in the system. This time can be changed if reservoir of dark excitons is present. Also we represent stimulations of RO.

Ключевые слова: Полупроводники, микрорезонаторы, квантовые ямы, экситоны, поляритоны

Keywords: Semiconductors, microcavities, quantum wells, excitons, polaritons

Последние десятилетия большой интерес представляют исследования взаимодействия фотонов с экситонами в полупроводниковых микрорезонаторах. В результате этого взаимодействия образуется новая частица, которая носит название экситонный поляритон. В отличие от электронов и дырок, которые обладают полуцелым спином, поляритон обладает целым спином и является бозоном. Бозонные свойства поляритонов определяют эффекты квантовой когерентности, которые были предсказаны сначала теоретически, а после подтверждены в эксперименте. В числе таких эффектов Бозе-Эйнштейновская конденсация и режим поляритонного лазера. Также была предсказана сверхтекучесть поляритонов, но она не наблюдалась экспериментально. Кроме того, в микрорезонаторах проявляются эффекты, связанные с нелинейной оптикой. Микрорезонаторы находят практическое применение в качестве лазеров с вертикальной эмиссией света (VCSEL).

Одним из эффектов квантовой когерентности поляритонов является возникновение квантовых биений между поляритонными модами - осцилляции Раби. В работе исследовались вакуумные осцилляции Раби (BOR) возникающие при взаимодействии фемтосекундного импульса с резонатором. BOR возникают вследствие когерентного переноса энергии между состояниями фотона и экситона в микрорезонаторе.

Для эксперимента использовался метод накачки-зондирования с временным разрешением. Исследуемые образцы представляют собой полупроводниковые микрорезонаторы, содержащие квантовые ямы. Эксперимент проводился на двух образцах с разной добротностью резонатора. Первый был менее добротным и измерения на нем были пробными. Основная цель измерений состояла в подтверждении возможности наблюдать осцилляции Раби в сигнале керровского вращения. Исследования второго образца с большей добротностью позволили проанализировать полученные экспериментальные данные. Из Фурье преобразования сигналов была извлечена скорость затухания и частота осцилляций. Было обнаружено изменение частоты и появление

дополнительных частот осцилляций при увеличении мощности накачивающих импульсов. В сигналах от разных образцов наблюдается всего несколько периодов осцилляций Раби. Данный эффект связан с маленьким временем когерентности экситонов в основном состоянии. Существует теория, предсказывающая увеличение времени жизни осцилляций. Экспериментальное исследование данного эффекта является дальнейшим планом работы.

Был проведён расчёт динамики матрицы плотности для двухуровневой системы в среде MATLAB. В расчёте основан на решении уравнения Лиувилля для матрицы плотности в базисе двух фотонных и двух экситонных состояний с разной поляризацией. Расчёт может быть полезен для дальнейших исследований по увеличению времени жизни Раби осцилляций в рамках научного проекта по наблюдению долгоживущих осцилляций Раби.

Из результатов работы можно сделать следующие выводы. Во-первых, форма сигнала для обоих образцов сильно зависит от отстройки между фотонной модой и экситонной. При маленькой мощности и отстройке близкой к нулевой сигнал симметричен. Увеличение мощности приводит к асимметрии сигнала. Во-вторых, при маленьких мощностях скорость затухания осцилляций на втором образце растёт, в то время как частота уменьшается. Сопоставление расчёта и эксперимента показало, что теория хорошо описывает асимметрию сигнала, поведение сигнала в зависимости от мощности.

ДОКЛАДЧИК:

Коюда Дмитрий Анатольевич
(Koyuda Dmitry)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследования функциональных наноматериалов с использованием мегаустановок генерации синхротронного излучения

Functional nanomaterials investigation with the use of synchrotron radiation large scale facilities

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Воронежский государственный университет

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Коюда Дмитрий Анатольевич
(Koyuda Dmitry)

Турищев Сергей Юрьевич
(Turishchev Sergey)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Представлены результаты исследования кремниевых многослойных нанопериодических структур с применением синхротронного метода спектроскопии ближней тонкой структуры края рентгеновского поглощения. Обнаружено образование нанокристаллов Si в светоизлучающих слоях структур.

Annotation

The results of silicon multilayered nanoperiodical structures investigation using X-ray absorption near edge structure spectroscopy technique were obtained with the use of synchrotron radiation. Possible Si nanocrystals formation is shown in the light emitting layers of the structures.

Ключевые слова: электронно-энергетическое строение, фотолюминесценция, мегаустановки, спектроскопия рентгеновского поглощения, нанокристаллы кремния, многослойные нанопериодические структуры, синхротронное излучение

Keywords: electron-energy structure, photoluminescence, large scale facility, X-ray absorption spectroscopy, silicon nanocrystals, multilayer nanoperiodical structures, synchrotron radiation

Кремний на протяжении многих десятилетий остается основным материалом электронной техники. Но применение массивного кремния в опто- и нанoeлектронных устройствах сильно ограничено по причине низкой эффективности люминесцентных свойств, вызванной непрямозонностью этого материала.

Наноструктурирование кремния является решением проблемы создания светоизлучающих устройств в рамках традиционной и доступной кремниевой технологии, поэтому в настоящее время одним из приоритетных направлений исследований является создание и изучение наноструктур на основе кремния. Наноструктурированный кремний даже при комнатной температуре обладает способностью излучать в видимой области спектра, например, как это было показано для пористого кремния [1]. Фотолюминесцентные свойства также были продемонстрированы для различного рода кремниевых наноструктур [1-4]. Это открывает перспективы для использования систем, содержащих светоизлучающие наноструктуры на основе Si, в создании приборов опто- и нанoeлектроники в рамках кремниевой технологии.

Однако решение вопросов стабильности структуры, фазового состава и,

соответственно, излучающих свойств, и особенно эффективного контроля размеров люминесцирующих частиц требует применения новых технологических подходов для формирования систем, содержащих nc-Si (нанокристаллов кремния), и аналитических подходов для их прецизионной диагностики.

Многослойные нанопериодические структуры (МНС) a-Si/оксид или a-SiOx/оксид представляют собой класс объектов, наиболее перспективных с точки зрения эффективного формирования наноразмерного кремния. Такие структуры обладают целым рядом технологических преимуществ. Во-первых, в процессе отжига слои, содержащие кремний, могут распадаться на зародыши Si в окружающей матрице [2-4]. При этом размеры формирующихся наночастиц, предположительно упорядоченных – нанокристаллов (nc-Si), в направлении роста ограничены толщиной несущих слоев a-Si или a-SiOx. Во-вторых, регулирование размера формирующихся кремниевых наночастиц, а также дополнительная возможность задания полной толщины МНС путем вариации количества кремнийсодержащих слоев позволяют управлять спектральным положением пика и интенсивностью фотolumинесценции (ФЛ) системы [5].

Важным является выбор материала оксида, например, SiO₂, Al₂O₃, ZrO₂ и т.д., что позволяет контролировать наличие возможных переходных слоев МНС и совершенство границ раздела, что непосредственно влияет на размеры излучающих наночастиц кремния. Также выбор оксида прослойки МНС позволяет регулировать величину эффективной диэлектрической проницаемости наноструктуры как активной среды [4].

Таким образом, вопрос проведения точной диагностики подобного рода структур, содержащих наночастицы кремния, остается чрезвычайно актуальной проблемой. Для прецизионной диагностики подобного рода объектов необходимы прямые неразрушающие методы, контролирующие химический состав, электронно-энергетическое строение и структуру объекта исследования. Один из рентгеноспектральных методов – спектроскопия ближней тонкой структуры края рентгеновского поглощения (XANES - X-ray absorption near edge structure) обладает всеми требуемыми качествами. Метод XANES чувствителен как к составу, так и к структуре поверхности и приповерхностных слоев, а также дает информацию о распределении локальной парциальной плотности свободных состояний вблизи дна зоны проводимости [6]. Данный метод является чувствительным к локальному окружению атомов заданного сорта. Использование мегаустановок – синхротронных источников излучения для такого метода является необходимым при получении наиболее точных данных с наилучшим энергетическим разрешением. Кроме того вариабельность используемой энергии синхротронных источников излучения позволит получить требуемую информацию об атомном и электронном строении на различных глубинах анализа.

В рамках настоящего исследования объектами изучения являются следующие структуры. Во-первых, это эталонные структуры на основе кремния: исходные пластины монокристаллического кремния c-Si, пленка аморфного кремния a-Si, пленки оксидов кремния и циркония. Во-вторых, это «коммерческие» образцы производства фирмы Alfa Aesar, Sigma Aldrich (диоксид кремния и циркония (SiO₂ и ZrO₂), силицид ZrSi₂ и силикат циркония ZrSiO₄). Основной интерес представляет изучение различных экспериментальных многослойных нанопериодических структур на основе кремния (a-Si/ZrO₂, a-SiOx/ZrO₂, a-SiOx/Al₂O₃, a-SiOx/SiO₂).

Образцы каждой серии МНС получены на кафедре физики полупроводников и оптоэлектроники ННГУ им. Н.И. Лобачевского, с которой у кафедры физики твердого тела и наноструктур Воронежского государственного университета имеется опыт многолетнего сотрудничества, в том числе и по исследованию электронно-энергетического состояния различного типа МНС [7-9]. При формировании МНС использован метод испарения в вакууме на разогретую подложку. В качестве подложки использован кремний марки КЭФ-4.5 (100). Толщины нанослоев в каждом из типов МНС варьируются от 2 до 10 нм. Суммарная толщина каждой МНС ~ 200 нм. С целью формирования нанокристаллических включений в кремнийсодержащих слоях все МНС подвергнуты температурному отжигу в диапазоне от 500 до 1100°C с интервалом в 200°C для образования включений нанокристаллического кремния. Кроме того, сформированные, не подвергнутые отжигу МНС a-Si/диэлектрик и a-SiOx/диэлектрик могут характеризоваться атомногладкими и очень резкими (менее 0.5 нм) по химическому составу гетерограницами [10], что положительно отражается на люминесценции данных структур.

Экспериментальные рентгеновские спектры XANES вблизи L_{2,3}-краев поглощения Si получены на канале Mark V Grasshopper синхротрона SRC (Synchrotron Radiation Center) Университета Висконсин-Мэдисон, штат

Висконсин, г. Стоутон, США. Глубина анализа, определяемая общим выходом фото- и оже-электронов, составляла ~ 5 нм [11]. Аппаратное уширение составляло 0.05 эВ. Вакуум в экспериментальной камере спектрометра составлял $\sim 10^{-10}$ Торр. Спектры XANES регистрировались методом измерения тока с образца. В ультрамягкой области спектра XANES из-за очень большого коэффициента поглощения регистрируется не поглощение путем пропускания синхротронного излучения (СИ) через объект, как в «жестком» рентгеновском или оптическом диапазоне, а квантовый выход электронов внешнего рентгеновского фотоэффекта в области края поглощения [12]. Поэтому непосредственно регистрируются умножителем фото- и оже-электроны или, как в нашем случае, ток с образца, возникающий при компенсации выхода электронов с поверхности образца.

Экспериментальные рентгеновские спектры XANES вблизи К-края поглощения кремния были получены на канале DCM того же синхротрона SRC. Согласно работе [11], глубина информативного слоя при получении указанных спектров составляла ~ 65 нм. Вакуум в экспериментальной камере спектрометра был на уровне остаточного давления $\sim 10^{-8}$ Торр, аппаратное уширение ~ 1 эВ.

Спектры фотолюминесценции (ФЛ) измерялись на кафедре физики полупроводников и оптоэлектроники ННГУ им. Н.И. Лобачевского в диапазоне длин волн $\lambda = 350\text{--}900$ нм при возбуждении импульсным азотным лазером (длина волны $\lambda_{\text{ex}} = 337$ нм, частота повторения импульсов ~ 26 Гц, длительность ~ 10 нс, энергия накачки в импульсе ~ 30 мкДж). Сигналы ФЛ детектировались фотоэлектронным умножителем ФЭУ-62 с использованием решетчатого монохроматора SP-150 (Stanford Research Systems). Все измерения были выполнены в одинаковых условиях, с учетом спектральной чувствительности оптической схемы.

Зарегистрированные спектры XANES с заданным энергетическим разрешением вышеперечисленных экспериментальных многослойных нанопериодических структур позволили проследить изменения в локальном окружении атомов кремния, алюминия и циркония в зависимости от температуры отжига МНС. Экспериментальные данные позволили оценить вероятность формирования наночастиц Si в изученных МНС.

Показано формирование нанокластеров кремния в ~ 5 нм приповерхностной области слоя SiOx в многослойных нанопериодических структурах a-SiOx/Al₂O₃ при их высокотемпературном отжиге. Для МНС a-SiOx/SiO₂ образование наноразмерных частиц кремния в приповерхностных слоях не наблюдается даже после отжигов при высоких температурах, однако имеют место некоторые изменения в структуре слоев SiOx. В то же время для МНС a-SiOx/Al₂O₃ продемонстрировано возможное образование алюмосиликатов и обнаружен эффект аномального обращения интенсивности спектров XANES как следствие эффективного отражения синхротронного излучения от слоистой структуры МНС в результате брэгговской дифракции. В многослойных наноструктурах a-Si/ZrO₂, a-SiOx/ZrO₂, a-SiOx/Al₂O₃, a-SiOx/SiO₂, отожженных при 1100 °С, обнаружено формирование нанокристаллов кремния, образующихся в несущих слоях субоксида кремния или аморфного кремния. Наличие nc-Si подтверждается спектрами квантового выхода, зарегистрированными с более глубоких ~ 65 нм слоев многослойных нанопериодических структур. Также показано, что с точки зрения формирования нанокристаллов Si структуры a-SiOx/Al₂O₃ более эффективны, по сравнению с другими исследованными типами МНС, что может быть объяснено возможно более активным химическим взаимодействием на границах между нанослоями трех других типов МНС при отжиге.

Таким образом, по анализу данных, полученных методом XANES для экспериментальных структур, и сопоставления с данными для эталонных образцов прослежены наличие и возможная эволюция как приповерхностных, так и более глубоких слоев МНС, переходных слоев, формирующихся в них. Также проведен анализ соединений, образующихся на гетерофазных границах структур при высокотемпературном отжиге.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ВУзам в сфере научной деятельности на 2014-2016 годы, проект № 1606, Задание № 3.1868.2014/К, программы стратегического развития Воронежского государственного университета.

Список литературы

1. L.T. Canham. Appl. Phys. Lett., 57 (10), 1046 (1990).
2. G.F. Grom, D.J. Lockwood., J.P. McCaffrey, H.J. Labbé, P.M. Fauchet, B. White, Jr, J.D. Kovalev, F. Koch, L. Tsybeskov. Nature, 407, 358 (2000).
3. M. Zacharias, J. Heitmann, R. Scholz, U. Kahler, M. Schmidt, J. Bläsing. Appl. Phys. Lett., 80, 661 (2002).

4. А.В. Ершов, Д.И. Тетельбаум, И.А. Чугров, А.И. Машин, А.Н. Михайлов, А.В. Нежданов, А.А. Ершов, И.А. Карабанова. ФТП, 45 (6), 747 (2011).
5. А.В. Ершов, Д.А. Павлов, Д.А. Грачев, А.И. Бобров, И.А. Карабанова, И.А. Чугров, Д.И. Тетельбаум. ФТП, 48 (1), 44 (2014).
6. Зимкина Т.М., Фомичев В.А. Ультратонкая рентгеновская спектроскопия. Л.: ЛГУ, 1971. 132 с.
7. S.Yu. Turishchev, V.A. Terekhov, D.A. Koyuda, K.N. Pankov, E.P. Domashevskaya, A.V. Ershov, I.A. Chugrov, A.I. Mashin // Surface and Interface Analysis. – 2012. – V. 44, Issue 8, P. 1182 – 1186.
8. С.Ю. Турищев, В.А. Терехов, Д.А. Коюда, Д.Е. Спирин, Е.В. Парина, Д.Н. Нестеров, Д.А. Грачев, И.А. Карабанова, А.В. Ершов, А.И. Машин, Э.П. Домашевская // Физика и техника полупроводников - 2015. - Т.49, В.3. - С. 421-425.
9. С.Ю. Турищев, В.А. Терехов, Д.А. Коюда, К.Н. Панков, А.В. Ершов, Д.А. Грачев, А.И. Машин, Э.П. Домашевская // Физика и техника полупроводников. – 2013. – Т. 47, № 10, С. 1327-1334.
10. V. Vinciguerra, G. Franzo, F. Priolo // J. Appl. Phys. – 2000. – V. 87, № 11. – 8165 – 8173.
11. M. Kasrai, W.N. Lennard, R.W. Brunner, G.M. Bancroft, J.A. Bardwell, K.H. Tan. Appl. Surf. Sci., 99, 302 (1996).
12. Румш М.А., Лукирский А.П., Щемелев В.Н. // Изв. АН СССР. Сер. Физ. 1961. Т. 25. № 8. С. 1060-1065.

ДОКЛАДЧИК:

Курдюбов Андрей Сергеевич
(Kurdiubov Andrei)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Моделирование экситонных резонансов в спектрах отражения света от гетероструктур с квантовыми ямами
(Modeling of exciton resonances in light reflection spectra of heterostructures with quantum wells)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Санкт-Петербургский
государственный университет
(Saint-Petersburg State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Курдюбов Андрей Сергеевич
(Kurdiubov Andrei)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В настоящей работе рассмотрена микроскопическая теория диэлектрического отклика экситонов в квантовых ямах (КЯ), описывающая влияние экситонных резонансов на формирование спектров отражения света. В рамках этой теории было проведено моделирование спектров отражения света от прямоугольной КЯ InGaAs/GaAs при нормальном и наклонном падении света на образец, показавшее хорошее согласие теории и эксперимента. Из подгонки спектров были получены значения скоростей радиационного и нерадикационного затухания экситонов, количественно демонстрирующие более высокое качество исследуемой структуры, по сравнению с аналогичными структурами, известными в литературе. Была высказана гипотеза о влиянии асимметрии КЯ на введенные в настоящей работе фазы экситонных резонансов, определяющие вклад отдельных резонансов в итоговый спектр отражения. Для проверки этой гипотезы была исследована специально выращенная структура, содержащая треугольную КЯ. Подгонка экспериментального спектра отражения от этой структуры показала нетривиальное немонокотное поведение фаз.

Annotation

In this work, a microscopic theory of the dielectric response of excitons in quantum wells (QWs) is examined. The theory describes the effect of the exciton resonances on reflectance spectra. In the framework of this theory, a modeling of exciton resonances in the reflection spectra of the InGaAs/GaAs QWs is performed. The geometry of normal and oblique incidence of light on the sample is considered. Modeling shows a good agreement between the theory and experiment. Values of radiative and nonradiative damping rates are derived from the fitting of reflectance spectra. The obtained values indicate a high quality of the structure under study. Effect of asymmetry of QWs on the phases of exciton resonances, which were introduced in the work, is examined. For this purpose, a QW with triangular potential is considered. The fitting of experimental spectrum shows a nonmonotonic behavior of phases.

Ключевые слова: гетероструктуры; квантовые ямы; экситоны; спектры отражения

Keywords: heterostructures; quantum wells; excitons; reflection spectra

ВВЕДЕНИЕ

Одними из наиболее исследуемых в последние десятилетия объектов в

области физики твердого тела являются гетероструктуры с квантовыми ямами (КЯ). Столь высокий интерес к изучению таких структур вызван непрерывным улучшением технологий производства новых качественных образцов, что открывает новые возможности для изучения фундаментальных процессов, происходящих в кристаллах, а также для создания полупроводниковых приборов.

Работа посвящена моделированию экспериментальных спектров отражения, измеренных на двух высококачественных образцах, выращенных в РЦ «Нанопотоника» СПбГУ.

ФОРМИРОВАНИЕ СПЕКТРА ОТРАЖЕНИЯ

Спектры отражения от КЯ широко используются для характеристики исследуемых образцов. Вид спектров отражения определяется интерференцией двух световых волн. Первая из них отражается от поверхности образца, а вторая проходит через поверхностный слой и отражается от слоя КЯ. Спектр волны, отраженной от КЯ, содержит резонансные особенности, соответствующие размерноквантованным экситонам. Для симметричных КЯ отдельные вклады этих особенностей в результирующий спектр можно учесть, используя модель, описанную в монографии Е.Л. Ивченко [1]. Было проведено обобщение этой теории на случай существования нескольких экситонов в асимметричной КЯ. В результате, для р-поляризованного света, падающего на образец под углом θ_0 , амплитудный коэффициент отражения r_{QW} равен:

$$r_{QW}(\omega) = \sum_v \frac{ie^{i\varphi_v} \Gamma_{0v} \cos \theta}{\tilde{\omega}_{0v} - \omega - i(\Gamma_v + \Gamma_{0v} \cos \theta)}, \quad (1)$$

где Γ_{0v} и Γ_v – радиационное и нерадиационное уширение v -го экситонного резонанса, $\tilde{\omega}_{0v}$ – его перенормированная частота, φ_v описывает дополнительный набег фазы световой волны, связанный с асимметрией КЯ, а угол θ связан с углом падения по формуле Снеллиуса: $\sin(\theta) = \sin(\theta_0) / \sqrt{\epsilon_b}$. Здесь ϵ_b – диэлектрическая проницаемость КЯ. Энергетический коэффициент отражения вычисляется по формуле

$$R(\omega) = \left| \frac{r_{01} + r_{QW}(\omega)e^{2i\phi}}{1 + r_{01}r_{QW}(\omega)e^{2i\phi}} \right|^2, \quad (2)$$

где коэффициент отражения от границы образца, r_{01} , в соответствии с формулой Френеля равен:

$$r_{01} = \frac{\cos \theta - \sqrt{\epsilon_b} \cos \theta_0}{\cos \theta + \sqrt{\epsilon_b} \cos \theta_0}, \quad (3)$$

а набег фазы, обусловленный прохождением света с частотой ω в образце с барьерным слоем толщиной d и КЯ толщиной L –

$$\phi = \frac{\omega \sqrt{\epsilon_b}}{c} (d + L/2) \cos \theta. \quad (4)$$

Здесь c – скорость света в вакууме. Ниже приведены результаты моделирования спектров отражения от реальных наноструктур с КЯ по формулам (1) – (4).

1 ОБРАЗЕЦ P554

Образец P554 представляет из себя выращенную методом молекулярно-пучковой эпитаксии гетероструктуру на GaAs подложке с ориентацией [001]. Структура содержит широкую прямоугольную InGaAs/GaAs КЯ с номинальной толщиной 95 нм и 2% содержанием In. КЯ зарощена 70 нм слоем GaAs. Схема образца представлена на рис. 1.

Анализ спектра отражения позволяет получить важную информацию о скоростях радиационного и нерадиационного затухания для разных экситонных состояний. Экспериментальные спектры отражения вместе с результатами их моделирования показаны на рис. 2. Моделирование проводилось в пакете Matlab по методу наименьших квадратов с помощью встроенной функции «lsqcurvefit». Как видно, модельные кривые хорошо воспроизводят экспериментальные спектры. Хотя количество подгоночных параметров велико, из-за большого количества особенностей, они хорошо физически обоснованы. Так, Отношение $\Gamma_{0N}^2 / (\Gamma_{0N} + \Gamma_N)^2$ определяет амплитуду N -го резонанса, а сумма $(\Gamma_{0N} + \Gamma_N)$ – его полуширину на полувысоте. Фазы φ_N определяют отклонение формы резонансов от лоренцевских контуров. Заметим, что для идеальной прямоугольной КЯ значения фаз для первых 4-х резонансов должны быть следующие: $\varphi_N = 0, \pi, 0, \pi$. Как видно из таб. 1 фазы φ_N , сосчитанные в нормальной геометрии,

Рис. 1 - Схема образца P554

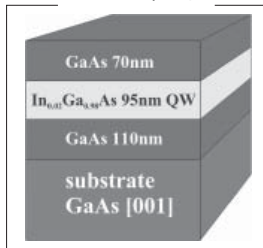


Рис. 2 - Спектры отражения от образца P554.

(а) Спектры, измеренные при нормальном падении света, (б) – под углом Брюстера и $\pm 5^\circ$ к углу Брюстера. Синими кружками показаны экспериментальные данные, сплошными красными линиями – результаты моделирования. Значения параметров моделирования приведены в таб. 1

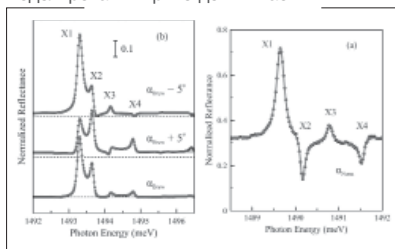


Таблица 1 – Подгоночные параметры для спектров образца P554. Спектры отражения для нормального падения света и наклонной геометрии были измерены в разных точках образца. Фиксированные параметры: $\epsilon_b = 12.6$, $d = 70$ нм, $L = 95$ нм

	θ_0	X1	X2	X3	X4
$\hbar\omega_0$ (мэВ)	0°	1489.65	1490.16	1490.78	1491.56
	68.7°	1493.30	1493.67	1494.16	1494.84
	73.1°	1493.29	1493.67	1494.16	1494.81
	79.0°	1493.28	1493.66	1494.15	1494.80
$\hbar\Gamma_0$ (мэВ)	0°	46.9	19.3	7.0	11.0
	68.7°	51.0	29.1	6.6	10.6
	73.1°	51.3	30.9	7.5	11.9
	79.0°	48.5	22.3	5.8	9.3
$\hbar\Gamma$ (мэВ)	0°	37.2	58.7	61.3	65.2
	68.7°	28.3	31.8	43.8	39.3
	73.1°	28.3	29.2	45.4	43.0
	79.0°	34.7	35.5	44.8	44.4
φ (рад)	0°	0.13	3.10	0.04	3.73
	68.7°	0.10	3.12	0.49	3.52
	73.1°	-0.75	2.76	-1.27	2.45
	79.0°	0.46	3.30	1.30	4.00

близки к указанным значениям. При этом, их отличие от значений, полученных в наклонной геометрии падения света на образец, может быть объяснено высокой погрешностью вычисления, поскольку вблизи угла Брюстера фоновое отражение от образца невелико.

Моделирование спектров отражения в наклонной геометрии позволяет дополнительно проверить микроскопическую теорию, описанную выше. Известно, что р-поляризованный свет при падении под углом Брюстера не отражается от поверхности образца. При этом его величина связана с углом падения света по формуле $\alpha_{Brew} = \arctan(\sqrt{\epsilon_b})$.

Для диэлектрической проницаемости $\epsilon_b = 12.6$ $\alpha_{Brew} \approx 74.3^\circ$. При моделировании спектра отражения под углом Брюстера (см. рис. 2 и таб. 1) подгонка угла падения дала значение 73.1° , что говорит о хорошем согласии теории и эксперимента.

Радиационные времена жизни экситонов могут быть вычислены из значений Γ_{0N} , представленных в таб. 1, используя отношение $\tau_{0N} = 1/(2\tilde{A}_{0N})$. Для первых двух переходов радиационные времена равны: $\tau_{X1} = 7$ пс и $\tau_{X2} = 17$ пс. Эти значения согласуются по порядку величины с временами радиационной рекомбинации $\tau_{rad} \approx 10$ пс в GaAs КЯ [2]. Из таб. 1 видно, что нерадиационное уширение первого экситонного состояния Γ_{X1} меньше, чем для более высоких состояний. Это значит, что в уширении возбужденных состояний участвуют дополнительные нерадиационные механизмы.

2 ОБРАЗЕЦ T694

Полученные в предыдущем разделе значения фаз отражения от различных экситонных резонансов в образце P554 близки к предсказанным для идеальной КЯ с прямоугольным потенциалом. Однако, их отклонение от точных теоретических значений выходит за пределы ошибки, по крайней мере, для случая нормального падения света. Мы связываем это расхождение с отклонением потенциала от идеального прямоугольного профиля. Чтобы проверить эту гипотезу, была выращена гетероструктура с асимметричной треугольной КЯ InGaAs/GaAs, профиль потенциала которой схематично показан на рис. 3. Ожидалось, что асимметрия профиля потенциалов для носителей в КЯ приведет к существенному различию фаз для различных экситонных состояний.

Благодаря высокому качеству выращенной структуры, в спектрах отражения удалось выделить множество резонансов, как в случае нормальной, так и наклонной геометрии. На рис. 4 приведены экспериментальные спектры отражения и результаты их подгонки. Отметим, что ввиду отсутствия симметрии профиля потенциала, за начало координат был взят не центр КЯ, а гетеропереход с резкой границей. Сужение профиля потенциала с уменьшением энергии в треугольной КЯ в образце T694 привело к большим сдвигам экситонных резонансов, по сравнению с прямоугольной КЯ в образце P554. Из-за этого разность энергий 4-го и 1-го резонансов, $\omega_4 - \omega_1 \approx 5$ мэВ (см. таб. 2), сопоставима с экситонным Ридбергом. Вследствие этого, начиная с 5-го резонанса, к 1-с экситонам начинают подмешиваться резонансы от возбужденных состояний, а также от свободных электронов и дырок.

Как видно из таб. 2, фаза φ немонотонно изменяется с ростом номера экситонного состояния. Если учесть, что для всех четных состояний имеется дополнительный набег фазы, равной π , то фазы для первых 4-х состояний имеют значения: -0.44, -0.01, -1.43, -0.62 в спектре, измеренном при нормальном падении. Немонотонность изменения фазы является

Рис. 3 - Схема образца T694 и профиль потенциала для зоны проводимости

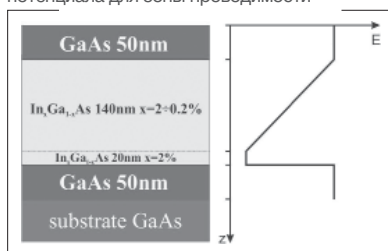


Рис. 4 - Спектры отражения от образца T694. (а) Спектры, измеренные при нормальном падении света, (б) – под углом Брюстера и -5° к углу Брюстера. Синими кружками показаны экспериментальные данные, сплошными красными линиями – результаты моделирования. Значения параметров моделирования при-ведены в таб. 2

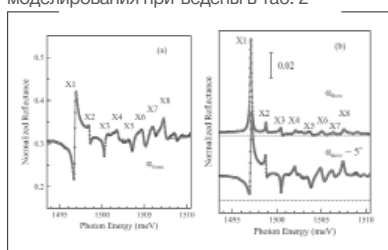


Таблица 2 – Подгоночные параметры для спектров образца T694. Фиксированные параметры: $\varepsilon_b = 12.6, d = 50 \text{ нм}, L/2 = 160 \text{ нм}$.

	θ_0	X1	X2	X3	X4
$\hbar\omega_0$ (мэВ)	0°	1496.82	1498.55	1500.30	1501.91
	68.9°	1497.08	1498.80	1500.49	1502.04
	72.9°	1497.10	1498.81	1500.52	1502.07
$\hbar\Gamma_0$ (мэВ)	0°	32.4	5.5	9.2	2.6
	68.9°	22.4	5.1	8.6	2.6
	72.9°	24.5	4.7	8.0	2.6
$\hbar\Gamma$ (мэВ)	0°	91.9	105.7	130.5	95.7
	68.9°	89.3	87.9	116.4	109.5
	72.9°	80.4	83.5	115.4	118.9
φ (рад)	0°	-0.44	3.13	-1.43	2.52
	68.9°	-0.03	3.15	-1.61	2.14
	72.9°	1.90	2.61	-2.48	1.47

неожиданным результатом, который в настоящее время не имеет однозначной интерпретации. Требуется теоретическое моделирование спектров треугольной КЯ. Вместе с тем, сильное различие фаз для различных экситонных состояний подтверждает сделанное выше предположение о зависимости фаз от величины асимметрии КЯ.

Таб.2. Подгоночные параметры для спектров образца T694. Фиксированные параметры: $\varepsilon_b = 12.6, d = 50 \text{ нм}, L/2 = 160 \text{ нм}$.

4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как результат проделанной работы можно сделать следующие основные выводы.

Смоделированы спектры отражения света от образца с прямоугольной InGaAs/GaAs КЯ. Микроскопическая модель диэлектрического отклика экситона в КЯ дает хорошее согласие с экспериментальными данными спектров отражения света от структур с КЯ при нормальном и наклонном падении света на образец.

Высказана гипотеза о влиянии асимметрии КЯ на поведение фаз экситонных резонансов. Для ее проверки была исследована специально выращенная КЯ с треугольным потенциалом. Подгонка спектров отражения света от треугольной КЯ продемонстрировала нетривиальное немонотонное поведение фаз.

Работа выполнена при поддержке мегагранта правительства РФ (№ договора: 11.G34.31.0067).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ivchenko E.L. Optical spectroscopy of semiconductor nanostructures. Springer (Berlin) 2004, 437 p.
2. B. Deveaud et al. Phys. Rev. Lett. 67, 2355 (1991).

ДОКЛАДЧИК:

Кутровская С.В.
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование нанообъектов методами атомно-силовой микроскопии и применение методов фрактальной геометрии для управления качеством измерений

ОРГАНИЗАЦИЯ:

1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
2. Закрытое акционерное общество "НТ-МДТ"

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Кутровская С.В.
С.М.Аракелян
С.В.Кутровская
А.О.Кучерик
В.А.Быков
С.И.Леесмент

ТЕЗИСЫ:

Методы атомно-силовой микроскопии (АСМ) получают все большее распространение в задачах исследования нанообъектов и наноструктур. Используемые подходы позволяют получать с высоким разрешением карту свойств поверхности. Для многих измерений методами атомно-силовой микроскопии принципиален вопрос об избыточности проводимых измерений и возможности управлением качеством получаемой информации. Методы фрактальной геометрии, основанные на вычислении фрактальных размерностей [1] или определении показателя Херста [2,3] для изображений, полученных с применением растровых электронных и сканирующих атомно-силовых микроскопов, получают все большее распространение в задачах анализа наноразмерных объектов. Данные методы позволяют получать численные характеристики микрогеометрии исследуемого объекта и дают возможность сравнения различных объектов по степени упорядоченности и подобия [4, 5].

Однако, в большинстве работ при расчете фрактальной размерности используются стандартные методы, основанные на методе покрытия Минковского [6-8]. Такой подход требует дополнительной обработки анализируемых данных. В данной работе предложен метод расчета фрактальной размерности основанный на скейлинг-эффекте [7]. На основе анализа полученных зависимостей предложены методы оценки избыточности измерений и предложен метод программного улучшения качества проведенных измерений в аспекте повышения их информативности.

1. Торохов Н.А., Божков В.Г., Ивонин И.В. и др. Определение фрактальной размерности поверхности эпитаксиального n-GaAs в локальном пределе // Физика и техника полупроводников. 2009. Т.43, No. 1. С.38-46.
2. Герасименко Н.Н., Апрелов С.А. Фрактальные методы анализа степени упорядоченности наноструктур // Российские нанотехнологии. 2007. Т.2, No1-2. С.136-139.
3. Будаев В.П., Химченко Л.Н. Фрактальная нано- и микроструктура осажденных пленок в термоядерных установках // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез. 2008. No.3. С. 34-61.
3. Douketis C., Wang Z., Haslett T. L. et al. Fractal character of cold-deposited silver films determined by low- temperature scanning tunneling microscopy // Physical Review B. 1995. V.51, No 16. P.51.
4. Zahn W., Zösch A. The dependance of fractal dimension on measuring conditions of scanning probe microscopy // Fresenius J Analen Chem. 1999. V.365. P.168-172.
5. Мандельброт Б.Б. Фрактальная геометрия природы. М. : Изд-во Инст. компьют. исслед., 2002. 656 с.
6. Федер Е. Фракталы. М. : Мир, 1991. 254 с.

ДОКЛАДЧИК:

Малышко Екатерина
Владимировна
(Malyshko Ekaterina
Vladimirovna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московский государственный
университет имени М.В.
Ломоносова
(Lomonosov Moscow
State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Малышко Екатерина
Владимировна
(Malyshko Ekaterina Vladimirovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Особенности структурообразования в биологических и модельных
хиральных системах
Features of structure formation in biological and model chiral systems

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Настоящая работа посвящена развитию и дальнейшему обоснованию представлений относительно физических (механических, механохимических) моделей структурообразования с участием спиралей на уровне вторичных и третичных структур белков и нуклеиновых кислот.

Annotation

This work considers the development and further justification of views on physical structure formation models with spirals at the secondary and tertiary structures of proteins and nucleic acids.

Ключевые слова: самоорганизация; хиральность; спирали; иерархии; структура белков; молекулярные машины

Keywords: self-organization; chirality; spirals; hierarchies; protein structure; molecular machines

Структурно-функциональной основой живых систем на Земле с точки зрения биологии является клетка, структурно-функциональной основой живых систем с точки зрения физики являются машины, молекулярные и макроскопические. Идеи сквозной эволюции и основанные на ней представления относительно возникновения жизни на Земле подразумевают трансформацию явлений спонтанной самоорганизации в диссипативных системах неживой природы, в структуры, обладающие всеми физическими признаками машин. Речь идет о самосборке конструкций, способных преобразовывать формы энергии, вещества и информации, тем самым совершая полезную работу. Переходя от неживой к живой фазе своего развития, природа «использовала» удачные находки самоорганизации, закрепляя их эволюционно. Последовательность событий, составившая биологическую иерархию структур, состояла не в переносе механизмов на более высокий уровень, а в ассимиляции принципов организации [1].

Активные среды, будучи распределенными диссипативными системами, организовывали пространство, создавая с помощью автоволновой самоорганизации регулярные структуры с различными типами симметрии и, соответственно, выделенными степенями свободы. Важным аспектом для суперпозиции активных сред является понятие иерархий. Сами активные среды способны изменять ранг симметрий в сторону понижения на пути к машинам, обладающим ограниченным числом выделенных конструкций механических степеней свободы. В природе имеется тенденция превращения тривиальных структур в однородных активных средах в хиральные паттерны в неоднородных средах. Активные среды создавали симметрии, тогда как биологические машины использовали их в своих конструкциях для выполнения специализированных функций.

Машиной следует назвать устройство (конструкцию), которое способно в потоке энергии, в циклическом режиме, используя информационные коммуникации в обратных связях, преобразовывать форму энергии, совершая «полезную» работу, благодаря наличию «выделенных механических степеней свободы» (поступательных, вращательных), кинетически разделяющих работу и диссипацию. Эти устройства являются закрепленными эволюцией элементами активных сред, обладающими памятью о своей конструкции. Понижая степень симметрии системы, машины совершают полезную работу (так, изотропное давление пара в котле паровоза преобразуется в векторное поступательное движение).

Для реализации цикличности как принципиальной временной характеристики машина предполагает обязательное наличие симметрий в конструкции, а для движения по контуру цикла в «правильном» направлении – несимметричного элемента, обладающего свойством «вентиля» или «защелки». С этой точки зрения любая машина является хиральным объектом – энантиоморфом. Направленная цикличность действия основывается на присутствии в конструкции хотя бы одного нелинейного, вентильного элемента. К примеру, храпового механизма.

Характерной особенностью межмолекулярных взаимодействий в клетках является принцип комплементарности, позволяющий обеспечить

однозначность функционирования метаболических и биосинтетических сетей. Подобная стереоспецифичность, как и уникальная структура молекулярных машин, основана на том, что система должна быть хиральной: контактирующие «детали» или объекты в целом не должны иметь зеркально-поворотной оси симметрии. Зона контакта важна не сама по себе, а как приводное сочленяющее звено какого-либо опять-таки «полезного» взаимодействия, действия, процесса.

В настоящей работе не обсуждаются проблемы происхождения гомохиральности мономеров (аминокислот и дезоксирибозы), из которых сформированы первичные структуры белков и ДНК (см. [2]). Ниже рассмотрены особенности иерархического структурообразования в таких молекулах и надмолекулярных структурах, обеспечившие возможности образования молекулярных машин.

Новая синергетическая гипотеза относительно структурообразования в хиральных системах включает следующие основные положения [3, 4]:

- Нелинейная эволюционирующая система, обладающая запасом свободной энергии и элементами хиральной асимметрии, находясь в пределах одного иерархического уровня, способна в процессе самоорганизации изменять соотношение объектов с имеющимися типами симметрии, сохраняя знак преобладающей хиральности («правой» - D или «левой» - L закрученности);
- При прохождении точек бифуркации та же система имеет тенденцию к спонтанному повышению сложности, формируя новые ахиральные структуры в пределах своего иерархического уровня или же образуя последовательность новых иерархических уровней с чередующимся знаком преобладающей хиральности заново образующихся структур.

Подобного рода трансформации имеют место в механических, гидродинамических и молекулярных системах. Прослежено закономерное чередование «правых» и «левых» структур – знака хиральности D-L-D-L при переходе на более высокий уровень структурно-функциональной организации ДНК, так же как и смена знака хиральности L-D-L-D при переходе на более высокий уровень структурно-функциональной организации белковых структур [3]. Настоящая работа посвящена разработке и дальнейшему обоснованию высказанных положений.

В представлениях знакопеременной хиральности на примере глобулярных и фибриллярных белков рассмотрим их иерархическое структурообразование. Пептидная цепь из L-аминокислотных остатков (первичная структура), как правило, сворачивается в правую α -спираль, более стабильную, чем левая [5]. Убедительное доказательство правила смены знака хиральности при переходе к следующему структурному уровню получено нами на основании анализа более 1000 белковых структур по базам данных [6, 7]. Практически во всех случаях, когда визуально наблюдалось внутримолекулярное перекрытие α -спиралей, отмечена тенденция свивания их в левую суперспираль. Таким образом, можно считать доказанным положение о смене знака хиральности при переходе от вторичной к третичной структуре для α -спиралей. Что касается β -листов, которым в определенной степени также присуще свойство хиральности, то анализ их комбинаций с α -спиралями ещё предстоит выполнить.

В качестве модели, демонстрирующей тенденции образования хиральных структур, рассмотрим модель скручивания упругих нитей. При закручивании упругого шнура в спираль (D или L) с некоторым перенапряжением после образования определенного числа витков формируется отросток. Сходное явление наблюдается в одноцепочечной ДНК: комплементарные последовательности, соединяясь друг с другом, образуют на конце шпильку, то есть двухцепочечный выступ. Помимо этого, если сложить закрученный напряженный шнур пополам, он спонтанно скрутится в суперспираль со сменой знака хиральности (соответственно, на L или D), причем как шаг, так и радиус спирали увеличатся. Экспериментально обнаружена следующая закономерность: соотношение витков в исходной спирали и суперспирали в определенном диапазоне напряжений является постоянным и равно двум. Система, уменьшая упругие напряжения за счет перераспределения энергии по новым степеням свободы, понижает свой запас свободной энергии. Это явление можно увидеть и при закручивании двух параллельных шнуров. Соответствующей биологической структурой являются скрученные правые α -спирали. В комплексе они лежат параллельно друг другу и слегка закручены одна вокруг другой так, что каждая из них образует левую суперспираль [5]. Суперспирализация α -спиралей выгодна энергетически тем, что появляющаяся укладка боковых групп приводит к возникновению дополнительных ван-дер-ваальсовых контактов. В случае гидрофобных

боковых цепей при их расположении вдоль оси суперспирали происходит экранировка гидрофобных участков от взаимодействий с молекулами воды. При переходе к надмолекулярным четвертичным структурам мы проанализировали богатые спиральными образованиями сократительные структуры саркомеров поперечно-полосатых мышц [8 - 10]. В мышечном саркомере актиновая протофибрилла, состоящая из F-актина, нитей тропонина и тропомиозина, образует структуру с правой закрученностью. Миозин состоит из нескольких белковых цепей: двух больших «тяжелых» цепей и четырех небольших «легких» цепей. Одна большая цепь миозина представлена правой спиралью, а комплекс из двух цепей переплетается в левую суперспираль. Та же упаковка прослеживается и у небольших «легких» цепей. Таким образом, и на уровне четвертичных структур белков можно проследить тенденцию смены знака хиральности.

В целом же, можно предположить, что молекулярные и надмолекулярные спиральные структуры не только служат для молекулярных машин жесткими конструкциями, позволяющими реализовать «выделенные механические» поступательные степени свободы, но и становятся теми вентильными устройствами, которые обуславливают однонаправленное движение по циклу для молекулярных машин, реализуя теперь уже вращательные степени свободы. По всей видимости, именно по этой причине мы отмечаем обилие спиральных структур разного уровня, характерное для макромолекулярных энергопреобразующих устройств, ответственных за процессы биологической подвижности в клетках или же за транспортные процессы в мембранах. Мы полагаем, что с физической точки зрения целесообразно рассматривать в молекулярных машинах, осуществляющих энергопреобразующие процессы, сопряженное действие поступательных и вращательных степеней свободы на базе спиральных структур разного иерархического уровня.

Системно-теоретическая направленность данной биофизической работы открывает возможность использовать общие принципы и механизмы, заключенные в представлениях об иерархиях хиральных симметрий в молекулярно-биологических машинах, непосредственно в материалловедческих, нанотехнологических, медико-фармацевтических разработках.

Автор благодарит профессора В.А.Твердислова за предложенную им интересную тему исследования и за внимательное научное руководство, а также своих коллег-студентов С.А.Ильченко и В.Д.Скуриду за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А. Твердислов, А.Э. Сидорова, Л.В. Яковенко. Биофизическая экология М.: URSS, КРАСАНД, 2012. – 544 с.
2. В.А. Твердислов, Л.В. Яковенко. Физические аспекты возникновения предшественников живой клетки. О двух фундаментальных асимметриях – ионной и хиральной. Вестник Московского университета, Серия 3, Физика. Астрономия. 2008. №3, Стр. 3 – 16.
3. В.А. Твердислов, А.Э. Сидорова, Л. В. Яковенко. Биофизика 57 (1), 146 (2012).
4. V. A. Tverdislov, arXiv:1212.1677 (2012)
5. Финкельштейн А.В., Птицын О. Б. Физика белка: Курс лекций с цветными и стереоскопическими иллюстрациями и задачами. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: КДУ, 2005. – 456 с., [32] с. ил.: ил.
6. RCSB Protein Data Bank URL: <http://www.rcsb.org/> (дата обращения: 15.03.2015)
7. CC+ Database URL: <http://coiledcoils.chm.bris.ac.uk/ccplus/search/> (дата обращения: 02.04.2015)
8. Миозин URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Миозин> (дата обращения: 20.02.2015)
9. Актин URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Актин> (дата обращения: 20.02.2015)
10. Тропонин URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тропонин> (дата обращения: 20.02.2015)

ДОКЛАДЧИК:

Моисеев Эдуард Ильмович
(Moiseev Eduard Ilmrovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

1. Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет Российской академии наук
2. Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого
3. Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН
4. Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики
5. Университет Восточной Финляндии
6. Технологический университет Тампере

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Моисеев Эдуард Ильмович
(Moiseev Eduard Ilmrovich)

Крыжановская Наталья Владимировна
(Kryzhanovskaya Natalia Vladimirovna)

Кудашова Юлия Владимировна
(Kudashova Yulia Vladimirovna)

Мухин Иван Сергеевич
(Mukhin Ivan Sergeevich)

Богданов Андрей Андреевич
(Bogdanov Andrey Andreevich)

Жуков Алексей Евгеньевич
(Zhukov Alexei Evgenevich)

Максимов Михаил Викторович
(Maximov Michail Viktorovich)

Кулагина Марина Михайловна
(Kulagina Marina Mihaylovna)

Трошков Сергей Иванович
(Troshkov Sergey Ivanovich)

Задиранов Юрий Михайлович
(Zadiranov Yuri Mihaylovich)

Карпов Денис Владимирович
(Karpov Denis Vladimirovich)

Липовский Андрей Александрович
(Lipovskii Andrey Aleksandrovich)

Janne Laukkanen

Juha Tommila

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Кольцевые и дисковые микрорезонаторы с активной средой на основе квантовых точек INAS / INGAAS

Ring and disk microcavities with an active medium based on quantum dots INAS / INGAAS

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Созданы и исследованы при повышенной температуре микрорезонаторы с активной средой на основе квантовых точек InAs/InGaAs. Продemonстрирована лазерная генерация при 100°C. Произведена селекция мод резонатора с использованием метода сфокусированного ионного пучка.

Annotation

Microcavity with an active region based on self-assembled InAs quantum dots-in-a-well structure were fabricated and studied at high temperature. Lasing at 100°C is demonstrated. Selection mode resonator is demonstrated.

Ключевые слова: Нанопотоника; микрорезонатор; моды шепчущей галереи; квантовые точки, сфокусированный ионный пучок

Keywords: Nanophotonics; microcavity; whispering gallery modes; quantum dots, focused ion beam

Введение

Для передачи информации между чипами и внутри чипа необходим лазер, который должен быть компактным, потреблять мало мощности, иметь высокую температурную стабильность характеристик и иметь простой процесс изготовления. Площадь микродискового (МД) лазера, поддерживающего высокочастотные моды шепчущей галереи, может быть существенно меньше стандартного резонатора Фабри-Перо. Излучение из микролазера может быть выведено латерально в близко расположенный прямоуглольный волновод с помощью затухающей электромагнитной волны. В настоящее время в литературе представлены результаты разработок по созданию МД лазеров для кремниевой фотоники на основе InGaAsP[1]. Такие лазеры обладают низкой температурной стабильностью характеристик из-за слабой локализации электронов в активной области [2], что ставит под сомнение их применимость непосредственно на интегральной плате, где рабочая температура может достигать 60 – 80°C. В тоже время, рекордные значения по температурной стабильности характеристик лазеров принадлежат лазерам с квантовыми точками (КТ) InAs/InGaAs[3]. Глубокая локализация носителей в InAs/InGaAs КТ позволяет получить лазерную генерацию при высоких температурах. Уже продемонстрирована лазерная генерация в кольцевых микрорезонаторах с диаметром резонатора 6 мкм при 107°C [4]. Благодаря уже разработанной простой технологии переноса микрорезонаторов на кремний [5], микролазеры возможно внедрить в массовое производство.

В настоящее время получена лазерная генерация при оптической накачке в микролазере грибовидной геометрии (диаметр пьедестала резонатора меньше, чем диаметр резонатора) и цилиндрической геометрии (диаметр пьедестала резонатора равен диаметру резонатора) с наименьшим диаметром микрорезонатора 2.12 мкм [6] и 2.7 мкм[7], соответственно. Были продемонстрированы инжекционные МД лазеры с InGaAs КТ с диаметром резонатора 6.5 мкм, работающие при комнатной температуре с пороговым током 0.45 мА[8]. Наибольшая температура, при которой наблюдалась лазерная генерация, составила 50°C в инжекционных микролазерах диаметром 80 мкм с длиной волны излучения 1.23 мкм [9]. В настоящей работе нами были исследованы микрорезонаторы грибовидной и цилиндрической геометрии с активной средой на основе InAs/InGaAs квантовых точек с диаметром резонатора от 9 до 1 мкм и инжекционные МД лазеры диаметром от 31 до 15 мкм. Была произведена селекция мод резонатора при помощи метода сфокусированного ионного пучка.

Методы и материалы

Для эпитаксиального синтеза трёх гетероструктур с InAs/InGaAs квантовыми точками использовался метод молекулярно-пучковой эпитаксии. Активная область лазера располагалась в GaAs волноводе и состояла из 5, 6 и 10 слоев самоорганизующихся квантовых точек InAs/In_{0.15}Ga_{0.85}As, разделенных слоями GaAs толщиной 30нм. Для формирования КТ использовался механизм роста Странского-Крастанова. Для предотвращения утечки неравновесных носителей из активной области с обеих сторон использовались барьеры AlGaAs толщиной 20 нм.

Рис. 1 - а) Спектры микрофотолюминесценции при различной мощности оптической накачки кольцевого микрорезонатора ($D=2$ мкм, $d=0.8$ мкм). На вставке: СЭМ-изображение микрорезонатора, б) Зависимость интенсивности и полуширины линии от мощности оптической накачки

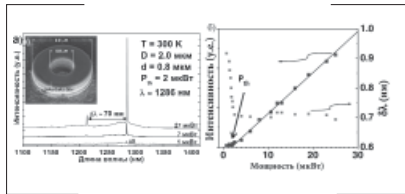


Рис. 2 - а) Зависимость пороговой мощности от внутреннего диаметра для микрорезонаторов с $D=2$ мкм и $D=1.5$ мкм, б) Зависимость интенсивности и полуширины резонансной линии от мощности оптической накачки для микрорезонаторов с диаметром $D=1$ мкм при комнатной температуре

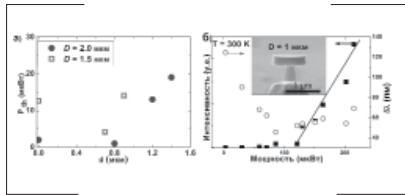
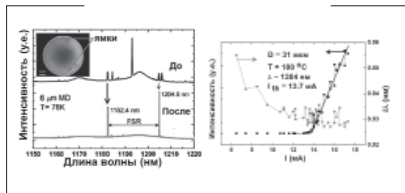


Рис. 3 - а) Спектры микрофотолюминесценции до и после травления ямок. На вставке: СЭМ-изображение микрорезонатора с протравленными ямками, б) Зависимость интенсивности и полуширины линии от тока накачки



При помощи методов электронной и фотолитографии, реактивного ионного и химического травления были сформированы кольцевые и дисковые микрорезонаторы с различными геометрическими параметрами. Для исследования гетероструктур использовались методы спектроскопии микрофотолюминесценции, электролюминесценции, сканирующей электронной микроскопии и ближнепольной оптической микроскопии.

Для селекции мод резонатора использовался метод сфокусированного ионного пучка и данные, полученные при помощи численного моделирования в пакете COMSOL Multiphysics и ближнепольной оптической микроскопии.

Описание результатов

Были созданы микрорезонаторы кольцевой и дисковой формы грибовидной и цилиндрической геометрии с внешним диаметром резонатора от 9 до 1 мкм. На спектрах микрофотолюминесценции резонаторов при комнатной температуре и оптической лазерной накачке наблюдались резкие линии, соответствующие модам шепчущей галереи различных азимутальных и радиальных порядков (см рисунок 1 а). Для наиболее интенсивных резонансных линий наблюдался переход в режим лазерной генерации (см рисунок 1 б). С точки зрения минимальной пороговой мощности оптической накачки выявлены оптимальные параметры резонатора. Наименьшее значение пороговой мощности накачки наблюдается для микрорезонаторов с внешним диаметром $D=2$ мкм и внутренним диаметром $d=0.7-0.8$ мкм (см. рисунок 2а).

Лазерная генерация в кольцевом микролазере с внешним диаметром 2 мкм продолжалась вплоть до 100°C , что является рекордным значением. Зависимость пороговой мощности накачки от температуры была немонотонна. Этот эффект обусловлен спектральной отстройкой максимума усиления и его температурным смещением относительно положения резонансной линии. В микрорезонаторах цилиндрической формы с внешним диаметром 1 мкм лазерная генерация наблюдалась на возбужденном состоянии КТ. Использование грибовидной геометрии позволило получить лазерную генерацию на основном состоянии КТ в резонаторе с диаметром 1 мкм, что является рекордным значением (см. рисунок 2б). Это связано с лучшим оптическим ограничением, по сравнению с цилиндрическими лазерами и большим количеством квантовых точек, использовавшихся в активной области. Добротность резонатора, оцененная по отношению длины волны резонансной линии к полуширине, составила более 20 000.

Для осуществления селекции мод в резонаторе, на основании данных, полученных методом ближнепольной оптической микроскопии и численного расчета в пакете COMSOL Multiphysics, на поверхности резонатора были созданы дефекты. Использование метода сфокусированного ионного пучка для формирования дефектов на поверхности резонатора, позволило произвести селекцию мод резонатора (см рисунок 3 а).

Далее были созданы инжекционные микролазеры с диаметром резонатора от 31 до 15 мкм. Была исследована зависимость порогового тока от температуры и от диаметра резонатора. При увеличении диаметра резонатора и повышении температуры происходило увеличение порогового тока накачки. Впервые была продемонстрирована лазерная генерация инжекционного дискового микролазера диаметром 31 мкм при температуре 100°C (см. рисунок 3б).

Использование микрорезонаторов с квантовыми точками InAs/InGaAs в активной области для передачи информации между чипами и внутри чипа позволит существенно снизить энергопотребление и тепловыделение современных высокопроизводительных вычислительных систем, увеличить скорость передачи информации, снизить требования к проектированию интегральных микросхем. Благодаря уже разработанной простой технологии переноса микрорезонаторов на кремний, микролазеры возможно внедрить в массовое производство.

Заключение

Продemonстрирована лазерная генерация микролазера грибовидной геометрии с диаметром (D) 1 мкм на основном состоянии КТ InAs/InGaAs при комнатной температуре. Продemonстрирована лазерная генерация при 100°C в кольцевом микролазере цилиндрической геометрии с внешним диаметром 2 мкм и инжекционном микролазере с диаметром 31 мкм. Произведена селекция мод резонатора с использованием сфокусированного ионного пучка.

Благодарности

Работа выполнена в Академическом университете и поддержана в

различных частях РФФИ, программой фундаментальных исследований Российской Академии наук, Правительства Российской Федерации (Грант № 074-U01), Академии Финляндии (проект № 267270) и У.М.Н.И.К. (№ 3638ГУ1/2014).

Список используемых источников

P.R.Romeo et al, Optics Express 14 (9), 3864-3871, 2006.

1. М. Kondow et al, Japan. J. Appl. Phys., 35, 1273, 1996
2. И.И. Новиков и др, Физика и техника полупроводников, 39(4), 502–506, 2005
3. Н.В. Крыжановская и др, 46 (8), 1063-1066, 2012
4. А.М. Надточий и др, Письма в Журнал технической физики, 39 (18), 2013
5. K. Srinivasan et al, Optics Express 14(3), 1094-1105, 2006
6. Н.В. Крыжановская и др, Физика и техника полупроводников, 47(10), 1396-1399, 2013
7. Mao H.M et al, Optics Express, 19 (15), 2011
8. M. Munsch et al, Applied Physics Letters, 100, 031111, 2012

ДОКЛАДЧИК:

Наташина Ульяна
Александровна
(Natashina Uliana Alexandrovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование структурных, оптических и биоактивных свойств кремниевых наночастиц, полученных измельчением массивов кремниевых нанонитей

Structural, optical and bioactive properties of silicon nanoparticles produced by ultrasonic grinding of silicon nanowires

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московский Государственный
Университет имени М.В.
Ломоносова
(Lomonosov Moscow
State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Наташина Ульяна Александровна
(Natashina Uliana Alexandrovna)
Цуриков Константин Эдуардович
(Tsurikov Konstantin Eduardovich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В работе были исследованы цитотоксические, фотолюминесцентные и соносенсибилизирующие свойства кремниевых наночастиц (КНЧ), приготовленных путем ультразвуковой диспергации массивов кремниевых нанонитей (КНН). КНН были получены методом металл-стимулированного химического травления кристаллического кремния (с-Si) р-типа с односторонней полировкой, ориентацией (100). Приготовленные водные суспензии КНН и КНЧ характеризовались свойствами эффективной видимой фотолюминесценции (ФЛ) в спектральной области от 600 до 1000 нм, что объясняется излучательной рекомбинацией экситонов, образующихся в нанокристаллах кремния, из которых состоят КНН и КНЧ. Проведенные in-vitro эксперименты показали, что такие КНЧ характеризуются низкими цитотоксическими свойствами, что позволяет использовать их для биомедицинских приложений. В работе были изучены возможности КНЧ выступать в роли сенситизаторов ультразвукового излучения (УЗИ).

Annotation

Evaluation of cytotoxicity, photoluminescence, bio-imaging, and sonosensitizing properties of silicon nanoparticles (SiNPs) prepared by ultrasound grinding of porous silicon nanowires (SiNWs) have been investigated. SiNWs were formed by metal (silver)-assisted wet chemical etching of heavily boron-doped (100)-oriented single crystalline silicon wafers. The prepared SiNWs and aqueous suspensions of SiNPs exhibit efficient room temperature photoluminescence (PL) in the spectral region of 600 to 1,000 nm that is explained by the radiative recombination of excitons confined in small silicon nanocrystals, from which SiNWs and SiNPs consist of. On the one hand, in vitro studies have demonstrated low cytotoxicity of SiNPs and possibilities of their bio-imaging applications. On the other hand, it has been found that SiNPs can act as efficient sensitizers of ultrasound-induced suppression.

Ключевые слова: Кремниевые нанонити; Кремниевые наночастицы; Фотолюминесценция; Цитотоксичность; Соносенсибилизатор; Терраностика

Keywords: Silicon nanowires; Silicon nanoparticles; Photoluminescence; Bio-imaging; Cytotoxicity; Sonodynamic therapy; Theranostic

В настоящее время большое количество работ посвящено биомедицинским применениям различных твердотельных наноматериалов, среди которых особо можно выделить кремниевые наночастицы (SiNPs), ввиду их доказанных свойств низкой токсичности и биodeградируемости [1]. Часто SiNPs получают измельчением пленок пористого кремния (PSi), который состоит из сети пересекающихся кремниевых нанокристаллов, разделенных пора́ми нанометрового размера [1]. Обычно пленки PSi образуются в результате электрохимического травления пластин кристаллического кремния (с-Si) в плавиковой кислоте (HF). Однако, существует более простой и дешевый способ получить похожие на

PSi структуры, называемые кремниевыми нанонитами (SiNWs). SiNWs состоят из непересекающихся нанонитей и пор с диаметром от нескольких до сотен нанометров [2], и изготавливаются методом металл-стимулированного химического травления (MACE) [2]. Этот простой процесс химической обработки c-Si позволяет получать на его поверхности большие площади нитевидных наноструктур без создания электрических контактов. В работе были поставлены следующие задачи:

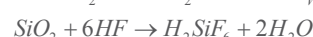
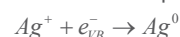
- Освоить методику изготовления массивов кремниевых нанонитей (SiNWs).
- Получить водные суспензии кремниевых наночастиц (SiNPs) с помощью ультразвуковой диспергации массивов SiNWs.
- Изучить структурные и оптические свойства SiNPs методами электронной микроскопии и оптической спектроскопии.
- Изучить возможность визуализации клеток с помощью SiNWs и SiNPs.
- Изучить эффект соносенсибилизации терапевтического ультразвука с помощью SiNPs.
- Исследовать совместное действие ультразвука и SiNPs на живые клетки и бактерии.

В представленной работе образцы кремниевых нанонитей получались из кристаллического кремния (c-Si) p-типа с односторонней полировкой, ориентацией (100). Удельное сопротивление исходных подложек кремния составляло: $10 \Omega \cdot \text{см}$ и $0.001 \Omega \cdot \text{см}$. Для удаления оксидного слоя с поверхности c-Si, пластины погружались на 1 минуту в 49% раствор HF.

Химическое травление c-Si происходило в несколько этапов [4] (см.рис.1):

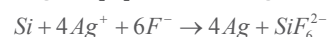
1. Сначала исходную пластину c-Si помещали в раствор AgNO_3/HF (0.02 моль AgNO_3 / 5 моль HF) на 15-60 секунд. В результате на поверхность пластины осаждались частицы серебра.

Нанесение серебра на поверхность кремниевой подложки



2. Затем пластину помещали во второй раствор $\text{H}_2\text{O}_2/\text{HF}$ (30% H_2O_2 / 5 моль HF в соотношении 1:10 по объёму) при комнатной температуре. В результате происходили окислительно – восстановительные реакции. Это приводило к химическому протравливанию тех участков пластины, которые были покрыты частицами Ag . Время травления составляло 30 мин.

Травление кремния



3. Полученные образцы промывались дистиллированной водой и высушивались при комнатной температуре.

4. Для удаления частиц серебра, образцы промывались в 65% растворе HNO_3 в течение 5 минут.

С помощью методов просвечивающей (ПЭМ) и сканирующей (СЭМ) электронной микроскопии была изучена структура образцов SiNWs. Показано, что нанониты, полученные травлением подложки c-Si с удельным сопротивлением $10 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ имеют непористую структуру (LD-SiNWs), а $0.001 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ – пористую (HD-SiNWs) (см.рис.2).

Оба образца SiNWs характеризовались широкими спектрами фотолюминесценции (ФЛ) с максимум энергии 1.7 эВ (800 нм) для HD-SiNWs и 1.8 эВ (750 нм) для LD SiNWs. ФЛ образцов объясняется излучательной рекомбинацией экситонов, образующихся в нанокристаллах кремния со средними размерами 3-6 нм при их фотовозбуждении. Такие нанокристаллы были обнаружены методами электронной микроскопии на поверхности LD-SiNWs и в объеме HD-SiNWs (см. рис. 3).

Было показано в in-vitro экспериментах, что ФЛ пористые SiNWs можно визуализировать с помощью конфокальной микроскопии (см. рис. 4).

С помощью ультразвукового измельчения массивов LD-SiNWs или HD-SiNWs в воде, были приготовлены суспензии SiNPs. По данным измерений ПЭМ и динамического рассеяния света средний диаметр таких SiNPs составил около 100 нм . При этом оба типа SiNPs обладали ФЛ свойствами (см. рис. 5).

Форма спектра и интенсивности ФЛ SiNPs были схожи с спектрами SiNWs, использовавшихся для их изготовления. Большая интенсивность ФЛ пористых образцов (HD-SiNPs) по сравнению с непористыми (LD-SiNPs) объясняется наличием большего количества мелких нанокристаллов в пористом объеме наночастиц.

Рис. 1 - Схема метода MACE, фото процесса травления

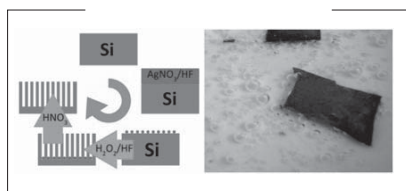


Рис. 2 - Типичный вид СЭМ массивов LD-SiNWs (a) и HD-SiNW (b)

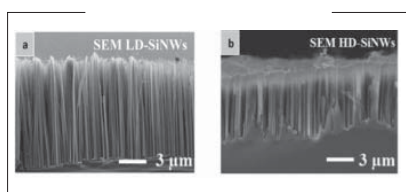


Рис. 3 - Спектры ФЛ LD-SiNWs (черные круги) и HD-SiNWs (красная линия). ПЭМ непористых SiNWs и пористых SiNWs

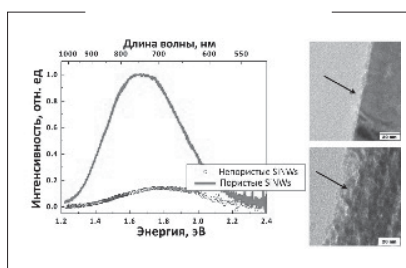


Рис. 4 - Изображение клеток CF2Th (цитоплазма клетки подкрашена зеленым, ядра – синим) и SiNWs (красное свечение)

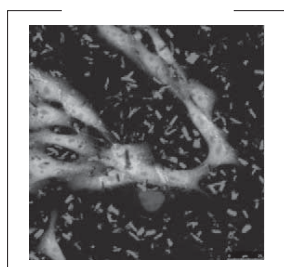


Рис. 5 - Спектры ФЛ водных суспензий LD-SiNPs (черные круги) и HD-SiNPs (красная линия) (а), на вставке типичный вид водных суспензий наночастиц. ПЭМ LD-SiNPs (b) и HD-SiNPs (c)

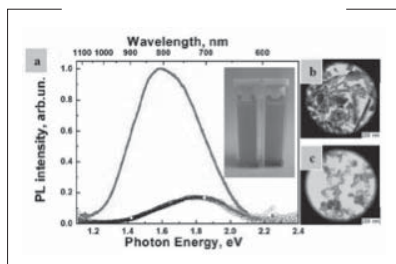


Рис. 6 - Изображение клеток CF2Th (цитоплазма клетки подкрашена зеленым, ядра – синим) и SiNPs (красное свечение)

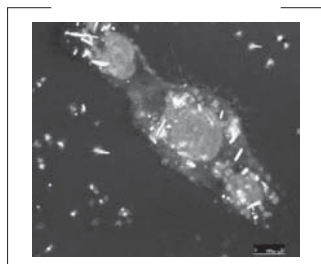


Рис. 7 - (а) Зависимость нагрева суспензии SiNPs (красный) и воды (синий) от времени облучения УЗИ на частоте 1 МГц и мощности 10 Вт. (б) Зависимость амплитуды сигнала гидрофона от мощности УЗИ для суспензии SiNPs (красный) и воды (синий)

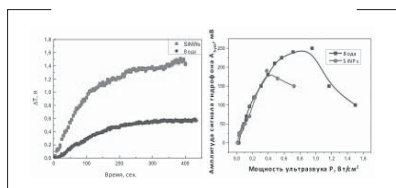


Рис. 8 - Фотография чашек Петри с бактериями E-coli контрольной группы, после воздействия SiNPs, после воздействия УЗИ, и после сочетанного воздействия SiNPs и УЗИ

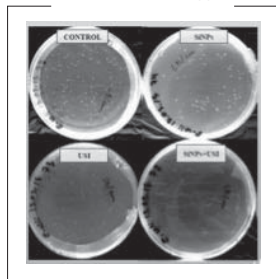
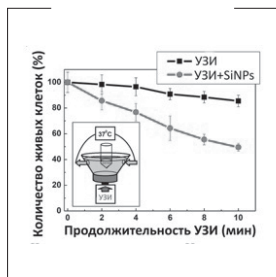


Рис. 9 - Зависимость числа клеток Нер-2, по отношению к контролю, от времени обработки УЗИ (черная кривая) и комбинированным воздействием УЗИ и SiNPs (красная кривая)



Проведенные in-vitro эксперименты показали, что такие ФЛ SiNPs характеризуются низкими цитотоксическими свойствами (до 200 мг/мл), могут проникать в живые клетки (CF2Th) и локализоваться в их цитоплазме, сохраняя при этом свои ФЛ свойства. На рис.6 представлены фотографии клеток CF2Th, сделанные с помощью конфокального микроскопа, после введения наночастиц концентрацией 0,1 мг/мл, приготовленных из пористых SiNWs. Зеленые, синие и красные цвета соответствуют клеточной мембране, ядрам клеток, и SiNWs, соответственно. Из рисунка видно, что большинство SiNPs проникло в клетку и локализовалось в её цитоплазме. Предполагается, что наночастицы проникают внутрь клетки посредством механизма эндоцитоза.

В работе были изучены возможности SiNPs выступать в роли сенситизаторов ультразвукового излучения (УЗИ). Для этого были проведены модельные эксперименты по определению нагрева суспензий наночастиц и сдвига в них порогов кавитации по сравнению с чистой водой. На рис. 7а представлен результат нагрева водных суспензий SiNPs (1 мг/мл) и воды в зависимости от длительности времени их облучения УЗИ (частота 1 МГц, $P=10$ Вт, площадь поперечного сечения пучка УЗ волны $S \approx 3$ см²). На рис. 7б представлены зависимости амплитуды сигнала гидрофона от мощности УЗИ для суспензии SiNPs (красный) и воды (синий). Частота УЗИ в данных экспериментах составляла 0.88 МГц.

Видно, что суспензии SiNPs под действием УЗИ незначительно нагреваются - примерно на 1 К больше по сравнению с чистой водой за 400 мин облучения, вместе с тем в суспензиях наночастиц происходит сдвиг порогов кавитации. Действительно, согласно рис. 7б, кавитации в суспензиях SiNPs 1мг/мл наступают при мощностях УЗИ 0.4 Вт/см², в то время, как в воде - около 1 Вт/см². Описанные эффекты можно связать с абсорбцией энергии УЗ волны на наночастицах в суспензиях.

В работе были проведены эксперименты по уничтожению бактерий E-coli при воздействии на них SiNPs и УЗИ. Было показано полное уничтожение бактерий после 15 минут совместного действия на них SiNPs (1 мг/мл) и УЗИ (5 Вт/см², 0.88 МГц) (см. рис.8).

В проведенных in-vitro экспериментах с раковыми клетками Нер-2, SiNPs (0,1 мг/мл) в культуральной среде добавляли к клеткам и оставляли на 14 ч до начала эксперимента. Суспензию клеток затем подвергали УЗИ (0,88 МГц, 1 Вт/см²). На рис.9 представлена зависимость количества живых клеток от продолжительности УЗИ. Клетки без SiNPs и без каких-либо дополнительных влияний на них были приняты в качестве контрольной группы. Выяснилось, что сама по себе обработка УЗИ терапевтических мощностей и интенсивностей, по существу не влияет на жизнеспособность клеток в течение временного интервала от 0 до 10 мин. В то же время, комбинированное действие УЗИ и SiNPs привело к 50% снижению числа живых клеток за 10 минут обработки.

Таким образом, представленной работе описан новый способ получения фотолуминесцирующих SiNPs путем измельчения массивов SiNWs. Показано, что такие наночастицы обладают свойствами низкой токсичности, могут проникать в живую клетку, сохраняя при этом свои ФЛ свойства, а следовательно использоваться для биовизуализации клеток. Вместе с тем SiNPs могут выступать в роли сенситизаторов для уничтожения раковых клеток и бактерий.

Основные результаты и выводы работы:

- Освоен метод MACE получения образцов SiNWs.
- Показано, что стабильные водные суспензии SiNPs могут быть получены путем ультразвуковой диспергации массивов SiNWs в воде.
- Показано, что SiNWs и суспензии SiNPs обладают эффективной ФЛ, и могут быть использованы для визуализации клеток.
- Показано, что суспензии SiNPs проявляют свойства эффективного сенситизатора, что проявляется в значительных сдвигах в них порогов кавитаций по сравнению с чистой водой.
- Впервые продемонстрированы возможности уничтожения раковых клеток и бактерий при комбинированном действии на них SiNPs и УЗИ.

Литература

1. L. T. CANHAM, pSiMedica Ltd, UK Porous silicon for medical use: from conception to clinical use.
2. Liubov A. Osminkina, Vladimir Sivakov, Grigory A. Mysov, Florian Talkenberg, Ulyana A. Natashina, V. V. Solovyev, Andrey A. Kudryavtsev, and Victor Yu. Timoshenko, "Nanoparticle suspensions prepared from porous silicon nanowires for bioimaging and sonodynamic therapy", Nano Research Letters 9, 463 (2014).
3. O. Bisi, S. Ossicini and L. Pavesi, "Porous silicon: a quantum stronge structure for silicon based optoelectronics," Surface Science Report, vol. 38, pp. 1-126, 2000.

ДОКЛАДЧИК:

Перин Антон Сергеевич
(Perin Anton Sergeevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Фотонные волноводные структуры и дифракционные элементы в фоторефрактивном ниобате лития с пьезоэлектрическим механизмом нелинейного отклика

Photonic waveguide structures and diffraction elements in photorefractive lithium niobate with pyroelectric mechanism of nonlinear response

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Томский государственный
университет систем управления и
радиоэлектроники
(Tomsk State University of Control
Systems and Radioelectronics)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Перин Антон Сергеевич
(Perin Anton Sergeevich)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В работе исследуются характеристики одиночных волноводно-оптических элементов и более сложных фотонных структур, оптически индуцированных в фоторефрактивном кристалле ниобата лития с учетом вклада пьезоэлектрического эффекта.

Annotation

We study characteristics of waveguide elements and circuits formed in a bulk of lithium niobate crystals with low photorefractive sensitivity exploiting their pyroelectric properties.

Ключевые слова: ниобат лития; фоторефрактивный эффект; фотонный волновод; фотонная решетка; пьезоэлектрический эффект; пьезоэлектрический пространственный солитон

Keywords: lithium niobate; photorefractive effect; photonic waveguide; photonic lattice; pyroelectric effect; pyroelectric spatial soliton

ВВЕДЕНИЕ

Распространение оптического излучения в нелинейно-оптических средах может сопровождаться эффектами трансформации спектральной и пространственной структуры световых полей [1]. В средах с кубической нелинейностью значительный интерес представляют эффекты самовоздействия света, проявляющиеся в результате изменения диэлектрической проницаемости среды на частоте падающей световой волны [1, 2]. Для световых пучков это приводит к пространственному самовоздействию, под которым понимаются явления их самофокусировки, самодефокусировки и формирование пространственных оптических солитонов [2, 3]. Режим пространственных солитонов предполагает полную компенсацию дифракционного уширения светового пучка за счет оптической нелинейности материала. В традиционных диэлектрических материалах с керровской нелинейностью, обусловленной электронной поляризацией среды, подобные эффекты могут наблюдаться лишь при интенсивностях света в сотни МВт/см² [2, 4]. Однако оптическая нелинейность может иметь и другую природу, например, это ориентационная нелинейность жидких кристаллов [2, 5], термооптическая нелинейность жидкостей и твердых тел [6], фоторефрактивная нелинейность нецентросимметричных электрооптических кристаллов [2, 7]. При исследовании эффектов пространственного самовоздействия световых полей наибольший интерес проявляется к фоторефрактивным материалам, в которых данные эффекты могут наблюдаться при интенсивностях света в мВт/см² [2, 7].

Фоторефрактивная оптическая нелинейность электрооптических кристаллов связана с изменением показателя преломления среды электрическим полем пространственного заряда, появляющимся при воздействии на нее светового поля. Наибольший интерес при экспериментальных исследованиях эффектов пространственного самовоздействия среди фоторефрактивных материалов привлекли кристаллы ниобата лития (LiNbO₃), характеризующиеся большими значениями электрооптических коэффициентов [8]. В кристалле LiNbO₃ основным механизмом транспорта является фотовольтаический [9], однако, фоторефрактивная оптическая нелинейность LiNbO₃ является самодефокусирующей и режим светлых пространственных солитонов может быть достигнут в нем лишь при отсутствии или компенсации возникающего фототока. В [10] это обеспечивалось дрейфом носителей заряда при внешнем электрическом поле в десятки кВ/см. Другая возможность формирования светлых пространственных солитонов появляется при вкладе в оптическую нелинейность пьезоэлектрического эффекта [11 - 13]. Таким образом реализован эффект формирования в нефоторефрактивном LiNbO₃ двумерных светлых солитонов и, соответственно, канальных оптических волноводов [10, 11].

Целью данной работы явилось экспериментальное исследование формирования структур из двух канальных оптических волноводов в

Рис. 1 - Схема экспериментальной установки: 1, 2 – источники лазерного излучения (He-Ne лазер, $\lambda=633$ нм, YAG:Nd³⁺ лазер, $\lambda=532$ нм), 3 – зеркало, 4 – светоделительный кубик, 5 – стеклянная пластинка, 6 – фокусирующая линза, 7 – образец LiNbO₃, 8 – элемент Пельтье, 9 – трехкоординатный микрометрический столик, 10 – изображающая линза, 11 – анализатор лазерных пучков

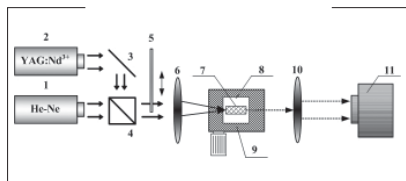
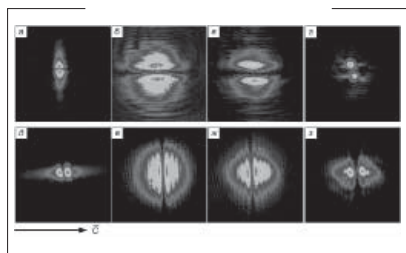


Рис. 2 - Картины распределения световых полей на входной (а, д) и выходной гранях кристалла в начальный момент времени в линейном (б, е) и нелинейном (в, ж) режиме дифракции; г, з - картины световых полей на выходной плоскости образца в режиме светлых пространственных солитонов



номинально чистом кристалле LiNbO₃ на длинах волн света 532 нм и 633 нм за счет вклада пьезоэлектрического эффекта в нелинейный отклик среды.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

В экспериментах исследовались условия бездифракционного распространения в кристаллическом образце как обычных лазерных пучков с гауссовым профилем, так и световых пучков, позволяющих сформировать в нелинейном режиме пар канальных оптических волноводов в объеме такого образца. Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1.

Источниками излучения являлись He-Ne лазер (1) с длиной волны излучения $\lambda = 633$ нм (выходная мощность около 1 мВт) и твердотельный лазер YAG:Nd³⁺ (2) с удвоением частоты ($\lambda = 532$ нм, выходная мощность до 50 мВт). Поляризация света во всех экспериментах соответствовала необыкновенной волне в кристалле. Зеркало (3) и светоделительный кубик (4) обеспечивали распространение излучения с разными длинами волн по одному и тому же пути. Это давало возможность исследования условий достижения солитонного режима распространения световых пучков с разными длинами волн. Для формирования структуры, состоящей из двух волноводных каналов, использовался световой пучок с противофазным полем в разных половинах его апертуры. В эксперименте для этого в пучок вводилась тонкая стеклянная пластинка (5), перекрывающая половину его апертуры и обеспечивающая при некотором положении нужный фазовый сдвиг. С помощью сферической линзы (6) световой пучок фокусировался на входную грань кристаллического образца (7). Фокусное расстояние линзы определялось требуемым диаметром перетяжки пучка на этой грани. В экспериментах при фокусном расстоянии 40 мм диаметр светового пятна в перетяжке составлял ~ 23 мкм при $\lambda=633$ нм и ~ 12 мкм при $\lambda=532$ нм. Образец LiNbO₃ имел размеры $4 \times 10 \times 4$ мм³ вдоль осей X, Y, Z соответственно. Кристалл не легирован специальными примесями, увеличивающими фоторефрактивную чувствительность, однако фоторефрактивный эффект в нем проявлялся из-за наличия собственных дефектов либо присутствия неконтролируемых примесей. Свет распространялся в образце LiNbO₃ вдоль оси Y. Для обеспечения однородного (или почти однородного) нагрева кристалла образец размещался на поверхности термоэлектрического преобразователя Пельтье (8), размещенного на столике с микрометрическим позиционированием (9). На поверхность нагревательного элемента, соприкасающуюся с гранью кристаллического образца, наносился тонкий слой теплопроводящей пасты, что позволяло обеспечить лучшую теплопередачу, остальные грани кристалла оставались свободными. В экспериментах кристаллический образец мог нагреваться до 90°C. Контроль температуры осуществлялся бесконтактным инфракрасным термометром (точность определения температуры $\pm 2^\circ\text{C}$). Изображения световых полей на входной и выходной гранях кристалла могли проецироваться с помощью изображающей линзы (10) на поверхность чувствительного сенсора видеокамеры (11) (анализатора лазерных пучков), сопряженного с персональным компьютером.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Узкий световой пучок при распространении в материальной среде испытывает дифракцию и его размеры в поперечном сечении увеличиваются. В кристалле LiNbO₃, при распространении света в направлении, не совпадающем с направлением оптической оси, вследствие фоторефрактивного эффекта в освещенной области наводится электрическое поле пространственного заряда E_{sc} в направлении оптической оси. Фоторефрактивный нелинейный отклик в LiNbO₃ имеет самодефокусирующий характер, поэтому поле E_{sc} индуцирует в освещенной области дефокусирующую нелинейную «линзу» за счет линейного электрооптического эффекта. Эта «линза» приводит к «нелинейной» дифракции светового пучка. Компенсация как линейной, так и нелинейной дифракции света может быть достигнута путем однородного нагрева кристалла, что изменяет величину спонтанной поляризации кристалла, порождая пьезоэлектрическое поле [11]. Это пьезоэлектрическое поле понижает показатель преломления однородно нагретого кристалла. В освещенной же области оно экранируется вследствие фотопроводимости среды, приводящей к дрейфовому перераспределению носителей заряда и компенсации пьезоэлектрического поля. Таким образом, показатель преломления в освещенной области кристалла оказывается выше такового в неосвещенной области. Соответственно, при определенных условиях в освещенной области может формироваться двумерный светлый пространственный солитон – пиролитон [11 - 12], создающий двумерный волноводный канал в объеме кристалла.

Для формирования более сложной волноводной структуры нами использовался гауссов пучок с противофазным полем в половинах его апертуры.

Некоторые результаты экспериментов иллюстрируются картинками световых полей на входной и выходной плоскостях образца. На рисунке 2 приведены картины световых полей на входной (а, д) и выходной (б, е) гранях образца при длине волны света $\lambda=532$ нм, диаметре пучка на входной плоскости кристалла ~ 12 мкм, световой мощности 1 мВт и температуре образца, соответствующей комнатной ($T=25^\circ\text{C}$) при различных направлениях фазирования светового поля. Можно видеть, что вследствие линейной дифракции поперечный размер светового пятна на выходной грани увеличивается примерно до 50 мкм. Это соответствует режиму линейной дифракции светового поля. Увеличение световой мощности до 100 мВт приводит к индуцированию в освещенной области образца оптической неоднородности, обусловленной фоторефрактивным эффектом.

Индуцированная оптическая неоднородность приводит к увеличению дифракционной расходимости светового пучка преимущественно в направлении оптической оси кристалла (рис. 2, в, ж). Для компенсации как линейной, так и нелинейной дифракции светового пучка кристалл нагревался до температуры 55°C . В результате поперечные размеры световых пятен на выходной плоскости кристаллического образца уменьшаются до их размеров на входной плоскости, что свидетельствует о достижении режима светлых пространственных солитонов (рис. 2, г, з). Время, необходимое для полной компенсации дифракции светового поля при указанных условиях экспериментов составляло от 20 до 30 секунд.

Аналогичные результаты получены для случая формирования одиночных светлых двумерных солитонов и пар таких солитонных пучков при длине волны излучения $\lambda=633$ нм. Время формирования волноводных каналов составило при этом 30 с, а диаметр полученных волноводных каналов – около 23 мкм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, экспериментальные результаты показывают принципиальную возможность оптического формирования в кристаллах ниобата лития с пьезоэлектрическим механизмом нелинейного отклика сложных волноводных структур, топология которых определяется распределением светового поля на входной плоскости образца. Оптическое индуцирование канальных волноводных элементов посредством взаимодействующих пространственных солитонов открывает перспективы создания оптических систем с более сложной топологией и возможностью их динамической реконфигурации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части Госзадания Минобрнауки РФ на 2015 г. (проект № 3642) и проектной части (работа № 3.878.2014/К).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Akhmanov S.A., Sukhorukov A.P. and Khokhlov R.V. Self-focusing and diffraction of light in a nonlinear medium // *Sov. Phys. Usp.* 1968. № 10. P. 609-634.
2. Kivshar Y.S., Agrawal G.P. Optical solitons: from fibers to photonic crystals // Academic Press. 2003. 540 P.
3. Chen Z., Segev M. and Christodoulides D.N. Optical spatial solitons: historical overview and recent advances // *Rep. Prog. Phys.* 2012. V. 75. 086401.
4. Chekalin S.V. and Kandidov V.P. From self-focusing light beams to femtosecond laser pulse filamentation // *Phys. Usp.* 2013. V. 56. № 2. P. 123-140.
5. Karpierz M.A. Solitary waves in liquid crystalline waveguides // *Phys. Rev. E.* 2002. V. 66. 036603.
6. Santhi A., Namboodiri V.V., Radhakrishnan P., and Nampoori V.P.N. Simultaneous determination of nonlinear optical and thermo-optic parameters of liquid samples // *Appl. Phys. Lett.* 2006. V. 89. 231113.
7. Kräutzig E. Photorefractive effects in electrooptic crystals // *Ferroelectrics.* 1990. V. 104. № 1. P. 257-268.
8. Kip D. Photorefractive waveguides in oxide crystals: fabrication, properties, and applications // *Appl. Phys. B.* 1998. V. 67. P. 131-150.
9. Petrov M.P., Stepanov S.I., Khomenko A.V. Photorefractive Crystals in Coherent Optical Systems // Berlin: Springer-Verlag. 1991. 275 P.
10. Fazio E., Renzi F., Rinaldi R., Bertolotti M., Chauvet M., Ramadan W., Petris A., and Vlad V.I. Screening-photovoltaic bright solitons in lithium niobate and associated single-mode waveguides // *Appl. Phys. Lett.* 2004. V. 85. 2193.
11. Safioui J., Devaux F. and Chauvet M. Pyroliton: pyroelectric spatial soliton // *Optics Express.* 2009. V. 17. № 24. P. 205-212.
12. Popescu S.T., Petris A., Vlad V.I. Recording of self-induced waveguides in lithium niobate at 405 nm wavelength by photorefractive-pyroelectric effect // *J. Appl. Phys.* 2013. V. 113. 213110.

ДОКЛАДЧИК:

Петров Михаил Юрьевич
Член экспертной группы

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Санкт-Петербургский
государственный университет

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Петров Михаил Юрьевич

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Оптика ядерных спинов

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Создание микросхем предполагает использование методов литографии, обеспечивающих создание на поверхности структурированной сетки элементарных логических ячеек, составляющих основу любой современной вычислительной микросхемы или ячейки памяти. Использовании литографии подобно созданию скульптуры в процессе изготовления которой от куска материала отсекаются лишние части. Этому недостатка лишены методики выращивания полупроводниковых кристаллов, предполагающие послойное наполнение кристалла атомами. Рекордными по качеству кристаллической структуры параметрами обладает метод молекулярно пучковой эпитаксии, позволяющий комбинировать в процессе роста полупроводники с разными свойствами, создавая полупроводниковые низкоразмерные системы: квантовые ямы, нити, точки, микрорезонаторы и их комбинации. Высокий уровень контроля процесса роста позволяет создавать наноструктуры с заданным набором физических свойств, что уже сегодня позволяет создавать приборы, наиболее широкоизвестными из которых являются лазерные диоды и светодиоды. Создание новых микро устройств напрямую связано с совершенствованием технологий наноконструирования материалов.

По мере миниатюризации элементарных этих ячеек все большую роль начинают играть квантово-механические эффекты, одним из которых является наличие у электронов, используемых для передачи информации между ячейками, собственного дробового шума, обусловленного статистикой заполнения энергетических состояний Ферми-Дирака, не позволяющей более чем двум электронам занимать одно и то же состояние. Электроны, занимающие одно и то же энергетическое положение имеют различные направления собственного механического момента, спина, и связанного с ним магнитного момента. Идеи использования спиновой степени свободы носителей заряда, которая никак не задействована в современной электронике, получили развитие в начале XXI века в сформировавшемся новом направлении физики полупроводников – спинтронике.

Одним из направлений исследований физики спиновых состояний являются попытки создания элементов, использующих когерентный контроль спиновых состояний. Предполагается, что в качестве ячейки памяти будет использована двухуровневая спиновая система (например спиновые состояния локализованного в полупроводниковой наноструктуре электрона или спин-зависимые переходы в спектре сверхтонкого расщепления атома). Инициализация и считывание спина как в полупроводниковой, так и в атомарной системе производится по поляризации фотонов световой волны, а сами фотоны будут являться носителями информации между ячейками. Достижение когерентного контроля (то есть контроля фазы волновой функции) спиновых состояний является не до конца решенной задачей. В частности, в полупроводниковых системах огромную роль играют процессы спиновой релаксации, как для движущихся, так и для локализованных электронов. Спиновая релаксация локализованных электронов определяется контактным взаимодействием Ферми магнитных моментов электрона и ядер атомов кристаллической решетки. Поэтому ключевой проблемой для достижения когерентного контроля спиновых состояний электронов в полупроводниковых наноструктурах является управления магнитными моментами ядер (и их спинами), возможному с использованием методик ядерного магнитного резонанса и оптической ориентации и оптического охлаждения.

В рамках данной лекции будет сделан обзор современных проблем, решаемых в рамках исследований спиновой динамики связанной системы электронов и ядер в полупроводниковых квантовых точках InGaAs/GaAs и микрорезонаторах GaAs/GaAlAs. Будут приведены некоторые интересные результаты экспериментальных исследований, проводимых в СПбГУ в сотрудничестве с университетами Дортмунда (Германия) и Монпелье (Франция).

ДОКЛАДЧИК:

Поташов Марат
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Сверхновые, как инструменты для измерения космологических расстояний

ОРГАНИЗАЦИЯ:**АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:**

Поташов Марат

ТЕЗИСЫ:

Важно правильно научиться определять расстояния до далёких сверхновых, так как это позволит исследовать эволюцию Вселенной, изучить природу тёмной энергии и процессы формирования звёзд и галактик. В настоящее время есть только два (не считая измерений красного смещения) способа определения расстояний до далёких объектов Вселенной: угловой и фотометрический.

Если известен истинный диаметр объекта мы можем сравнить его с наблюдаемым угловым размером объекта, или если известна абсолютная светимость объекта мы можем сравнить её с наблюдаемой видимой светимостью.

Сверхновые вспыхивают очень далеко от нас, но даже на самых лучших современных астрономических интерферометрах (VLT), да и на будущих строящихся сверхбольших телескопах (E-ELT) с угловым разрешением 0.001 arcsec, мы сможем различать оболочку типичной сверхновой только до расстояний ~ 0.1 Мpc, что соответствует красному смещению $z \sim 3 \cdot 10^{-5}$. Сверхновые Ia наблюдают до $z < 1.7$, а сверхновые II типа и сверхяркие сверхновые наблюдают даже при $z \sim 3$. На таких смещениях прямо наблюдать разлёт оболочки сверхновой невозможно и напрямую измерить угловое расстояние нельзя.

Поэтому развивают различные подходы измерения фотометрических расстояний. Для сверхновых Ia это метод стандартизированной свечи на основе соотношения Псковского-Филлиппса. Для сверхновых II типа это метод расширяющейся фотосферы, а для нового класса сверхярких сверхновых IIn - метод плотной оболочки. В докладе будут рассмотрены плюсы и минусы этих методов.

ДОКЛАДЧИК:

Празян Тигран Леонидович
(Prazyan Tigran Leonidovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование детонационных свойств существующих взрывчатых веществ и прогнозирование новых энергетических материалов

The study of detonation properties of existing explosives and prediction of new energetic materials

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Кемеровский государственный университет
(Kemerovo State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Празян Тигран Леонидович
(Prazyan Tigran Leonidovich)
Журавлев Юрий Николаевич

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Из первых принципов определена кристаллическая структура энергетических материалов, получены энергетические характеристики, электронные, термодинамические параметры. Определены энтальпии образования, факторы чувствительности взрывчатых материалов. Определены детонационные свойства взрывчатых веществ: мощность, скорость и давление детонации.

Annotation

Determined the crystal structure of energetic materials, received energy characteristics, electronic, thermodynamic parameters From first principles. Determined the heat of formation and the sensitivity of explosives. Defined detonation properties of explosives, such as energy, velocity and detonation pressure.

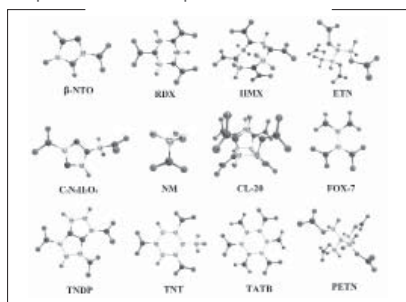
Ключевые слова: энергетические материалы; теория функционала плотности; кристаллическая структура; детонация; чувствительность.

Keywords: energetic materials; density functional theory; crystal structure; detonation; sensitivity.

Объектами исследования в настоящей работе представляются как уже изученные взрывчатые вещества, такие как $C_2N_4H_2O_3$ (β -NTO), $C_6N_{12}H_6O_{12}$ (CL-20), $C_2N_4H_4O_4$ (FOX-7), $C_4N_8H_8O_8$ (HMX), $C_3N_3H_3O_2$ (NM), $C_5N_4H_8O_{12}$ (PETN), $C_3N_6H_6O_6$ (RDX), $C_6N_6H_6O_6$ (TATB), $C_7N_3H_5O_6$ (TNT), на которых производится отладка методики, а на новых $C_3N_5H_3O_4$, $C_4N_4H_6O_{12}$ (ETN), $C_6N_5H_3O_6$ (TNDP) - получение и прогнозирование теоретических результатов. На рисунке 1 представлена визуализация молекулярного строения приведенных выше веществ.

Оптимизация параметров решетки осуществлялась с использованием

Рис. 1 - Исследуемые энергетические материалы



пакета Quantum ESPRESSO [1]. Вычисления полной энергии проведены в рамках теории функционала плотности в параметризации PBE для обменно-корреляционной энергии, методом псевдопотенциала. Для учета межмолекулярного взаимодействия использовалась схема Гримма [2]. Использовались ультрамягкие псевдопотенциалы для всех атомов. Оптимизированные параметры в дальнейшем послужили для исследования зонного спектра кристалла в рамках гибридного функционала B3LYP пакета CRYSTAL09 [3]. Базис, используемый в пакете CRYSTAL09 [3]: C_6-21G*, H_3-1p1G, N_6-31d1G, O_6-31d1G.

В таблицах 1, 2 представлен расчет факторов чувствительности и производительность детонации некоторых из исследуемых взрывчатых веществ. Стоит отметить, что отлаженная методика дает результаты, близкие к экспериментальным. Рассчитанные параметры производительности детонации, а также факторы чувствительности находятся в удовлетворительном согласии с имеющимися экспериментальными данными для классических взрывчатых веществ RDX, PETN, TATB, значения этих параметров для остальных приведенных взрывчатых веществ были рассчитаны ранее в работах [4,5]. В этой работе впервые предложено использовать для оценки чувствительности материала такой фактор как заселенность перекрывания электронных оболочек атомов реакционной группы – P(A-NO₂). Для RDX относительное отклонение в скорости детонации составило менее 3%, TATB – 9%, PETN – 6%.

Таблица 1 – Параметры производительности детонации

	Q, кал/г	D, км/с	P, ГПа	Mave, г/моль	N, моль/г	OB, %	H50%, м
FOX-7	1350.6	8.82	35.31	27.213	0.034	-21.61	16.61
RDX	1261.5	8.54	32.69	27.213	0.034	-21.61	2.52
TATB	1343.3	8.59	34.79	27.213	0.029	-55.78	27.05
PETN	1331.3	8.81	35.41	30.413	0.032	-10.12	0.94

Таблица 2 – Факторы чувствительности

	R(A-NO ₂), Å	qA, e	qN(NO ₂), e	qNO ₂ , e	Vmid, e Å ⁻¹	P(A-NO ₂), e
FOX-7	(C) 1.434	(C) +0.30	+0.38	-0.42	0.95	(C) 0.210
RDX	(N) 1.401	(N) -0.32	+0.64	-0.13	0.45	(N) 0.205
TATB	(C) 1.434	(C) +0.17	+0.36	-0.50	0.74	(C) 0.233
PETN	(O) 1.432	(O) -0.43	+0.75	+0.06	0.44	(O) 0.179

Рис. 2 – Молекулярный кристалл FOX-7

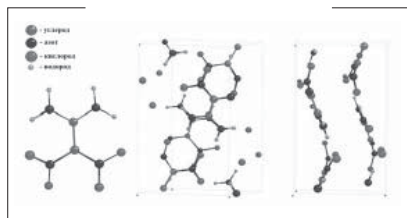
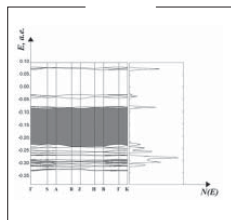


Рис. 3 – Верхние валентные зоны и нижние незанятые кристалла FOX-7



В таблицах 1, 2 представлены: химическая энергия детонации Q, скорость детонации D, детонационное давление P и параметры чувствительности: кислородный баланс OB100, чувствительность к удару H50%, электростатический потенциал Vmid, а также Mave - средняя молекулярная масса, N - число молей газообразных продуктов детонации на грамм взрывчатого вещества, RA-NO₂ - длины связей атомов A, соединенных с NO₂. Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что FOX-7 является малочувствительным к удару в сравнении с другими взрывчатыми веществами, но более чувствителен в сравнении с TATB. Также видно, что скорость и давление детонации и химическая энергия детонации сравнимо высоки.

Рассмотрение кристаллов выбранных соединений представляет большой интерес. Для примера изложим полученные данные по слоистому молекулярному кристаллу FOX-7. На рисунке 2 представлена его кристаллическая структура.

Как можно заметить, молекулы в кристалле располагаются в два слоя, а слои, в свою очередь, имеют зигзагообразную форму.

Энергия решетки, рассчитанная по формуле (1) на одну молекулу составила $E = -2.39$ эВ, а дисперсионная коррекция в расчете на одну молекулу оказалась равной $E_{disp} = -0.33$ эВ.

$$E = \frac{1}{4} E_{cryst} - E_{mol} \quad (1)$$

В таблице 3 приведены межмолекулярные расстояния, полученные в настоящей в работе в сравнении с экспериментальными данными [6] и теоретическими расчетами других авторов [7].

Зонная структура в работе получена с уже оптимизированными параметрами решетки DFT-D2 методом. Расчет зонного спектра FOX-7 был проведен вдоль линии $\Gamma(0,0,0) - S(1/2,0,1/2) - A(1/2,0,0) - R(1/2,1/2,0) - Z(1/2,1/2,1/2) - H(0,1/2,1/2) - B(0,1/2,0) - \Gamma(0,0,0) - K(0,0,1/2)$. На рисунке 3

Таблица 3 – Межмолекулярные расстояния в кристалле FOX-7

	RO-H, Å	RO-N, Å
Calc.	1.986	3.010
Exp.[10]	2.014	3.024
Theor.[9]	2.143	3.013

Рис. 4 - Карта распределения деформационной плотности и электростатического потенциала в кристалле FOX-7

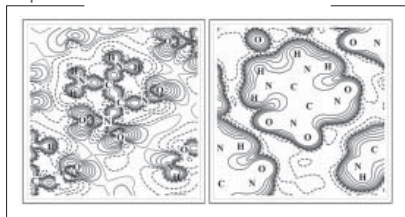


Таблица 4 – Характерные длины связей

	R(C - C), Å	R(C - NO ₂), Å	R(C - NH ₂), Å
Mol.	1.429	1.434	1.344
Cryst.	1.462	1.410	1.327

Таблица 5 – Характерные заселенности перекрывания связей

	P(C - C), e	P(C - NO ₂), e	P(C - NH ₂), e
Mol.	0.394	0.210	0.418
Cryst.	0.336	0.199	0.388

представлена часть зонного спектра и плотности состояний, жирным выделена запрещенная зона. Подробный анализ зонной структуры рассмотрен в работе [8].

Вся валентная зона, ширина которой 26.88 эВ, составлена из 112 зон, заполненных 2s- и 2p-состояниями атомов азота, углерода и кислорода, а также 1s-состояниями атома водорода. Особенности нижних свободных зон является то, что присутствуют запрещенные участки энергии. Ширина запрещенной зоны в кристалле равна $E_g = 3.61$ эВ. Данный переход соответствует прямому S-S переходу, в то время как ширина E_g в точке высокой симметрии Γ составляет 3.72 эВ. В то же время ширина запрещенного участка HOMO-LUMO в изолированной молекуле FOX-7 составляет $E_{HOMO-LUMO} = 4.59$ эВ.

В таблицах 4, 5 приведены характерные длины связей и заселенность перекрывания связей для изолированной молекулы и молекулы, находящейся в кристалле. Связь C-C увеличивается, а связи атомов углерода с amino- и нитрогруппами уменьшается.

На рисунке 4 приведена карта распределения деформационной плотности $\Delta\rho$ (слева), полученная вычитанием из молекулярной плотности от невзаимодействующих атомов. Положительным значениям $\Delta\rho$ отвечают сплошные линии, отрицательным - пунктирные, нулевой контур выделен жирным. Области натекания заряда приходятся на линии связи N-O, что характерно для ковалентной связи. При анализе распределения электростатического потенциала (справа) учтем, что области отрицательного потенциала обозначены пунктирными линиями, положительного потенциала – сплошными линиями, поверхности нулевого потенциала – штрих-пунктирными линиями.

Для FOX-7 эффективные заряды атомов углерода C1 и C2 составил +0.35e- и +0.46 e-, соответственно, эффективные заряды атомов азота N, входящий в нитрогруппу, +0.37e-, а в аминогруппу -0.62e-, общий эффективный заряд группы NO₂ равен -0.49e-, в то время как в изолированной молекуле он равен -0.42e-.

Методами компьютерного моделирования изучены физические, химические свойства ряда энергетических материалов, в том числе взрывчатых веществ. Из первых принципов определена кристаллическая структура, получены энергетические характеристики энергетических материалов, электронные, термодинамические параметры. Определены энтальпии образования, факторы чувствительности взрывчатых материалов. Определены детонационные свойства, мощность взрывчатых веществ, скорость и давление детонации. Результаты сопоставляются с имеющимися экспериментальными данными. Для ранее не исследуемых объектов устанавливаются прогнозные значения.

Список литературы

1. Giannozzi, P. QUANTUM ESPRESSO: a modular and open-source software project for quantum simulations of materials / P. Giannozzi, S. Baroni, N. Bonini et al. // J. Phys.: Condens. Matter. - 2009. - V. 21. - P. 395502.
2. Grimme, S. Semiempirical GGA-type density functional constructed with a long-range dispersion correction // J. Comput. Chem. - 2006. - V. 27. - P.1787-1799.
3. Dovesi, R. CRYSTAL09 User's Manual / R. Dovesi, V. R. Saunders, R. Roetti et al. // University of Torino: Torino. - 2009.
4. Празян, Т. Л. Компьютерное моделирование физико-химических свойств энергетических материалов // Материалы международной конференции «Забабахинские научные чтения» (ЗНЧ), Снежинск: Изд. РФЯЦ - ВНИИТФ. - 2014г. - С. 110-111.
5. Празян, Т. Л. Исследование физико-химических свойств ряда взрывчатых веществ методами компьютерного моделирования / Т. Л. Празян, Ю. Н. Журавлев // Вестник КемГУ. - 2014. - № 4 (60). - Т. 2. - С. 137-144.
6. Bemm, U., Östmark, H. Acta Crystallogr. - 1998. - P. 1997.
7. Ma, Yu. Crystal packing of low-sensitivity and high-energy explosives / Yu. Ma, A. Zhang, Ch. Zhang, et al. // Cryst. Growth Des. - 2014. - № 14. - P. 4703-4713.
8. Празян, Т.Л. Электронная структура кристалла FOX-7 / Т. Л. Празян, Ю. Н. Журавлев // Кемерово: Кемеровский государственный университет, Материалы X (XLII) Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - 2015. В. 16. - С. 2696-2701.

ДОКЛАДЧИК:

Редутто Игорь Владимирович
(Reduto Igor Vladimirovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Электрополевая печать металлических наноструктур на поверхности стекол

Electric-field imprinting of metal nanostructures on glass surface

ОРГАНИЗАЦИЯ:

1. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет Российской академии наук» (Institution of the Russian Academy of Sciences Saint Petersburg Academic University – Nanotechnology Research and Education Centre RAS)
2. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра великого» (Peter the Great Saint.Petersburg Polytechnic University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Редутто Игорь Владимирович
(Reduto Igor Vladimirovich)
Каменский Александр Николаевич
(Kamenskii Aleksandr Nikolaevich)
Червинский Семён Дмитриевич
(Chervinskii Semen Dmitrievich)
Редьков Алексей Викторович
(Redkov Alexey Victorovich)
Коберт Юлия Гербертовна
(Kobert Iuliia Gerbertovna)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Разработана воспроизводимая методика получения серебряных структурированных и самоорганизованных групп островковых плёнок, с переменными размерами и количествами островков в группе, на стекле. Продемонстрировано формирование различных структур из островковых плёнок.

Annotation

A novel technique for structuring metal island films and formation of self-arranged groups of metal nanoislands via varying quantity and size of islands in small groups has been developed.

Ключевые слова: металлические наноостровковые плёнки; электрополевая печать; самоорганизация; обратная диффузия; поляризация; ионный обмен

Keywords: metal nanoisland films; electric-field imprinting; self-organization; out-diffusion; polarization; ion exchange

Введение

В настоящее время процессы формирования металлических наноостровковых плёнок (МНП) на поверхности стекла, их структурирование и свойства являются крайне актуальной темой для исследования. Причина этого определяется широким спектром областей применения островковых плёнок, в первую очередь, в связи с их уникальными оптическими свойствами.

Такие плёнки взаимодействуют со световой электромагнитной волной за счёт поверхностного плазмонного резонанса (ППР), наличие которого, преимущественно, и определяет перспективность их использования. ППР проявляется в виде пика оптического поглощения. При этом в спектральной окрестности плазмонного резонанса при падении световой волны на островковые плёнки формируется высокое локальное электрическое поле, за счёт которого возникает повышенная оптическая нелинейность [1,2], увеличивается эффективность комбинационного рассеяния [1-4], повышается эффективность катализа и др.

Спектральный диапазон плазмонного резонанса, его амплитуда и ширина пика связанного с ним оптического поглощения зависят от размера и формы металлических островков, метода их формирования, расстояния между ними, показателя преломления подложки [5]. В основном, ранее исследовались серебряные (Ag), золотые (Au) или медные (Cu) наноостровки [4,6,7,8].

Островковые плёнки находят широкое применение во многих областях: катализ [9], плазмонные химические и биосенсоры [2, 6, 10], комбинационное рассеяние [11], нелинейная оптика [12], исследование белков, уничтожение микроорганизмов [13] и другие биологические применения [14-16], спектральные фильтры (плазмонный резонанс [17] приводит к повышенному поглощению и рассеянию в соответствующей области спектра [4]). Во многих случаях существенным является локальность островковых плёнок, определяющая возможность, например, создания датчиков с высоким пространственным разрешением. Это определяет необходимость разработки методов прецизионного структурирования МНП. Одним из перспективных подходов к формированию субмикронных структур на основе МНП является локальная модификация островковых плёнок посредством приложения электрического поля. После того, как на подложке сформирована островковая плёнка, прикладывается пространственно-неоднородное электрическое поле с помощью структурированного анодного электрода – это может быть, например, электрод, на который нанесены периодические штрихи (дифракционная решётка). В тех частях поверхности, к которым приложено электрическое поле, островки растворяются. В результате, на подложке формируются требуемые структуры из островковых плёнок. Процесс активируется за счёт сравнительно высокой (150-300°C) температуры. Варьируя время приложения электрического поля, температуру и величину прикладываемого поля, можно менять параметры получаемых структур [18,19].

Недавно нами была предложена и реализована новая методика формирования структурированных наноостровковых металлических плёнок, основанная на локальной поляризации стекол при приложении

Рис. 1 - Схематическое изображение электрополевой печати серебряных наноструктур: (а) ионообменное стекло и профилированный электрод; (б) поляризация ионообменного стекла при температуре $150 \div 350^\circ\text{C}$, в течение 30 сек. $\div$ 30 мин., напряжение $300 \div 2000$ В; (с) отжиг в водороде при температуре $100 \div 350^\circ\text{C}$, в течение 30 сек. $\div$ 3 ч. [22]

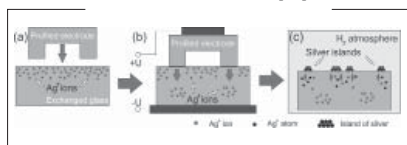
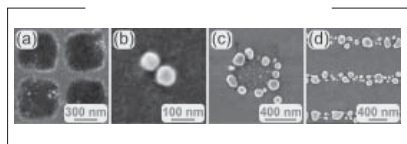


Рис. 2 - СЭМ изображение поверхности одного из электродов, используемых для поляризации стекол (а) и СЭМ изображения групп серебряных наноструктур, выращенных на поляризованном стекле, при использовании электродов с различными формами и размерами углублений, в процессе отжига в водородной атмосфере (b,c,d). Образцы изготовлены в режиме: время ионного обмена 20 мин., расплав содержал 5 вес. % нитрата серебра и 95 вес. % нитрата натрия, время поляризации 60 сек., температура поляризации 300°C , напряжение при поляризации 500 В, время отжига в водородной атмосфере 30 сек. (b), 60 сек. (c), и 5 мин. (d), температура отжига 300°C [22].



электрического напряжения с помощью структурированного анодного электрода и обратной диффузии металла из стеклянной подложки [20,22-24] (электрополевая печать) – см. рис. 1.

Обратная диффузия серебра из ионообменных стекол в сочетании с такой поляризацией позволяет получать субмикронные (150-200 нм) структуры из металлических островков, отстоящих друг от друга на несколько нанометров (Рис. 2b,c,d), что на полтора-два порядка меньше, чем при стандартной оптической литографии, и сопоставимо с лучшими результатами электронной литографии. Малые расстояния между островками металла особенно существенны для получения высоких локальных полей световой волны и управления плазмонными свойствами таких структур.

Цель и задачи работы

Цель настоящей работы – разработка методики получения серебряных nanoостровковых плёнок, выращивания и мультиплицирования структур из nanoостровков.

Задачи работы:

- Получение серебряных nanoостровковых плёнок на ионообменных стеклах методом обратной диффузии и их исследование;
- Получение структур из серебряных nanoостровковых плёнок методом локального приложения электрического поля и обратной диффузии и их исследование;
- Исследование самоорганизованного структурирования островковых серебряных плёнок на стекле. Установление связи между условиями синтеза и характеристиками выращиваемых островковых плёнок;
- Разработка воспроизводимой методики получения структурированных островковых плёнок и заданных структур из nanoостровков за счёт самоорганизации с заданными характеристиками;
- Демонстрация применимости nanoостровковых плёнок.

Таким образом, эта работа включает синтез, диагностику и экспериментальное исследование nanoостровковых структур.

Исследование: методы, постановка экспериментов

Исследования проводятся с использованием промышленных натриево-кальциево-силикатных стекол. С помощью ионного обмена стекло допируется ионами серебра. После этого при отжиге стекла в водородной атмосфере на его поверхности формируется островковая плёнка серебра. Для получения структурированных островковых плёнок перед отжигом приповерхностная область стекла подвергается поляризации, при этом прикладывается пространственно-неоднородное электрическое поле (Рис. 1).

Предложенная методика основана на том, что электрическое поле прикладывается к поверхности образца до начала роста островков, в отличие от стандартного метода [18,19], где поляризация используется для растворения уже выращенных nanoостровков. Таким образом, предложенная методика исключает возможность механического повреждения МНП при поляризации. Кроме того, при этом обеспечивается повышение пространственного разрешения при структурировании МНП.

Для эффективного применения nanoостровковых структур в плазмонике необходимо минимизировать расстояния между nanoостровками и обеспечить возможность задавать их концентрацию и размеры. Предложенная методика даёт возможность получения структур из групп островков с заданными параметрами, при этом можно обеспечить расстояние между островками порядка нескольких нанометров. Это превышает возможности стандартной электронной литографии, разрешение которой составляет порядка 50 нм. Для поляризации стекла используются профилированные электроды с двумерными структурами. Для примера, на рис. 2а представлено полученное с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) изображение одного из использованных электродов.

Изготовление образцов проводится на базе имеющегося в лаборатории оборудования: муфельных и шахтных печей для ионного обмена и отжига, установки для получения водорода и установки для поляризации. Исследования спектральных характеристик также проводятся в нашей лаборатории. АСМ и СЭМ исследования характеристик полученных образцов проводятся на оборудовании регионального ЦКП «Материаловедение и диагностика в передовых технологиях» при ФТИ им. Иоффе. СЭМ измерения также проводятся в Академическом Университете и Университете Восточной Финляндии в рамках программы совместных исследований.

Результаты

В результате проведённых экспериментов были установлены связи между режимами изготовления и свойствами получаемых серебряных наноструктурированных плёнок. При этом изменялись следующие параметры: состав расплава, температура и длительность ионного обмена, а также температура и длительность отжига в водороде.

С помощью атомно-силовой микроскопии определено влияние длительности и температуры отжига в водороде на размеры и концентрацию наноструктурированных островков. Определено распределение островков серебра по размерам. Измерены профили наноструктурированных островков. Показано, что островки имеют примерно полусферическую форму.

На основании исследований положения и амплитуды пика оптического поглощения, соответствующего резонансу поверхностных плазмонов, установлено, что на начальном этапе термообработки происходит рост островковой плёнки, который потом заменяется ростом металлических наночастиц в объёме стекла.

Проведено сравнение роста наноструктурированных островков при термообработке в водороде и в воздухе. При термообработке в водороде выявлена линейная зависимость роста амплитуды резонанса поверхностных плазмонов в наноструктурированных островках от температуры. При термообработке в воздухе наличие оптимальной температуры обработки связано с окислением/сульфидизацией серебра.

Продemonстрирована высокая стабильность разработанных серебряных наноструктурированных плёнок на воздухе. Получены данные об изменении положения и амплитуды резонанса поверхностных плазмонов при нанесении тонкого слоя диоксида титана на серебряные наноструктурированные плёнки.

Найдены режимы получения структурированных островковых плёнок посредством последовательных операций ионного обмена, электрополевой обработки и отжига в водородной атмосфере. Островки формируются в результате самоорганизации, и в зависимости от режима и структуры электрода возможно получение структур (групп) из заданного количества наноструктурированных островков.

Для самоорганизованных групп наноструктурированных островков обнаружено, что в неполяризованных областях, больших 500×500 нм², наноструктурированные островки металла преимущественно формируются по периметру области. Формирование структур происходит в течение первых нескольких минут, после чего структура стабилизируется. В то же время с ростом температуры обработки количество островков в группе уменьшается. При вытянутой (ширина менее 300 нм) форме углубления в электроде формируются линейные группы из 2, 3 и более частиц.

Существенно что электрополевая печать позволяет получать достаточно малые, на уровне десятков нанометров, расстояния между островками, что сравнимо с результатами стандартной литографии. Это существенно для получения высоких локальных полей.

В работе также было определено влияние режима выращивания плёнки и толщины покрывающих слоёв на величину сигнала Рамановского рассеяния, усиливаемого такой плёнкой.

Таким образом, была разработана воспроизводимая методика получения серебряных структурированных и самоорганизованных групп островковых плёнок на стекле. Продemonстрирована применимость выращенных серебряных наноструктурированных плёнок в спектроскопии гигантского Рамановского рассеяния. Продemonстрировано формирование различных структур из островковых плёнок: периодических цепочек, двумерных массивов, самоорганизованных групп наноструктурированных островков с варьируемыми размерами и количествами островков в группе.

Список литературы

1. J. Bigot et al, Chemical Physics 251, 181-203 (2000).
2. R. Philip et al, Phys. Rev. B 62, 13160-13166 (2000).
3. P. Alonso-González et al, Nature Communications 3 (684) (2012).
4. A. Reznickova et al, Nanoscale Research Letters 8 (252) (2013).
5. G. De, S. Bhattacharyya, Materials Chemistry 18, 2816-2824 (2008).
6. C. Fernandez et al, Sensors and Actuators B: Chemical 111, 225-229 (2005).
7. K. Aslan et al, Chemical Physics Letters 464, 216-219 (2008).
8. O. Stenzel, A. Macleod, Advances in Optical Technologies 1 (6), 463-481 (2012).
9. M. Chen, D. Goodman, Accounts Chemical Research 39, 739-746 (2006).
10. A. Ruiz et al, Sensors and Actuators B: Chemical 93, 509-518 (2003).

11. C. Hrelescu et al, Applied Physics Letters 94 (153113) (2009).
12. Y. Hosoya et al, Applied Physics Letters 81, 1475-1480 (1997).
13. D. Pissuwan et al, Trends Biotechnology 28, 207-213 (2010).
14. E. Dreaden et al, Chemical Society Reviews 41, 2740-2779 (2012).
15. D. Giljohann et al, Angewandte Chemie International Edition 49, 3280-3294 (2010).
16. V.Švorčík et al, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B 267, 1904-1910 (2009).
17. R. Gupta, M. Dyer, W. Weimer, Applied Physics Letters 92, 5264-5271 (2002).
18. J. Sancho-Parramona et al, Optical Materials 32, 510-514 (2010).
19. V. Janickia et al, Applied Physics B 98, 93-98 (2010).
20. S. Chervinskii et al, J. Appl. Phys. 114, 224301 (2013).
21. S. Chervinskii et al, Nanoscale Res Lett 9, 398 (2014).
22. I. Reduto et al, Saint-Petersburg OPEN, Book of abstracts, 301-302 (2015).
23. A. Redkov et al, Nanoscale Res Lett 10, 201 (2015).
24. Заявка на патент, приоритетный номер № 2014106390 от 20.02.2014.

ДОКЛАДЧИК:

Родичкина Софья Павловна
(Rodichkina Sofia)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование лазерно-индуцированного разогрева кремниевых нанонитей методом спектроскопии комбинационного рассеяния света
Raman diagnostics of laser-induced heating of Silicon nanowires prepared by metal-assisted chemical etching

ОРГАНИЗАЦИЯ:

МГУ им. М.В. Ломоносова
(M.V. Lomonosov Moscow
State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Родичкина Софья Павловна
(Rodichkina Sofia)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В данной работе методом спектроскопии комбинационного (рамановского) рассеяния света (КРС) был изучен лазерно-индуцированный нагрев кремниевых нанонитей (КНН), полученных методом металл-стимулированного химического травления. Был обнаружен сдвиг положения спектра КРС для КНН в область малых волновых чисел под действием лазерного излучения с длиной волны 632,8 и 433 нм, кроме того, при интенсивности лазера свыше 0.1 кВт/см² был обнаружен также дополнительный пик в области малых значений волновых чисел. Из анализа соотношения интенсивностей стоксовой и антистоксовой компонент спектров КРС для КНН было установлено, что сдвиг основного пика связан с ростом средней температуры КНН под действием лазерного излучения. Появление дополнительного пика в области малых значений волновых чисел связано с локальным максимальным нагревом КНН, который наблюдается на фоне среднего нагрева КНН. Из зависимости нагрева КНН от их длины было получено, что коэффициент теплопроводности КНН приблизительно равен 3 Вт/(м·К), что в 50 раз меньше коэффициента теплопроводности объемного кристаллического кремния. Показанные свойства КНН могут быть использованы при создании теплоизоляционных материалов, а также в терапии рака с помощью гипертермии.

Annotation

Raman scattering spectroscopy was used to investigate laser induced heating of silicon nanowires (SiNWs) formed by metal-assisted chemical etching. A low-frequency shift of the one-phonon Raman spectrum for SiNWs under laser irradiation with wavelengths of 632.8 and 488 nm was observed and explained by the effect of increase of the average temperature of SiNWs. An additional low-frequency Raman peak was observed under excitation with intensity above 0.1 kW/cm² and explained by strong local overheating of SiNWs. From the dependence of the average heating on SiNWs length we have estimated the thermal conductivity coefficient about 3 W/(m·K), which is 50 times smaller than the corresponding value for bulk Si. The observed phenomenon can be interesting for application of SiNWs in thermal isolation and in hyperthermia therapy.

Ключевые слова: нанонити; кремний; комбинационное рассеяние света; лазерно-индуцированный нагрев

Keywords: nanowires; Silicon; Raman scattering; laser-induced heating

Кремниевые нанонити (КНН), формируемые методом металл-стимулированного химического травления, могут найти применение в диагностике и терапии рака [1], а также в термоэлектрических преобразователях энергии [2]. В данной работе методом спектроскопии комбинационного (рамановского) рассеяния света был изучен нагрев КНН под действием лазерного излучения и оценен их коэффициент теплопроводности.

КНН были изготовлены методом металл-стимулированного химического

травления подложек слабо легированного бором кристаллического кремния (с-Si) p-типа проводимости с удельным сопротивлением 1-20 Ом·см и кристаллографической ориентацией поверхности пластин (100). Структура КНН была изучена с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). Спектры КРС были измерены с использованием HeNe лазера (длина волны 632.8 нм) и Ar лазера (длина волны 488 нм).

Согласно СЭМ и ПЭМ диаметры КНН в каждом образце лежат в диапазоне от 50 до 200 нм. Длина КНН, которая контролируется временем травления, изменяется от 2 до 63 мкм.

На рис. 1 приведен спектр КРС для КНН при различной интенсивности падающего излучения. При малых интенсивностях падающего излучения стоксова и антистоксова компонента однофононных спектров КРС для КНН состоят из одного основного пика, который смещается в направлении возбуждающей частоты при увеличении интенсивности лазера. При больших интенсивностях (свыше 100 Вт/см²) наблюдается также дополнительный пик, который сдвинут в направлении возбуждающей частоты значительно сильнее, чем основной пик. Из анализа соотношения интенсивностей стоксовой и антистоксовой компонент для обоих пиков было установлено, что сдвиг основного пика связан со средним нагревом КНН под действием лазерного излучения. Появление дополнительного пика в области малых значений волновых чисел связано с локальным максимальным нагревом КНН, который наблюдается на фоне среднего нагрева КНН.

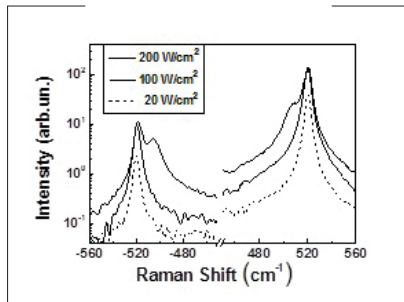
Величины среднего и максимального нагрева КНН были определены из спектральных позиций основного и дополнительного пика КРС соответственно, для их определения использовался калибровочный график из работы [3], позволяющий соотнести положение пика КРС и температуру с-Si в широком диапазоне температур. Было показано, что средний нагрев КНН возрастает с увеличением интенсивности падающего излучения, коэффициента поглощения света с-Si и длины нанонитей. Значения среднего и максимального нагрева для КНН длиной 63 мкм при лазерном возбуждении с длиной волны 632.8 нм и интенсивностью 1 кВт/см² составляют 150200 К и 500800 К соответственно. Исходя из зависимости среднего нагрева КНН от их длины было получено, что коэффициент теплопроводности КНН приблизительно равен 3 Вт/(м·К), что в 50 раз меньше коэффициента теплопроводности с-Si. Благодаря низкой теплопроводности, КНН могут быть использованы при создании теплоизоляционных материалов и в терапии рака с помощью гипертермии.

Автор благодарит Л.А.Осминкину, К.А.Гончара, А.В.Павликова и А.В.Зотеева за помощь в работе, а также проф. В.Ю.Тимошенко – за поставленную задачу и полезные обсуждения.

Литература:

1. K.A. Gonchar, L.A. Osminkina, R.A. Galkin, M.B. Gongalsky, V.S. Marshov, V.Yu. Timoshenko, M.N. Kulmas, V.V. Solovyev, A.A. Kudryavtsev, and V.A. Sivakov, Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics, 7, 602–606, (2012).
2. I. Hochbaum, R. Chen, R.D. Delgado, W. Liang, E.C. Garnett, M. Najarian, A. Majumdar, P. Yang, Nature, 451, 163 (2008).
3. S. Perichon, V. Lysenko, B. Remaki, D. Barbier, B. Champagnon, J. Appl. Phys. 86, 4700 (1999).

Рис. 1 - Спектры КРС для КНН длиной 15 мкм при различной интенсивности лазерного возбуждения (длина волны 488 нм)



ДОКЛАДЧИК:

Роев Артем Анатольевич
(Roev Artem Anatol'evich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого. Институт
физики, нанотехнологий и
телекоммуникаций
(Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University. Institute
of Physics, Nanotechnology
and Telecommunications)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Роев Артем Анатольевич
(Roev Artem Anatol'evich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Сверхширокополосный облучатель для телескопов национальной
радиоинтерферометрической сети нового поколения "квазар-кво"

Ultra-wideband feed for radio telescopes of the national new-generation radio
interferometric network "quasar-kvo"

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Представлены результаты разработки опытных образцов сверхширокополосного облучателя на основе четырех-ребрового расширяющегося рупора с частотным перекрытием 3–18 ГГц для антенных систем международных радиоинтерферометрических сетей нового поколения. Приведен теоретический анализ, оптимизация параметров, моделирование и измерение основных характеристик разработанного облучателя.

Annotation

The paper presents the results of the development of experimental model of an ultra-wideband feed based on the quadruple-ridged flared horn operating from 3 to 18 GHz, which is able to work as a part of antenna systems for new-generation international radio interferometric networks. The results of the theoretical analysis, simulation and measurements of ultra-wideband feed are given.

Ключевые слова: радиоастрономия; радиотелескоп; зеркальная антенна; сверхширокополосный облучатель; VLBI 2010

Keywords: radio astronomy; radio telescope; reflector antennas; ultra-wideband feeds

1. Введение

В соответствии с современной концепцией развития радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ) [1], Институт прикладной астрономии Российской академии наук (ИПА РАН) разрабатывает проект создания национальной радиоинтерферометрической сети нового поколения «Квазар-КВО», способной решать проблемы координатно-временного обеспечения в интересах различных областей науки и техники, в том числе обеспечения функционирования национальной системы ГЛОНАСС [2]. Техническая реализация проекта основывается на использовании радиоинтерферометрической сети малых антенн РТ-13 с диаметром главного зеркала около 13 метров. Новые радиотелескопы РТ-13 будут снабжены двумя типами приемных устройств: трехдиапазонными S/X/Ka и сверхширокополосными. Исполнителем проекта ИПА РАН было принято решение использовать полосу 3-18 ГГц в рамках программы VLBI2010 – международной программы проведения совместных радиоастрономических наблюдений, что объясняется высоким уровнем помех, вызванных мобильной связью и современными беспроводными технологиями в диапазоне ниже 3 ГГц [2]. При разработке антенной системы радиотелескопа, одним из наиболее сложных элементов по требованию широкополосности, является облучатель, обеспечивающий перекрытие частотного диапазона 6:1 и осуществляющий прием радиоизлучения двух ортогональных линейных поляризаций.

2. Расчет и компьютерное моделирование облучателя

В качестве прототипа облучателя радиотелескопа РТ-13 был выбран четырех-ребровый расширяющийся рупор (Quad-Ridge Flared Horn) [3], обладающий такими существенными для радиоастрономии преимуществами как: требуемым перекрытием по частоте (6:1); двухканальным СВЧ выходом, позволяющим принимать сигналы двух ортогональных линейных поляризаций; номинальная ширина ДН соответствует конструкции антенной системы радиотелескопа РТ 13 ($\pm 65^\circ$ по уровню -16 дБ).

Для определения геометрии требуемого облучателя был использован принцип масштабирования с коэффициентом преобразования равным 0.767 [4]. Облучатель состоит из плавно расширяющегося рупора с четырьмя гребнями, расположенными в двух ортогональных плоскостях. Облучатель работает на двух линейных поляризациях. Возбуждение каждой поляризации осуществляется коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 50 Ом в зазоре между соответствующей парой оппозитно расположенных гребней. На рисунке 2 представлены результаты электродинамического моделирования поля в дальней зоне для нижней и верхней границы рабочего диапазона соответственно. Наблюдается схожая структура главного максимума и боковых лепестков, что говорит о возможности эффективной работы с антенной системой РТ-13.

Рис. 1 - Радиотелескоп РТ-13



Рис. 2 - Трехмерная диаграмма направленности для нижней а) (3 ГГц) и верхней б) (18 ГГц) границы рабочего диапазона

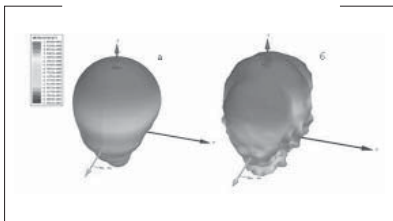


Рис. 3 - Детали экспериментального образца облучателя:

1-рупор; 2-гребни; 3-крышка

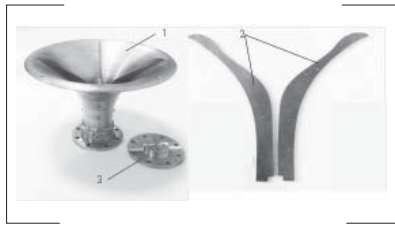


Рис. 4 - КСВН в рабочей полосе частот

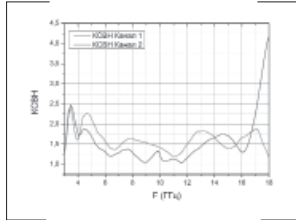


Рис. 5 - Развязка каналов в рабочей полосе

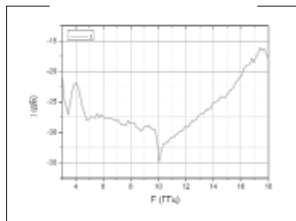


Рис. 6 - Схема измерения комплексной диаграммы направленности



Рис. 7 - Измеренная диаграмма направленности облучателя в Н-плоскости

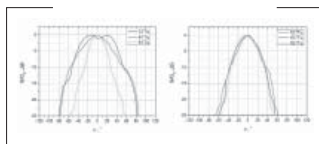
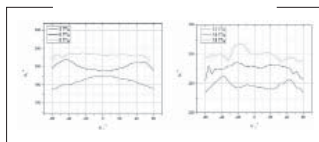


Рис. 8 - Измеренная фазовая диаграмма направленности облучателя в D-плоскости



3. Разработка опытных образцов сверхширокополосного облучателя. Оптимизации его параметров

На основании проведенных нами расчетов [4-6] разработан и изготовлен опытный образец сверхширокополосного облучателя (рис. 3). Ребра сложного профиля и рупор изготовлены на высокоточном оборудовании с числовым программным управлением. Все детали выполнены на предприятиях Санкт-Петербурга, сборка произведена на опытном производстве ИПА РАН.

Принцип масштабирования не может быть применен для расчета геометрических параметров узла возбуждения облучателя. В разработанном образце облучателя узел возбуждения и ввода СВЧ сигнала при помощи двух ортогональных коаксиальных линий является одновременно устройством подстройки, согласования и развязки и содержит подвижный контакт, цанговый зажим и гайку зажима. Такое устройство позволяет обеспечить симметрию области возбуждения в пространстве между гребнями для уменьшения влияния технологических погрешностей. После проведения соответствующей настройки развязка каналов во всем рабочем диапазоне не хуже -16 дБ, КСВН в диапазоне 5-14 ГГц не превышает 1,8:1, в диапазоне 3-16 ГГц не превышает 2,5:1 (рис. 4, 5). Полученные результаты согласуются с теоретическими выводами работы [6], где получены значения критической длины волны волновода с ребрами, сечение которого совпадает с сечением облучателя в точке возбуждения.

Для удовлетворения требованиям независимости каналов, центральные подводники коаксиального кабеля в зазоре для двух линейных поляризаций должны быть строго ортогональны, и, поэтому, пространственно разнесены вдоль оси облучателя. Смещение области возбуждения канала 1 приводит к подъему КСВН вблизи верхней границы рабочего диапазона. В целом, полученное значение КСВН удовлетворяет требованиям проекта.

4. Измерение основных рабочих характеристик облучателя

На рисунке 6 представлена схема измерения комплексной диаграммы направленности. В качестве передающей антенны применялся широкополосный рупор П6-126, адаптированный для работы в линейной поляризации. Для построения амплитудной и фазовой диаграммы использовался векторный анализатор цепей.

На рисунках 7 и 8 представлены диаграммы направленности в Н-плоскости (аналогичные результаты получены и для Е-плоскости) соответственно для шести частот рабочего диапазона. Измерение диаграммы направленности показало, что уровень боковых лепестков составляет менее -25 дБ и их измерение требует выполнения жестких требований к безэховости лабораторного помещения.

Измеренные характеристики диаграммы направленности в Е- и Н-плоскостях удовлетворяют техническому заданию и близки к соответствующим результатам расчета и моделирования. Ожидаемый коэффициент использования поверхности РТ-13 не менее 60%.

При разработке сверхширокополосного облучателя следует обращать внимание на зависимость положения фазового центра от частоты и его совмещения в Е- и Н- плоскостях. На рисунке 8 представлена фазовая диаграмма направленности в диагональной (-D) плоскости. Ось вращения облучателя совмещена с положением расчетного фазового центра. Если фазовый центр облучателя смещен, то наблюдается зависимость фазы от угла поворота облучателя. Как видно из графиков, данный облучатель имеет стабильный фазовый центр.

5. Заключение

Как показали проведенные теоретические и экспериментальные исследования, разработанные сверхширокополосные облучатели могут быть эффективно использованы в составе малых антенн РТ-13 для национальной радиоинтерферометрической сети нового поколения «КВАЗАР-КВО». Рабочий частотный диапазон облучателя, осуществляющего прием радиоизлучения двух ортогональных линейных поляризаций, составляет 3-18 ГГц. Ширина главного лепестка диаграммы направленности равна требуемой (около $\pm 65^\circ$ по уровню -16 дБ) и слабо зависит от частоты. Облучатель имеет стабильный фазовый центр и низкий уровень боковых лепестков диаграммы направленности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Petrachenko B., Niell A., etc. Design Aspects of the VLBI2010 System // Progress Report of the IVS VLBI2010 Committee. Greenbelt, Maryland, 2009.
2. Ипатов А. В. Радиоинтерферометр нового поколения для фундаментальных и прикладных исследований // Успехи физических наук.

2013. Т. 183. №7. С.769-777.

3. Akgiray A., Weinreb S., Imbriale W. Design and Measurements of Dual-Polarized Wideband Constant-Beamwidth Quadruple-Ridged Flared Horn // IEEE Antennas and Propagation International Symposium, Spokane, WA, July, 2011.

4. Роев А.А., Чернов В.К. Сверхширокополосный облучатель для РСДБ-сети малых антенн // IV всероссийская конференция «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» Тезисы докладов. – СПб.: ИПА РАН, 2015. – С.91.

5. Роев А.А., Чернов В.К. Сверхширокополосный облучатель радиотелескопа РТ-13 // Всероссийская радиоастрономическая конференция «Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии». Тезисы докладов. Пушино: Изд-во ПРАО АКЦ ФИАН, 2014. – С.67.

6. Иванов С.И., Роев А.А., Чернов В.К. Моделирование и оптимизация характеристик сверхширокополосного облучателя на основе четырех-гребневого расширяющегося рупора // Электроника и микроэлектроника СВЧ. Сборник статей IV Всероссийской конференции. Том 2. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. С.236 - 240.

ДОКЛАДЧИК:

Румянцев В. В.
Приглашенный лектор

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Дисперсия экситоноподобных электромагнитных возбуждений в неидеальной решетке микрорезонаторов

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Румянцев В. В.

ТЕЗИСЫ:

Разработка и использование новых материалов в качестве источников когерентного излучения представляют сегодня огромную область экспериментальных и теоретических исследований на стыке различных научных направлений: лазерной физики, физики конденсированного состояния, нанотехнологии, химии, а также информационных наук. При создании таких устройств приходится решать проблемы, связанные с формированием новых структур – поляритонных кристаллов, представляющих собой особый класс фотонных кристаллов, в которых реализуется сильная связь квантовых возмущений среды (экситонов) и оптического поля. В частности, такой поляритонной структурой может быть пространственно периодическая система связанных микрорезонаторов [1]. Интерес к изучению оптических мод в системе микрорезонаторов значительно вырос в последнее время в связи с созданием оптоэлектронных устройств [2,3]. Подчеркнем, что используемая поляритонная модель [4,5] атомно-оптического взаимодействия справедлива лишь в случае ультрахолодных атомов с «замороженными» в микрорезонаторе пространственными степенями свободы. Данное приближение оказывается справедливым, когда число атомов в отдельных ячейках относительно невелико ($N \leq 10^4$) [6]. Параметр g сильной связи атомно-оптического взаимодействия удовлетворяет условию $g \gg 2\pi/\tau_{coh}$, т. е. g в каждой ячейке решетки существенно больше обратного времени когерентности τ_{coh} атомно-оптической системы [7]. Физически, τ_{coh} есть время, необходимое для достижения термодинамического равновесия атомной системы, взаимодействующей с квантованным полем в структуре поляритонного кристалла.

Исходя из представлений о неидеальных фотонных структурах, развитых авторами ранее [8,9], в настоящей работе рассмотрен неидеальный поляритонный кристалл, как топологически упорядоченная система пор - связанных микрорезонаторов, содержащих атомарные кластеры – квантовые точки. Изучены особенности поляритонного спектра неидеальной двумерной решетки туннельно связанных микрорезонаторов, вызванные вариацией по составу и резонаторов, и атомарной подсистемы. Получена плотность состояний исследуемых квазичастиц. Показано, что введением в исследуемую систему определенных дефектов можно добиться необходимого изменения ее энергетической структуры, значительных изменений оптических свойств, обусловленных перенормировкой поляритонного спектра. В частности, присутствие точечных дефектов приводит к увеличению эффективной массы поляритонов, а, следовательно, к уменьшению (по сравнению с идеальным поляритонным кристаллом) их групповой скорости.

1. Vahala K.J. Nature. 424, 839 (2003).

2. Калигиевский М.А. Письма в ЖЭТФ. 23 74 (1997).

3. Голубев В.Г., Дукин А.А., Медведев А.В. и др. ФТП. 37 860 (2003).

4. Razezghi M., Technology of Quantum Devices. Springer, 2010. 569p.

5. Alodjants A.P., Barinov I. O., Arakelian S. M. J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 43, 095502 (2010).
6. Anglin J.R. and Vardi A. Phys. Rev., A 64, 013605 (2001).
7. V.A. Averchenko, A.P. Alodzants, S.M. Arakelyan, E.A. Vinogradov, E.S. Egorov, A.I. Stolyarov and I.A. Chekhonin Russ. J. Quantum Electron, 36, 532 (2006).
8. Rumyantsev V.V., Fedorov S.A., Gumennyk K.V., Sychanova M.V., Kavokin A.V. Nature. Scientific Reports 6 4, 6945 (2014).
9. Rumyantsev V.V., Fedorov S.A., Gumennyk K.V., Sychanova M.V. Physica B. 461, 32 (2015).

ДОКЛАДЧИК:

Русова Анастасия
Александровна
(Anastasia Rusova)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Измерение и численный расчет вольт-ваттной чувствительности прямого детектора терагерцового излучения на основе сверхпроводникового болометра на эффекте электронного разогрева в ультратонких пленках NbN
The numerical calculation of the current-voltage characteristics and voltage responsivity of the direct THz detection based on NbN hot-electron bolometers and comparison of results with the experimental data

ОРГАНИЗАЦИЯ:

1. Физический факультет,
Московский педагогический
государственный университет
(Moscow State Pedagogical
University)
2. Национальный
исследовательский университет
Высшая школа экономики
(National Research University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Русова Анастасия Александровна
(Anastasia Rusova)
Сергей Валерьевич Селиверстов
(Sergey Seliverstov)
Наталья Сергеевна Каурова
(Natalya Kaurova)
Борис Моисеевич Воронов
(Boris Voronov)
Григорий Наумович Гольцман
(Gregory Goltzman)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В работе представлены результаты численных расчетов и измерений вольт-ваттной чувствительности сверхпроводникового болометра на эффекте электронного разогрева в пленках NbN. Разработанная модель обеспечила хорошее согласование расчетов с экспериментальными данными.

Annotation

We report on the results of the numerical calculations and measurements of the superconducting hot-electron bolometer responsivity. The developed model provides a good agreement between the calculations and the experimental data.

Ключевые слова: терагерцовые детекторы; болометр на эффекте электронного разогрева; вольт-ваттная чувствительность

Keywords: Hot-electron bolometer, THz direct detector, voltage response

Введение

В последнее десятилетие терагерцовый частотный диапазон активно изучается в рамках самых передовых направлений современной науки и техники, в частности астрономии [1]. Например, сканирование в этом частотном диапазоне дает возможность обнаружения и исследования более далеких галактик [2], к нему частично относится реликтовое излучение, а также излучение холодных межзвездных облаков пыли пожилых галактик, что может дать нам информацию о происхождении Вселенной [3]. В то же время терагерцовое излучение используется во многих важных практических областях, связанных с системами безопасности, биологией, медициной и др. [4]. В частности, различные непроводящие материалы (бумага, одежда, картон, дерево, пластик, керамика) являются отчасти прозрачными для ТГц излучения. Кроме этого, некоторые взрывчатые и наркотические вещества имеют характерные ТГц спектры, которые могут использоваться для идентификации этих веществ. Отметим также, что ТГц излучение является безвредным для человека и может быть использовано в активных сканирующих системах.

Однако современные источники терагерцового излучения зачастую являются маломощными, характеризуются низкой стабильностью, сложностью в эксплуатации, а также являются дорогостоящими, что является проблемой использования терагерцового излучения. Это относится к источникам непрерывного терагерцового излучения, в то время как источники импульсного терагерцового излучения не имеют указанных недостатков. В то же время, системы, основанные на использовании импульсного терагерцового излучения, должны быть оснащены чувствительными и быстродействующими детекторами, позволяющими воспроизводить импульсы излучения без искажения их формы. В данной работе представлены результаты исследования температурной зависимости сопротивления болометра, экспериментально получены вольт-амперные характеристики и зависимость вольт-ваттной чувствительности детектора от напряжения смещения. Получено численное решение стационарного уравнения теплового баланса детектора, на основании которого произведен расчет вольт-амперных характеристик и

Рис. 1 - Фотографии детектора. На фотографии справа изображен чувствительный элемент болометра. На рисунке снизу представлена вертикальная структура слоев детектора

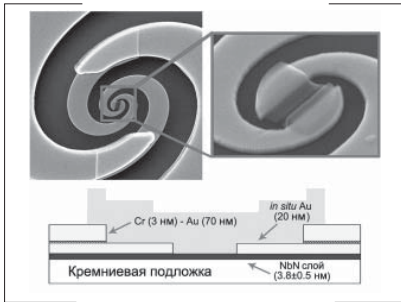


Рис. 2 - Температурная зависимость сопротивления детектора (слева); вольт-амперные характеристики детектора при различных температурах ванны (справа)

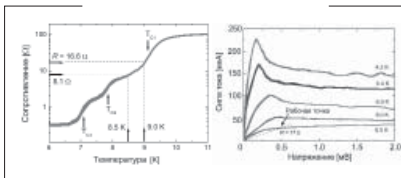
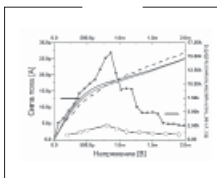


Рис. 4 - Результаты численных расчетов и экспериментальные данные



зависимости вольт-ваттной чувствительности детектора от напряжения смещения. Проведено научное сравнение результатов численных расчетов с экспериментальными данными.

Описание экспериментальной установки

Изучаемые в работе детекторы изготавливались из двуслойной структуры NbN (толщиной 4 нм)/Au (толщиной 20 нм), осажденной на поверхность подложки из высокоомного кремния по технологии *in situ* (без разрыва вакуума между нанесением слоев). Чувствительный элемент длиной 0.2 мкм и шириной 1.2 мкм интегрировался с планарной логарифмической спиральной антенной, для согласования с падающим излучением. На Рис. 1 представлены фотографии чувствительного элемента детектора, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Чип детектора приклеивался к плоской поверхности эллиптической линзы из высокоомного кремния диаметром 12 мм. Держатель с линзой фиксировался на холодной плате оптического гелиевого криостата с входным окном из полиэтилена высокой плотности толщиной 0.5 мм. Для фильтрации фонового излучения использовался ИК-фильтр Zitex-104, установленный на радиационном экране криостата. В эксперименте использовался маломощный криогенный усилитель, который подключался к детектору посредством широкополосного адаптера смещения. В качестве источника излучения использовались два черных тела при разных температурах. Лопасти механического модулятора устанавливались в фокус системы из двух параболических зеркал. Частота модуляции составляла 10 кГц. Сигнал с болометра регистрировался синхронным усилителем (Lock-In).

На Рис. 2 (слева) представлена зависимость сопротивления болометра от температуры в логарифмическом масштабе по вертикальной оси. Значение сканирующего тока в эксперименте не превышало 300 нА, что позволило исключить влияние так называемого саморазогрева болометра.

На графике четко выражены три сверхпроводящих перехода: первый при температуре 9.2 К соответствует переходу собственно чувствительного элемента болометра, два других наблюдаются при температурах 7.8 и 7.0 К и возникают вследствие эффекта близости между слоем сверхпроводника NbN и слоями нормального металла Au различной толщины. На Рис. 2 (справа) представлено семейство вольт-амперных характеристик детектора, полученных при различных значениях температуры ванны.

В точке на вольт-амперной характеристике, соответствующей максимальному измеренному значению отношения сигнал-шум, измеренное значение вольт-ваттной чувствительности составило 2500 В/Вт.

Теоретический анализ был основан на численном решении одномерного уравнения теплового баланса [5]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T_e}{\partial x} \right) + p_{dc} + p_{rf} - p_{es} = 0 \quad (1)$$

где k - коэффициент теплопроводности (определялся из закона Видемана-Франца), p_{dc} - тепловая мощность тока на единицу длины, p_{es} - тепловой поток в подложку, p_{rf} - мощность падающего излучения на единицу длины болометра.

Используя данный подход, мы получили температурные профили чувствительного элемента болометра при различных значениях тока смещения и температуры ванны. Используя полученные профили и экспериментальную зависимость сопротивления болометра от температуры, мы рассчитали сопротивление чувствительного элемента детектора при различных значениях температуры ванны вблизи критической. Используя эти данные, были рассчитаны вольт-амперные характеристики без излучения и под воздействием излучения мощности 2 нВт. Из полученных вольт-амперных характеристик рассчитывалось значение вольт-ваттной чувствительности при различных токах смещения.

Результаты численных расчетов вместе с экспериментальными данными представлены на Рис. 4. Отметим, что расчетные вольт-амперные характеристики (красная и синяя сплошные линии на рисунке) хорошо согласуются с измеренной экспериментально (черная пунктирная линия на рисунке). При этом расчетные значения вольт-ваттной чувствительности при различных токах смещения (фиолетовая линия) отличаются от измеренных экспериментально (черная линия) приблизительно в 6 раз.

Расхождение в численном расчете и экспериментальном значении вольт-ваттной чувствительности объясняется оптическими потерями в компонентах детекторной системы, а также с неидеальным согласованием между детектором и падающим излучением и неидеальным согласованием

между радиационным сопротивлением планарной логарифмической спиральной антенны и импедансом чувствительного элемента болометра на частоте падающего излучения [6].

Заключение

В данной работе были представлены экспериментальные данные и численные расчеты вольт-амперных характеристик без излучения и под воздействием излучения заданной мощности, а также вольт-ваттной чувствительности прямого терагерцового детектора на основе сверхпроводникового болометра на эффекте электронного разогрева при различных значениях напряжения смещения. Полученные результаты будут использованы для оценки энергетического разрешения исследованных в работе детекторов. Реальное практическое применение исследуемого в работе детектора продемонстрировано на примере детектирования импульсов ТГц излучения, генерируемых методом оптического выпрямления в периодически поляризованном кристалле LiNbO₃ [7], а также при изучении эффекта генерации разностной частоты в кристалле GaSe [8].

Благодарности

Данная работа частично поддержана Грантом Президента РФ по поддержке ведущих научных школ, государственный контракт № НШ-1918.2014.2, а также Грантом Министерства Образования и Науки РФ, государственный контракт № 14.B25.31.0007.

Литература

1. Кардашев Н. С. и др. Обзор научных задач для обсерватории Миллиметрон //Успехи физических наук. – 2014. – Т. 184. – №. 12. – С. 1319-1352.
2. Blain A. W. et al. Submillimeter galaxies //Physics Reports. – 2002. – Т. 369. – №. 2. – С. 111-176.
3. Siegel P. H. et al. Terahertz technology //IEEE Transactions on microwave theory and techniques. – 2002. – Т. 50. – №. 3. – С. 910-928.
4. Siegel P. H. Terahertz technology in biology and medicine //Microwave Symposium Digest, 2004 IEEE MTT-S International. – IEEE, 2004. – Т. 3. – С. 1575-1578.
5. Barends R. et al. Current-induced vortex unbinding in bolometer mixers // Applied Physics Letters. – 2005. – Т. 87. – №. 26. – С. 263506.
6. Seliverstov S. et al. Fast and Sensitive Terahertz Direct Detector Based on Superconducting Antenna-Coupled Hot Electron Bolometer //Applied Superconductivity, IEEE Transactions on. – 2015. – Т. 25. – №. 3. – С. 1-4.
7. Тучак А. Н. и др. Генерация терагерцовых импульсов наносекундной длительности методом оптического выпрямления //Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2012. – Т. 96. – №. 2. – С. 97-101.
8. Angeluts A. A. et al. Compact 1.64 THz source based on a dual-wavelength diode end-pumped Nd: YLF laser with a nearly semiconfocal cavity //Laser Physics Letters. – 2014. – Т. 11. – №. 1. – С. 015004.

- обеспечение систем типа ГЛОНАС
- обеспечение диспетчерской службы управления полетами аэропортов
- обеспечение диспетчерской службы управления крупных авиасоединений
- обеспечение мобильной телефонии с передачей видеоинформации
- обеспечение центров сбора и обработки метеоинформации в режиме он-лайн.

Проф. Сидоренко Анатолий Сергеевич

Prof. Dr. Anatoli Sidorenko

Director of Institute of Electronic Engineering and
Nanotechnologies AS RM

Academiei 3/3, Kishinev MD2028 Moldova

Tel 37322-737092; FAX 37322-727088

e-mail: anatoli.sidorenko@kit.edu

http://nano.asm.md

ДОКЛАДЧИК:

Солоха Владимир
Владимирович
(Solokha Vladimir)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Изучение срыва плазменного разряда в токамаке T-10 с использованием массивного газового напуска.

Investigation of disruption of plasma discharge in T-10 tokamak using massive gas injection

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Санкт-Петербургский
Политехнический Университет
(Saint-Petersburg
Polytechnic University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Солоха Владимир Владимирович
(Solokha Vladimir)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

В данной работе срывы исследуются с помощью массивного напуска аргона из клапана с варьированием расстояния от сопла до плазмы, исследовалась зависимость характерных времён эволюции срыва и влияние на генерацию убегающих электронов и механизм срыва. Обнаружено, что данные зависимости имеют пороговый эффект и проявляются при достижении клапаном отметки в 220 мм, при расположении клапана дальше от плазмы стремительно падает количество генерируемых убегающих электронов и растёт время срыва.

Annotation

In this paper disruptions studied by a massive argon injection using valve with a variative distance from nozzle to plasma, we investigated the dependence of the characteristic time, of the evolution of disruption, the runaway electron generation and the mechanism of disruption. It was found that these dependences have a threshold effect and it occurs, when the valve marks 220 mm from the plasma amount of generated electrons rapidly decreases and duration of disruption increases.

Ключевые слова: управляемый термоядерный синтез, токамак, T-10, срыв, массивный газовый напуск, убегающие электроны, МГД

Keywords: controlled nuclear fusion, tokamak, T-10, disruption, massive gas injection, runaway electrons, MHD

Срывы разряда представляют собой серьёзную проблему в крупных токамаках, особенно для ITER и будущих реакторов. Срывы возникают вследствие развития неустойчивостей и/или невозможности удержания плазменного шнура. Малые характерные времена высвобождения тепловой и электромагнитной энергии плазмы ведут к соответствующим крайне высоким нагрузкам на компоненты установок, взаимодействующие с плазмой.

У срывов можно выделить две стадии: тепловой срыв и токовый срыв. Во время теплового срыва наиболее опасны неравномерные тепловые потоки на компоненты, обращённые к плазме, которые ведут к перегреву, а во время токового срыва наблюдаются большие механические нагрузки на проводящие элементы и развитие пучков убегающих электронов, которые могут в местах своего выхода на стенку камеры локально её расплавить.

Является актуальным дальнейшее изучение срывов с целью разработки методики их предотвращения или смягчения. Для решения этой задачи можно применять массивный газовый напуск. Для смягчения последствий срывов был предложен ряд способов, в одном из них изотропность тепловых нагрузок на компоненты, обращённые к плазме, достигается с помощью интенсивной газовой инжекции. Ранее было показано, что при достаточно большой концентрации газовая струя существенно проникает в плазму [1]. Для создания газовой струи использовался подвижный газовый клапан, присоединённый к нижнему патрубку токамака, и расстояние варьировалось

Рис. 1 - Клапан

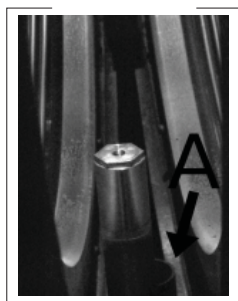


Рис. 2 - Характерные времена развития срыва при массивной газовой инжекции

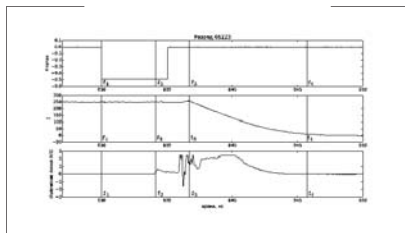


Рис. 3

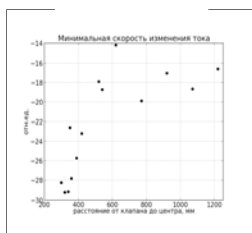


Рис. 4

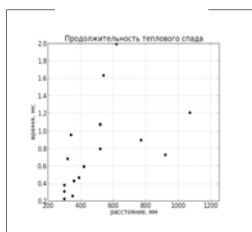


Рис. 5

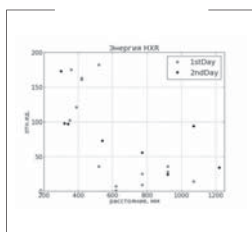
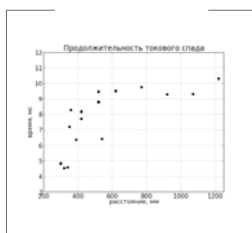


Рис. 6



от 1220 до 300 мм до центра плазменного шнура. Клапан работал с аргонем давлением до 3 атм. Задержка между запускающим импульсом и открытием клапана составляла 2.4 мс. Возможность перемещения клапана относительно границы плазмы делает данную систему уникальной, т.к. подобной возможностью сканирования по расстоянию от плазмы не обладает ни одна система массивной газовой инжекции. Используя это преимущество, в экспериментах была измерена зависимость развития срыва от положения сопла клапана относительно границы плазмы. В экспериментах срыв происходил по предельной плотности и из-за генерации МГД возмущений инжектируемой струей.[2] Можно выделить два типа положений клапана относительно плазмы: в ближней к плазме зоне – сопло вне трубы («А» см. рис. 1) и в дальней от плазмы зоне – сопло погружено в трубу. В проведенных нами экспериментах, были исследованы различные временные зависимости (см. рис.2.).

Была исследована зависимость токового срыва от положения клапана. Результаты измерений, представленные на рис.3 показывают зависимость скорости спада тока во время токового срыва от положения клапана массивной газовой инжекции относительно границы плазмы.

Из графика видно, что чем дальше клапан от плазмы, тем медленнее спадает ток во время срыва. Зависимость имеет два характерных участка. В ближней области – расстояние от клапана до плазмы не больше малого радиуса плазменного шнура – зависимость сильная. Приближение клапана в ближней области на 1 см к плазме увеличивает скорость спада тока на почти 750 А/с. В дальней области зависимость слабая. Приближение клапана в дальней области на 1 см к плазме увеличивает скорость спада тока всего на 5 А/с, т.е. в 150 раз слабее, чем в ближней области. Пороговое изменение зависимости от расстояния происходит на характерном расстоянии около 520мм, которое является границей патрубка, через который клапан вводится в камеру токамака.

Аналогичное поведение и у продолжительности теплового спада (см. рис.4). Это вызвано фронтом газовой струи, который становится менее резким по мере удаления клапана от границы плазмы.

Мы использовали показания датчиков жёсткого рентгена для того, чтобы фиксировать наличие пучков убегающих электронов и таким образом судить об эффективности их гашения. Как мы можем наблюдать на рис. 5., при расположении клапана в ближней области, генерация убегающих электронов достаточно велика, а в дальней области она резко снижается. Это можно объяснить, уменьшением продолжительности токового спада (см. рис.3,6), по мере приближения клапана к плазменному шнуру, при этом растёт напряжение обхода, начинается генерация электронов по механизму Драйсера и механизму генерации убегающих электронов из числа, образующих хвост распределения[4]. При низких токах и температурах, в разрядах токамака Т-10, лавинный механизм[3] слабо проявлен.

Основным механизмом генерации убегающих электронов является механизм генерации убегающих электронов из числа, образующих хвост распределения, по оценкам для токамака Т-10. В то время, как Драйсеровская генерация вызвана диффузией электронов в область убегания в фазовом пространстве, то она имеет место на протяжении всего разряда. А вот генерация по механизму горячего хвоста возникает именно во время срыва, он становится существенным в тех случаях, когда время теплового спада становится меньше, чем обратная частота столкновений при скорости электронов равной пороговой скорости убегания. Механизм обуславливается тем фактом, что частота столкновений падает с увеличением скорости, соответственно высокоэнергетичным электронам из хвоста изначального распределения, которое подобно максвелловскому, нужно больше времени, чтобы отдать свою энергию основной массе частиц, поэтому образуется достаточно значительный горячий хвост. В то же время, из-за остывания основной массы проводимость плазмы падает и возникает значительное индуцированное поле, которое в свою очередь вызывает падение пороговой скорости убегания, если время теплового спада становится меньше чем обратная частота столкновений при этой скорости, то электроны, находящиеся в хвосте распределения, оказываются в фазовой области убегания.

Также, имеется гипотеза о том, что при изменении положения клапана изменяется характер срыва, то есть при расположении сопла в «ближней» зоне срыв возникает из-за того, что холодный фронт достигает магнитной поверхности с $q=2$ и возбуждает колебания моды $n=2/m=1$, которые являются причиной срыва, а при расположении сопла в «дальней» зоне срыв возникает из-за того, что газ начинает переизлучать большое количество энергии, из-за чего плазма срывается раньше, чем возбуждаются МГД-неустойчивости. Для проверки данной гипотезы требуется фиксация

момента достижения поверхности $q=2$ холодным фронтом. Таким образом, чтобы рассмотреть проникновение газа в плазму было решено воспользоваться численным моделированием.

По данным моделирования было определено, что граница сверху времени достижения холодным фронтом поверхности $q = 2$ равно: $t = 1 - 4$ мс. Экспериментальные значения в «дальней» зоне равны 1.5 мс, а в «ближней» порядка 700 мкс. Таким образом, время за которое газ возмущает МГД-неустойчивости в плазме составляет порядка 1-2 мс, за это время возможно переизлучение всей тепловой энергии запасённой в плазме (см. рис.4.5.), основываясь на этом можно заключить, что эти процессы проходят одновременно, а изменение энергии, регистрируемой на диагностике HXR, в зависимости от расстояния до плазмы, связано лишь с тем, что из-за изменения формы струи изменяется площадь поверхности в момент контакта с плазмой.

Эффект аномального подавления убегания электронов[5] является причиной того, что пучки плохо сформированы, и появляются в незначительных количествах при нахождении клапана в дальней зоне. После того, как клапан перемещается всё дальше в дальнюю область от плазмы, спад тока уже не изменяется по длительности и эволюция напряжения обхода не меняется. Поэтому можно сделать вывод, что более мягкий срыв инициируется при удалённом от плазмы расположении клапана.

Выводы:

Для инициирования срыва, можно рекомендовать, расположение клапана вдали от плазменного шнура, а для смягчения, ранее инициированного срыва, клапан в ближней зоне лучше, так как он эффективнее подавляет пучки убегающих электронов.

Эволюция срыва зависит от положения клапана, и с его помощью возможно контролировать продолжительность срыва.

Структура газовой струи сильно влияет на поведение плазмы после инжекции, в особенности её фронт и скорость в радиальном направлении.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Rozhansky V. et al Penetration of supersonic gas jets into a tokamak. Nuclear Fusion 46, 2006, 367-382
2. Дрёмин М.М. и др. Влияние напуска благородных газов на срыв разряда в токамаке T-10. ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез, 2012, 58-70
3. Parks P.B. et al Avalanche runaway growth rate from a momentum-space orbit analysis Physics of plasmas 6, 1999, 2523-2528
4. Smith H.M. Hot tail runaway electron generation in tokamak disruptions. Physics of plasmas 15, 2008, 072502
5. Granetz R. et al An ITPA joint experiment to study threshold conditions for runaway electron generation and suppression IAEA FEC, 2014, EX/5-1

ДОКЛАДЧИК:

Храмцов Евгений Сергеевич
(Evgeniy S. Khramtsov)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Санкт-Петербургский
Государственный Университет
(Saint Petersburg State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Храмцов Евгений Сергеевич
(Evgeniy S. Khramtsov)

Белов Павел Алексеевич
(Pavel A. Belov)

Григорьев Филипп Сергеевич
(Philipp S. Grigoryev)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Прямое численное решение уравнения Шредингера для экситонов в
квантовых ямах

Direct numerical solution of the Schroedinger equation for excitons in quantum
wells

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Численно решалось уравнение Шредингера для экситонов в прямоугольной квантовой яме. Из волновой функции экситона и его энергии находилась энергия связи и скорость радиационного распада экситона. Эти данные сравнивались с экспериментальными результатами.

Annotation

Schroedinger equation for the exciton in a rectangular quantum well was solved numerically.

The exciton binding energy and the radiative decay rate of the exciton was calculated according to the wave function and exciton energy. Computed data were compared with the experimental results.

Ключевые слова: экситон; квантовые ямы; уравнение Шредингера; энергия связи; скорость радиационного распада

Keywords: exciton; quantum wells; Schroedinger equation; binding energy; radiative decay rate)

Задача об экситоне в квантовой яме привлекает внимание исследователей уже не одно десятилетие [1]. С одной стороны гетероструктуры с квантовыми ямами (КЯ) выращиваются и экспериментально исследуются, начиная с середины 70-х годов прошлого века. Технология выращивания, прежде всего, молекулярно-пучковая эпитаксия всё время совершенствуется, что позволяет получать структуры очень высокого качества и изучать все более тонкие эффекты [2]. С другой стороны, задача об экситоне в КЯ не имеет аналитического решения. Существуют различные приближения, пригодные для узких и широких КЯ, в рамках которых исходная шестимерная задача может быть сведена к одномерной. Такой подход, однако, не описывает поведение экситонов в КЯ промежуточной ширины, для которых ни одно из известных приближений не работает. Прямое численное решение уравнения Шредингера является основным способом описания экситона в КЯ различной ширины.

В настоящей работе, мы представляем результаты численного решения уравнения Шредингера для экситонов в КЯ с вырожденной валентной зоной. Экситон в квантовой яме описывается уравнением Шредингера с гамильтонианом

$$H = T_e + T_h - \frac{e^2}{\varepsilon|r_e - r_h|} + V_e(r_e) + V_h(r_h). \quad (1)$$

Здесь индексы e и h отвечают, соответственно, электрону и дырке. Мы ввели кинетический оператор для электрона, T_e , и для дырки, T_h , относительное расстояние между электроном и дыркой, $|r_e - r_h|$, заряд электрона, e , диэлектрическую постоянную, ε . Потенциалы КЯ, $V_{e,h}$, являются прямоугольными. В нашей работе, мы рассматриваем только экситоны с тяжёлой дыркой [1]. Частичное разделение переменных (по двум координатам) и цилиндрическая симметрия задачи позволяет свести исходное шестимерное уравнение Шредингера к трёхмерной задаче в координатах (z_e, z_h, ρ) . Мы представляем искомую волновую функцию в виде $\chi(z_e, z_h, \rho) / \rho$, для того, чтобы перейти к задаче с нулевым граничным условием при $\rho = 0$. Решаемая задача определяется уравнением [3]

$$\left(K - \frac{e^2}{\varepsilon\sqrt{\rho^2 + (z_e - z_h)^2}} + V_e(z_e) + V_h(z_h) \right) \chi(z_e, z_h, \rho) = E_x \chi(z_e, z_h, \rho) \quad (2)$$

где оператор кинетической энергии

$$K = -\frac{\hbar^2}{2m_e} \frac{\partial^2}{\partial z_e^2} - \frac{\hbar^2}{2m_h} \frac{\partial^2}{\partial z_h^2} - \frac{\hbar^2}{2\mu} \left(\frac{\partial^2}{\partial \rho^2} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \right) \quad (3)$$

m_e – масса электрона, m_h – масса дырки по оси z, $\mu = m_e m_{hy} / (m_e + m_{hy})$ — приведённая масса в плоскости (x,y), а m_{hy} – масса дырки в этой плоскости. Аналитическое решение данного уравнения невозможно, а приближённое – затруднено ввиду проникновения волновой функции в барьер при используемых конечных потенциалах $V_{e,h}$. В нашей работе, уравнение Шредингера (2) решается численно, и энергия, E_x , и соответствующая волновая функция вычисляются для

КЯ различных ширин и нескольких материалов слоя и барьера КЯ. Для этой цели мы аппроксимировали производные в уравнении (2) методом конечных разностей четвертого порядка на равномерных сетках по каждой из трех переменных. Дискретизация задачи на сетке ведет к достаточно большой, несимметричной и разреженной матрице. Типичный размер матрицы порядка 10^6 , поэтому мы сохраняем в памяти только ненулевые матричные элементы.

Диагонализация такой матрицы является трудной задачей, однако, небольшая часть спектра может быть получена. Используя алгоритм Арнольди [4], мы вычислили низжайшее собственное значение матрицы и соответствующую собственную функцию. Точные значения изучаемых величин получены путем экстраполяции результатов расчетов, при шаге сетки стремящейся к нулю. Полученные данным методом результаты сравниваются с результатами вариационного подхода [5].

Мы применяем описанные численные алгоритмы для решения уравнения Шредингера с материальными параметрами для квантовых ям $GaAs / Al_xGa_{1-x}As$, которые активно исследуются в современных экспериментах. Выбранные параметры [5, 6], в частности, моделируют типичное отношение глубин потенциала в гетероструктуре $GaAs / Al_{0.3}Ga_{0.7}As$: $V_e / V_h \approx 2$. В модели мы пренебрегаем различием масс электронов и дырок в яме и в барьере, а также разницей диэлектрической проницаемости [7].

Энергия связи экситонов, R_x , определяется энергией основного состояния экситона, E_x , относительно энергии свободных электрона (E_e) и дырки (E_h) в КЯ: $R_x = E_e + E_h - E_x$, которая характеризует энергию кулоновского взаимодействия электрона и дырки в КЯ с потенциалом V_e и V_h , соответственно. Энергии E_e и E_h получены из решения соответствующих одномерных уравнений Шредингера для электрона и дырки в КЯ [8].

Прямые микроскопические расчеты энергии связи экситона были проведены для различных ширин КЯ $GaAs / Al_{0.3}Ga_{0.7}As$. Концентрация алюминия, $x = 0.3$, была выбрана в соответствие с концентрацией алюминия в типично выращиваемых гетероструктурах.

Рисунок 1 показывает энергию связи экситона, R_x , полученную из микроскопических расчетов и вариационного подхода [5], в зависимости от толщины КЯ. Результаты двух методов совпадают с точностью 0.1 мэВ для КЯ шириной $L \geq 2.5$ нм. Таким образом, оба метода могут быть успешно использованы для определения энергии связи экситона. Интересно, что максимальная энергия 9.71 мэВ достигается путем прямого численного решения при ширине КЯ около 3 нм.

Экситон-фотонное взаимодействие характеризуется, как правило, либо скоростью радиационного распада, либо силой осциллятора [9, 10, 11, 12]. Скорость радиационного распада, Γ_0 , характеризует затухание электромагнитного поля, излучаемого экситоном после импульсного возбуждения: $E(t) = E(0)\exp(-\Gamma_0 t)$. Последовательная теория экситон-фотонного взаимодействия представлена, например, в монографии Е.Л. Ивченко [9]. Эта теория дает следующее выражение для Γ_0 :

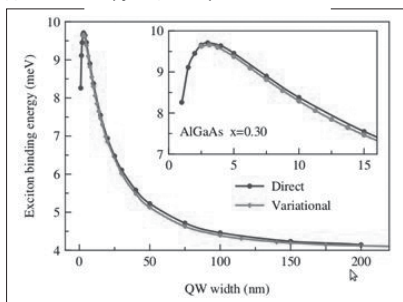
$$\Gamma_0 = \frac{2\pi q}{\hbar \epsilon} \left(\frac{e |p_{cv}|}{m_0 \omega_0} \right)^2 \left| \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(z) \exp(iqz) dz \right|^2, \quad (4)$$

где $q = \sqrt{\epsilon \omega} / c$ — волновой вектор света, ω_0 — резонансная частота экситона. Параметр $|p_{cv}|^2 = m_0 E_p / 2$, где $E_p = 28.8$ эВ для $GaAs$ [6]. Функция $\Phi(z) \equiv \chi(z = z_e = z_h, \rho = 0) / \rho$. Мы вычислили Γ_0 , используя выражение (4), для КЯ $GaAs / Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ шириной от 1 нм до 300 нм. В расчетах, частота экситонного резонанса ω_0 рассчитывается, используя значение запрещенной зоны $E_g = 1.520$ для $GaAs$ [9].

Рисунок 2 показывает вычисленную скорость радиационного распада в энергетических единицах, $\hbar \Gamma_0$, в зависимости от ширины КЯ. Видно, что скорость радиационного распада достигает своего максимума при ширине КЯ около 130 нм, что примерно соответствует половине длины волны света в материале КЯ и, тем самым, максимальному перекрытию волновой функции экситона $\Phi(z)$ и световой волны, см. формулу (4). При уменьшении ширины КЯ, Γ_0 также уменьшается из-за уменьшения интеграла перекрытия. Для узких КЯ, однако, Γ_0 растет при уменьшении ширины, что коррелирует с увеличением энергии связи экситона (ср. с рис. 1). Таким образом, мы можем предположить, что этот максимум Γ_0 вызван сжатием волновой функции экситона в узких квантовых ямах потенциалом КЯ, что приводит к увеличению вероятности найти электрон и дырку в одной и той же точке ($z_e = z_h$ и $\rho = 0$). Между этими максимумами присутствует минимум Γ_0 при ширине КЯ около 30 нм, что соответствует двум радиусам экситона. Наличие такого минимума ранее указали Йотти и Андреани [13].

Мы также сравнили наши результаты с двумя простыми приближениями:

Рис. 1 - Энергия связи экситона R_x , вычисленная прямым численным решением уравнения (2) (синяя кривая) и вариационного метода [5] (красная кривая) для КЯ, как функция ширины ямы.



экситоном в объемном полупроводнике для широких КЯ и двумерным экситоном в узких КЯ [9]. Обе аппроксимации показаны на рисунке 2. Волновая функция экситона в объемном полупроводнике дается как

$$\psi(Z, r) = \sqrt{\frac{2}{\pi a_B^3 L^*}} \cos\left(\frac{\pi}{L^*} Z\right) \exp\left(-\frac{r}{a_B}\right) \quad (5)$$

где r - расстояние между электроном и дыркой, $L^* = L - 2L_d$ является эффективной шириной КЯ, где L — физическая ширина КЯ и L_d - ширина мертвого слоя [14, 15, 16]. Определение мертвого слоя иллюстрируется на вставке рисунка 2(б). Подставляя волновую функцию (5) в уравнение (4), можно вычислить скорость радиационного распада в КЯ с бесконечными барьерами и постоянным мертвым слоем $L_d = 14.23$ нм, см. пунктирную кривую на рис. 2(а). Видно, что это приближение является приемлемым для КЯ с шириной $L \geq 140$ нм.

Лучшее приближение зависимости $\Gamma_0(L)$ может быть достигнуто при использовании переменного мертвого слоя [17]. Он показан кривой на рисунке 2(б). Это позволяет точнее аппроксимировать $\Gamma_0(L)$ в диапазоне $L > 80$ нм, см. рис. 2(а). Зеленой кривой показана аппроксимация, полученная в модели двумерного экситона в узкой КЯ.

В заключение, численное решение уравнения Шредингера для экситона в КЯ позволило получить энергию связи и константу радиационного затухания как функцию ширины ямы в диапазоне 1 – 300 нм. Сделано сравнение полученных значений с результатами приближенной модели [5], а также приближения узких и широких КЯ.

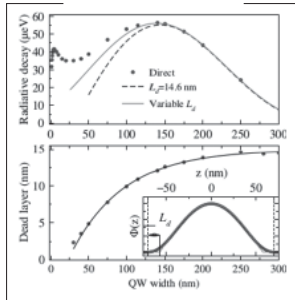
Благодарности

Министерство образования и науки Российской Федерации (договор 11.G34.31.0067). Исследования были проведены с использованием вычислительных ресурсов Ресурсного Центра “Вычислительный центр СПбГУ” (<http://cc.spbu.ru>).

Литература

1. E. S. Khramtsov et al., arXiv: 1508.00480 (2015).
2. A. V. Trifonov et al., Phys. Rev. B. 91, 115307 (2015).
3. G. Bastard, E. E. Mendez, L. L. Chang, L. Esaki, Phys. Rev. B 26, 1974 (1982).
4. D.C. Sorensen, R.B. Lehoucq and P. Vu, ARPACK: an implementation of the Implicitly Restarted Arnoldi iteration that computes some of the eigenvalues and eigenvectors of a large sparse matrix, (1995).
5. B. Gerlach, J. Wuesthoff, M. O. Dzero, M. A. Smondyrev, Phys. Rev. B 58, 10568, (1998).
6. I. Vurgaftman et al., J. Appl. Phys. 89, 5815 (2001).
7. M. Kumagai and T. Takagahara, Phys. Rev. B 40, 12359 (1989).
8. J. H. Davies, The physics of low-dimensional semiconductors, (Cambridge University Press, Cambridge, 1998).
9. E. L. Ivchenko, Optical spectroscopy of Semiconductor Nanostructures, // Springer-Verlag, Berlin, 2004.
10. R. Knox, Theory of excitons (Academic press, New York, (1963).
11. L. C. Andreani, Sol. St. Commun. 77, 641 (1991).
12. D. S. Citrin, Phys. Rev. B. 47, 3832, (1993).
13. R. C. Iotti, L. C. Andreani, Phys. Rev. B. 56, 3922, (1997).
14. A. D'Andrea and R. Del Sole, Phys. Rev. B 25, 3714, (1982).
15. A. Tredicucci et al., Phys. Rev. B 47, 10348 (1993).
16. E. V. Ubyivovk, et al. Phys. Solid State 51, 1929 (2009) [Fiz. Tverd. Tela 51, 1818 (2009)].
17. D. Schiumarini, N. Tomassini, L. Pilozi, A. D'Andrea, Phys. Rev. B 82, 075303 (2010).

Рис. 2 - Скорость радиационного затухания в энергетических единицах, как функция ширины КЯ.



ДОКЛАДЧИК:

Чернышев Борис
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование поверхности и строения грунта луны методами дистанционного радиолокационного зондирования

ОРГАНИЗАЦИЯ:

СКБ ИРЭ им. В.А.
Котельникова РАН

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Чернышев Борис

ТЕЗИСЫ:

Луна и окололунное космическое пространство занимают важное место в космических исследованиях. Луна является приоритетным объектом для исследований с помощью автоматических космических средств.

Существуют проекты, в которых Луна рассматривается как объект хозяйственной деятельности: с ней связан один из возможных путей решения проблем энергетического кризиса. Например, применение гелия-3 в термоядерном синтезе для будущей энергетики. Наиболее возможный метод исследования поверхности и подповерхностного слоя грунта Луны - радиолокационное зондирование [1].

В ходе проведения радиолокационных экспериментов по проекту «Луна-Ресурс» могут быть выполнены следующие задачи:

- исследование внутренней структуры грунта Луны;
- обнаружение и идентификация вкраплений крупных пород и пустот;
- оценка величины диэлектрической проницаемости лунного грунта и толщины слагающих его пород;
- локализация мест аккумуляции грунта с повышенной проводимостью, свидетельствующей о наличии в грунте повышенного содержания гелия;
- исследование крупномасштабной структуры шероховатости поверхности и подповерхности с целью дальнейшего выбора мест создания лунных баз;
- регистрация электромагнитного излучения в окололунном пространстве.

Для проведения радиолокационных экспериментов на борт перелётно-космического аппарата устанавливается многоцелевой радиофизический комплекс дистанционного зондирования «РЛК-Л», который состоит из двух радиолокаторов (Радар-20 и Радар-200) [2].

Комплекс «РЛК-Л» функционирует в трёх режимах локации:

- активной, бистатической (для этого используются сигналы, излучаемые мощным наземным передатчиком на несущей частоте Радара-20, при отключённом бортовом передатчике),
- пассивной (регистрация электромагнитного излучения в окололунном пространстве при отключённых передатчиках).

Анализ поверхности и подповерхностной структуры Луны проводится на основе информации, содержащейся в отражённых от поверхности и подповерхностных слоёв сигналах, по параметрам которых можно судить, как о координатах объекта отражения, так и его физических характеристиках (структуре, диэлектрических свойствах и др.).

Зондирование в диапазоне от 17,5 до 22,5 МГц (Радар-20) позволит определить структуру слоёв грунта Луны до глубин в несколько километров. В диапазоне 175 – 225 МГц (Радар-200) предполагается исследовать неоднородности поверхности и детализировать распределение диэлектрических характеристик верхних пластов на глубинах до десятка метров. На рис. 1 представлена схема радиолокационного зондирования Луны.

Для получения одномоментной съёмки поверхности с разным пространственным разрешением функционирование Радара-20 и Радара-200 организовано в единой циклограмме [3] попеременно с минимально возможным временем переключения между ними.

В формировании отражённого сигнала участвует приповерхностный слой грунта значительной толщины, со всеми внутренними границами между неоднородными диэлектрическими средами, такими как реголит – базальт, лёд – грунт. За счёт интерференции волн, отражённых от поверхности и подповерхностной границы, спектр отражённого сигнала приобретает осциллирующий вид. Период и амплитуда осцилляций, положение минимумов и максимумов функции зависят от диэлектрической проницаемости сред и глубины границы между ними.

Опыт разработки, создания и эксплуатации радаров подповерхностного зондирования, как в земных, так и в космических исследованиях, показывает, что радиолокационное подповерхностное зондирование может быть эффективным инструментом, предназначенным для изучения внутренней структуры грунта и подстилающей поверхности, поиска и оценки состояния объектов, скрытых толщей лунного покрова.

Результаты эксперимента предполагается использовать для

дальнейшего освоения Луны с целью организации межпланетной телерадиокommunikационной связи для будущих экспедиций, выбора посадочных мест космических аппаратов и возможности добычи лунных полезных ископаемых.

Библиографический список:

1. Смирнов В.М., Юшкова О.В., Марчук В.Н., Абрамов В.В., Кылинский Ю.Ф., Ляхов Ю.Н. Проект «Луна-Глоб»: радиолокационное зондирование грунта Луны // Радиотехника и электроника. 2013. Т. 58, № 9. с. 926-934
2. Смирнов В.М. Материалы для научной программы проведения эксперимента по зондированию поверхности и грунта Луны. (№ ФИРЭ/РЛК-Л/2011-1) // 2011г.
3. Арманд Н.А., Смирнов В.М., Марчук В.Н., Юшкова О.В., Абрамов В.В., Лифанцев Б.С. Радиолокационный комплекс РКЛ - Л в проекте «Луна-Глоб»: научные задачи и технические характеристики // III Всероссийская научная конференция «Сверхширокополосные сигналы в радиолокации, связи и акустике», 2010г.

ДОКЛАДЧИК:

Шеремет Александра
(Alexandra Sheremet)
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Квантовая память для света в атомной системе
Quantum memory for light in an atomic system

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Российский Квантовый Центр
(Russian Quantum Center)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Шеремет Александра
(Alexandra Sheremet)

ТЕЗИСЫ:

Физика квантовой информации – новая стремительно развивающаяся область науки, главной целью которой является использование фундаментальных законов физики для передачи, обработки и хранения информации. Как и в классической теории информации квантово-информационная емкость представляется в условных единицах измерений, называемых кубитами. Кубит, являясь квантовым аналогом классического бита информации, может быть описан двумя состояниями $|0\rangle$ и $|1\rangle$, которые могут соответствовать, например, различным состояниям спина ($|1\rangle$ соответствует спину $1/2$, а $|0\rangle$ – спину $-1/2$), состояниям поляризации (вертикальная и горизонтальная поляризации) и др. В отличие от классической теории, в соответствии с принципом неопределенности Гейзенберга, в квантовой теории некоммутирующие наблюдаемые не могут одновременно иметь точно определенные значения, и измерение одной наблюдаемой неизбежно влияет на результат последующего измерения, если эти величины не коммутируют. Следовательно, процесс получения информации о физической системе неизбежно возмущает ее состояние. В классической физике не существует такого ограничения. Другим важным свойством квантового состояния, не существующим в классическом мире, является, то что оно может быть представлено в виде суперпозиции, что существенно расширяет возможности квантового мира по сравнению с классическим.

Возрастающий интерес к физике квантовой информации обусловлен постоянно расширяющимися возможностями практических применений. Квантовая криптография, квантовая телепортация, возможность наблюдения и манипуляция отдельными атомами – все это объекты и явления, относящиеся к квантовому миру. Однако эффективность и расстояние, на которое удастся реализовать эти приложения, относительно невысоки. Создание надежных систем квантовой памяти позволяет значительно расширить возможности экспериментальных исследований в этой интенсивно развивающейся области физики.

В настоящее время предложено несколько физических реализаций схем квантовой памяти, основанных на взаимодействии света с веществом. Квантовая память может быть представлена в виде некоторого физического устройства, которое в результате взаимодействия позволяет сохранить квантовое состояние, а затем через контролируемый промежуток времени восстановить его в первоначальном виде. Обычно в разрабатываемых протоколах квантовой памяти свет предполагается носителем квантовой информации, а долгоживущие метастабильные состояния – ячейками памяти.

Рассмотрение фотонов в качестве носителя информации связано с их уникальными свойствами. Во-первых, фотоны могут быть легко изолированы от окружения и, таким образом, обеспечить унитарность эволюции квантового состояния. Во-вторых, свет может быть приготовлен в различных квантовых состояниях и надежно воспроизводиться в эксперименте. Тем не менее, значительным недостатком является тот факт, что распространение фотонов со скоростью света значительно сокращает время доступа к его квантовому состоянию, что приводит к декогеренции

квантовых процессов и, как следствие, потере информации. Благодаря большому времени жизни метастабильных состояний, щелочные атомы являются хорошими кандидатами для реализации ячейки квантовой памяти. Квантовое состояние света может быть записано на состояние атомной системы как при комнатной температуре, так и при низких температурах порядка нескольких микро-Кельвин.

В данной лекции я расскажу о протоколе квантовой памяти, основанном на эффекте электромагнитной индуцированной прозрачности.

ДОКЛАДЧИК:

Янкин Сергей Сергеевич
(Yankin Sergey Sergeevich)
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Взаимодействие поверхностных акустических волн с неоднородностями, сравнимыми с длиной волны. Применение в современных системах радиочастотной идентификации
Interaction of surface acoustic waves with inhomogeneities comparable with the wavelength. Application in modern radiofrequency identification systems

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Саратовский государственный
университет им. Н.Г.
Чернышевского
(Saratov State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Янкин Сергей Сергеевич
(Yankin Sergey Sergeevich)

ТЕЗИСЫ:

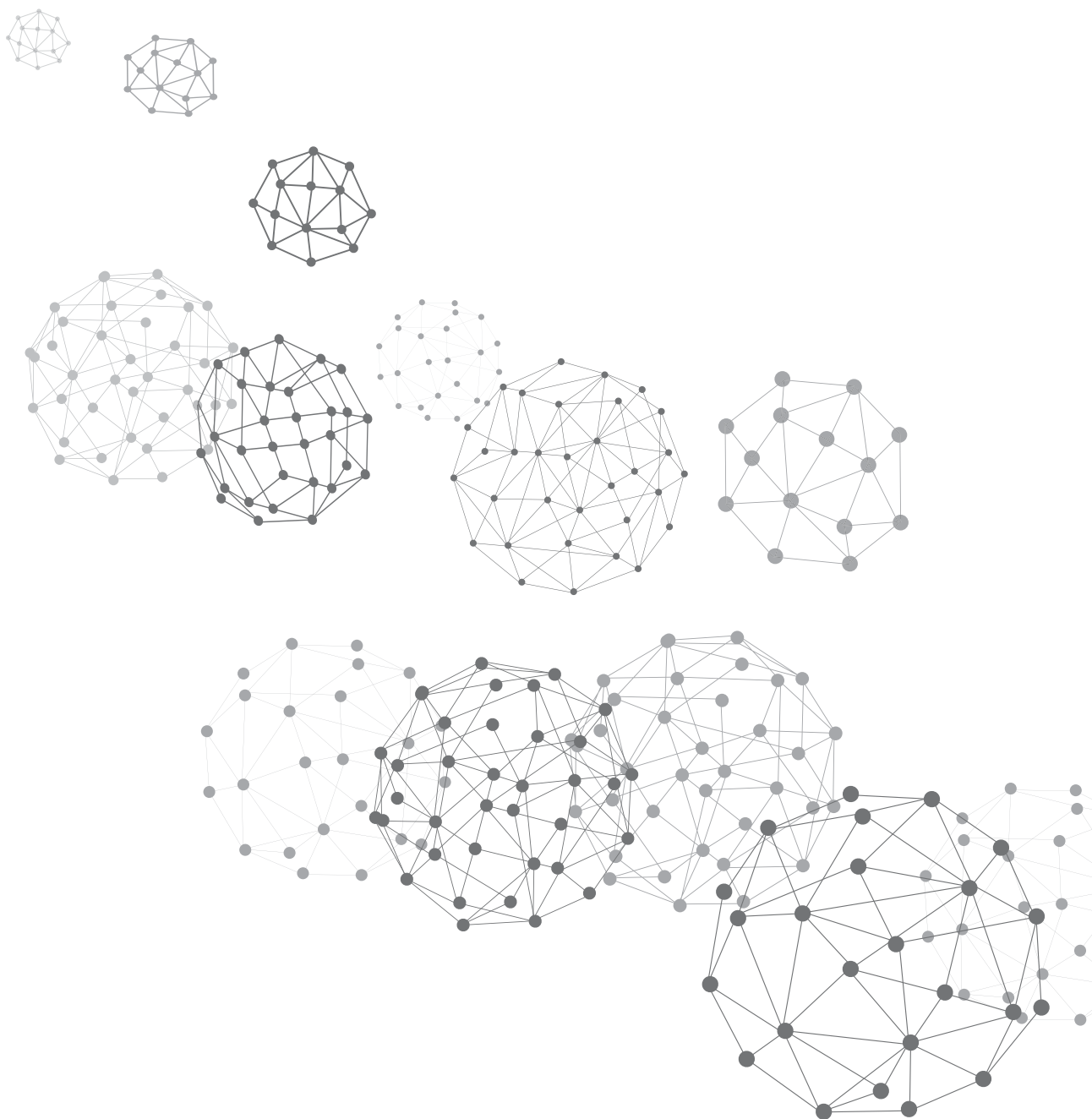
ПАВ и устройства на их основе находят широкое применение в радиоэлектронике, мобильной связи, радиочастотной идентификации, навигации, радиолокации, сейсмологии, а также в медицине.

Важную роль при проектировании акустоэлектронных устройств имеет изучение полей рассеяния, возникающих при взаимодействии ПАВ с периодическими топографическими неоднородностями на поверхности кристалла, образующими либо встречно-штыревые преобразователи (ВШП), либо отражательные структуры (ОС). Аналитические решения получены предположении малого отношения толщины неоднородности к длине волны. В СВЧ диапазоне длина волны ПАВ (≈ 1 мкм) становится сравнимой с толщиной металлических электродных структур, поэтому рассеяние ПАВ в этом диапазоне на топографических неоднородностях поверхности кристалла требует подробного изучения для учета при разработках устройств на ПАВ, и поэтому для решения задачи о полях рассеяния ПАВ необходимо использовать различные численные методы. Среди них МКЭ позволяют учитывать реальную геометрию электродов и отражателей, что не удается сделать в рамках аналитических методов.

Результаты этих исследований могут быть использованы для определения геометрических параметров поверхностных неоднородностей, при которых минимизируются потери на рассеяние ПАВ в объемные акустические волны (ОАВ), а также для управления коэффициентом отражения от ОС не только изменением высоты отражателей, но и изменением их ширины, что имеет важное значение для создания устройств в СВЧ диапазоне, в частности для проектирования радиочастотных идентификационных меток (РИМ) на ПАВ.

Дальнейшее развитие данной работы возможно в направлении исследования новых структур с поверхностными неоднородностями для реализации новых принципов кодирования и распознавания радиосигналов в системах радиочастотной идентификации, использующих радиочастотные идентификационные метки на ПАВ, и конструкций радиочастотных меток, обеспечивающих антиколлизонную защиту при одновременном опознавании близко расположенных объектов, что позволит создать системы автоматического скрытного контроля хранения и/или перемещения больших потоков изделий и предметов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Федеральной целевой программы "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы (Соглашение № 14.574.21.0061).



ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ДОКЛАДЧИК:

Бермешев Максим Владимирович
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Синтез высокопроницаемых стеклообразных полимеров

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГБУН Ордена Трудового
Красного Знамени Институт
нефтехимического синтеза
им. А. В. Топчиева РАН

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Бермешев Максим Владимирович

ТЕЗИСЫ:

В докладе будут представлены подходы к направленному синтезу высокопроницаемых стеклообразных полимеров, разработанные за последнее десятилетие научными группами в России и в других странах. Среди рассматриваемых классов полимеров (рис. 1) планируется обсудить поли(дифенилацетилены), полимеры с внутренней микропористостью, термически-перегруппированные полимеры и кремнийсодержащие политрициклононы, полученные впервые и изученные в России. Особое внимание будет уделено взаимосвязи между строением полимера и его свойствами, в частности коэффициентами газопроницаемости. Рассматриваемые классы полимеров на настоящий момент являются самыми высокопроницаемыми полимерами, обладают большой удельной поверхностью и характеризуются большой величиной доли свободного объема. Разработанные методы синтеза полимеров позволяют получать широкий набор структур, содержащие основные цепи и боковые заместители требуемой природы. Систематические исследования данных классов полимеров позволили выявить важные для направленного макромолекулярного дизайна корреляции между строением и газоразделительными свойствами соответствующих полимеров.

ДОКЛАДЧИК:

Ботвин Владимир Викторович
(Botvin Vladimir Victorovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Синтез и физико-химические свойства циклического диэфира молочной кислоты и полимера на его основе для создания биоразлагаемых имплантатов медицинского назначения

Synthesis and physico-chemical properties of cyclic diester of lactic acid and polymer based on it for creation of biodegradable implants in medicine

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный
исследовательский Томский
государственный университет,
химический факультет
(National research Tomsk State
University, chemical faculty)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Ботвин Владимир Викторович
(Botvin Vladimir Victorovich)

Гордеева Ольга Сергеевна
(Gordeeva Olga Sergeevna)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Изучено влияние типа катализатора и его количества, молекулярной массы олигомеров молочной кислоты на выход и чистоту лактида. Получен полилактид с молекулярной массой более 100000 г/моль. Впервые показано существование таутомеров лактида в растворе.

Annotation

The influence of catalyst type and its amount, molecular weight of oligomer of lactic acid on the yield and purity of lactide are studied. Polylactide with molecular weight more than 100000 g/mol is produced. The first illustration of lactide tautomers existence in the solution are demonstrated.

Ключевые слова: органический синтез; циклические диэфиры оксикарбоновых кислот; лактид; полилактид; таутомерия; полимеризация с раскрытием цикла; поликонденсация.

Keywords: organic synthesis, cyclic diesters of oxycarboxylic acids; lactide; polylactide; tautomerism; ring-opening polymerization; polycondensation.

В настоящее время огромное внимание уделяется развитию производства полимеров на основе гидроксикарбоновых кислот, в частности – полимолочной кислоты (полилактиду – ПЛ). ПЛ используется для создания шовного материала, оболочек лекарств пролонгированного действия, производства разлагаемой одноразовой посуды и плёнки [1].

ПЛ получают как прямой поликонденсацией молочной кислоты, так и путем полимеризации её циклического диэфира – лактида [1]. Однако, синтез высокомолекулярного ПЛ поликонденсацией молочной кислоты затруднен вследствие обратимости данной реакции. В связи с этим огромный интерес представляют исследования, касающиеся синтеза лактида и получения ПЛ на его основе.

Целью настоящей работы является разработка способов получения лактида высокой степени чистоты, способов его полимеризации и исследование некоторых свойств биоразлагаемых полимеров на его основе. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1) синтез олигомеров молочной кислоты и изучение влияния типа катализатора и его количества, молекулярной массы олигомеров молочной

кислоты на чистоту и выход лактида;

2) квантово-химическое моделирование и экспериментальное исследование таутомеризации лактида;

3) разработка синтеза полилактида с ММ более 100 000 г/моль для создания биоразлагаемых имплантатов на его основе.

В работе проводили синтез олигомеров молочной кислоты (ОМК) в ротационном испарителе путем поликонденсации 80%-ого водного раствора *l*-молочной кислоты, как в присутствии катализатора *p*-толуолсульфокислоты, так и без него, при температуре 130-180°C и давлении 500-100 мбар в течение 5 часов.

Для изучения влияния типа катализатора на выход и чистоту лактида его синтез проводили в условиях каталитической (на 4 выбранных катализаторах) и термической циклизации. Исходные ОМК обладали следующими свойствами: $\overline{M}_w = 630$ г/моль, $\overline{M}_n = 630$ г/моль, $\overline{X}_n = 9$ и $D = 1,7$. Для катализаторов циклизации анализировали площадь удельной поверхности и фазовый состав. Результаты пяти синтезов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты синтеза лактида-сырца

N	m(олигомера), г	Тип катализатора	m(кат.), г	m(сырца), г	Выход сырца, %	Содержание лактида в сырце, %
1	50	ZnO	0,5	45,26	90,5	77,6
2	50	Sb ₂ O ₃	0,5	47,92	95,8	73,9
3	50	Al ₂ O ₃	0,5	35,52	71,0	54,0
4	50	CaAl ₂ O ₄	0,5	36,15	72,3	59,9
5	50	–	–	34,89	69,8	52,1

Образцы полученного лактида-сырца очищали двукратной перекристаллизацией из этилацетата, содержание лактида в образце после второй перекристаллизации определяли методом ВЭЖХ. Выходы и содержание образцов лактида после двух перекристаллизаций представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты перекристаллизации образцов лактида-сырца

N	m(сыр-ца), г	Кат-р	m(Л) после V1, г	m(Л) после V2, г	Выход лактида после V1, %	Выход лактида после V2, %	Чистота лактида после V2 (ВЭЖХ), %
1	45,26	ZnO	26,55	19,11	53,10	38,23	99,2
2	47,92	Sb ₂ O ₃	28,00	19,36	56,00	38,72	97,6
3	35,52	Al ₂ O ₃	10,13	6,04	20,26	12,08	96,9
4	36,15	CaAl ₂ O ₄	10,24	5,17	20,47	10,34	97,7
5	34,89	–	5,64	2,65	11,27	5,29	96,7

Учитывая растворимость лактида в этилацетате, равную при 23°C 24 г/100 мл, в ходе перекристаллизации низкие выходы наблюдали для синтезов в присутствии оксида алюминия и алюмината кальция, а также в случае некаталитической циклизации. Потери могут быть обусловлены образованием в этих условиях за счет реакции рацемизации мезо-лактида, имеющего высокую растворимость в этилацетате.

Таким образом, по результатам экспериментов можно заключить, что оксид цинка является наиболее эффективным катализатором циклизации олигомеров молочной кислоты, позволяющий получить лактид с чистотой >99%. Величина площади удельной поверхности катализаторов не влияет на выход и чистоту лактида, которые главным образом зависят от типа (природы) катализаторов.

Для изучения влияния ММ ОМК в ходе синтеза лактида использовали олигомеры с различным значением ММ, описанные ранее. Полученные образцы анализировали методами ВЭЖХ и ЯМР ¹H спектроскопии. Результаты экспериментов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Экспериментальные данные по выходу и чистоте лактида в зависимости от ММ

ММ, г/моль	$\overline{X}_n$	Выход лактида-сырца, %	Выход лактида после очистки, %	Массовая доля лактида-сырца, %	Массовая доля лактида после очистки, %
600	8	68,2	21,1	83,6	99,2
1100	15	93,9	36,0	85,2	98,9
2200	30	88,4	26,5	77,5	97,9
3500	48	18,4	5,1	74,3	97,0

Наибольшие выход и чистота лактида отмечали при его синтезе из ОМК с ММ 1100 г/моль. При больших и меньших значениях ММ выходы и чистота уменьшались, что может быть связано со стерическими затруднениями и отсутствием комплементарности между молекулами ОМК и катализаторов.

Для изучения влияния количества катализатора ZnO на выход и чистоту лактида синтез проводили из ОМК, свойства которого описаны ранее.

Таблица 5 – Выход и чистота лактида после перекристаллизации

N	$\omega(\text{ZnO}), \%$	m (сырца), г	m (лактида) после V1, г	Выход лактида после V1, %	m (лактида) после V2, г	Выход лактида после V2, %	Содержание лактида (ВЭЖХ), %
1	0,1	47,31	28,65	57,30	21,37	42,74	96,38
2	0,5	45,23	25,86	51,72	18,71	37,42	98,66
3	1	44,44	25,18	50,36	17,84	35,68	96,85
4	2	41,56	20,84	41,68	13,71	27,42	96,69
5	5	42,06	21,09	42,18	13,68	27,36	95,80

Рис. 1 – Расчетные спектры таутомерных форм молекулы лактида

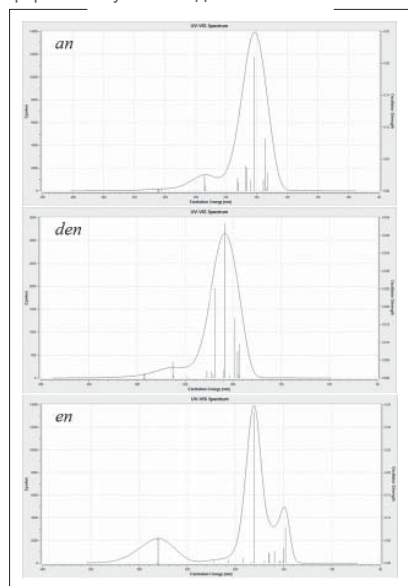


Рис. 2 – Обзорный спектр полос поглощения таутомерных форм лактида и природа их переходов

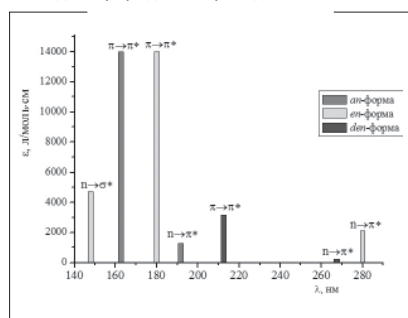
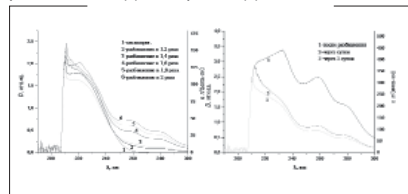


Рис. 3 – УФ-спектры раствора лактида в ТГФ (С~10-2 моль/л) при разбавлении (а) и старении (б)



Синтез вели в присутствии 0,1, 0,5, 1, 2 и 5 масс.% ZnO. Очистку проводили также двукратной перекристаллизацией из этилацетата. Результаты эксперимента представлены в таблице 5.

Наибольшие выход наблюдали при синтезе лактида в присутствии 0,1 масс.% оксида цинка, а максимальную чистоту – в образце лактида, полученного в присутствии 0,5 масс. % катализатора.

В процессе исследования лактида как мономера для полимеризации, мы предположили, что он может вступать в реакцию таутомеризации с образованием ещё 2 таутомерных форм: енольной (en) и диенольной (den). Определить это было крайне необходимо, поскольку различные формы могут влиять на механизм полимеризации с раскрытием цикла.

Доказательство проводили с помощью квантово-химических расчетов в программном пакете Gaussian 09 (теоретически рассчитывали УФ-спектры растворов лактида) и на основании экспериментальных данных УФ-спектроскопии растворов лактида в ТГФ. Причем, экспериментально полученные УФ-спектры раствора лактида в ТГФ сравнивали с расчётными. Расчётные спектры таутомерных форм лактида, а также обзорный спектр полос поглощения таутомерных форм представлены на рисунках 1 и 2, соответственно. УФ-спектры регистрировали растворов лактида с концентрацией ~10-2 моль/л и для растворов, разбавленных в 1,2, 1,4, 1,6, 1,8 и 2 раза. Для раствора лактида, разбавленного в 2 раза, регистрировали УФ-спектр с течением времени. УФ-спектры данных растворов представлены на рисунке 3. При добавлении ТГФ отмечали появление полос поглощения, соответствующих $n \rightarrow \pi^*$ - переходам en- и den-форм лактида в области 260-280 нм, оптическая плотность которых увеличивалась с течением времени. Такая закономерность может быть связана с тем, что при добавлении ТГФ в раствор лактида происходит смещение равновесия за счет образования водородных связей и стабилизации den-формы 8-ми электронным π -сопряжением в сторону енолизации ангидридной формы.

Полимеризацию лактида проводили в ротационном испарителе в присутствии октоата олова и лаурилового спирта в качестве катализатора и сокатализатора, соответственно, при температуре 170°C в течение 5 часов. ММ полученного полимера определяли методом вискозиметрии в хлороформе. Для определения величины ММ использовали уравнение Марка-Куна-Хаувинка для ПЛ:

$$[\eta] = 5,45 \cdot 10^{-4} M_v^{0,73}$$

Средневязкостная ММ синтезированного ПЛ составила 90000 г/моль (≥ 100000 г/моль в пересчете на среднемассовую ММ).

Выводы

Разработан способ получения лактида высокой чистоты и полилактида на его основе как полимерной составляющей биоразлагаемых имплантатов медицинского назначения.

При олигомеризации молочной кислоты без катализатора и в присутствии 1,3 и 5 масс % п-ТСК молекулярная масса ОМК увеличивается линейно.

Для получения лактида с чистотой 99% необходимо использовать в качестве катализатора циклизации ZnO (0,1-0,5 масс %) и ОМК с молекулярной массой 1100-2200 г/моль. При этом величина площади удельной поверхности катализатора не влияет на выход и чистоту лактида. В растворе в ТГФ молекулы лактида способны таутомеризоваться с образованием 3-х форм. При разбавлении раствора и его старении содержание енольных и диенольных форм растёт.

Найдены условия получения полилактида с ММ более 100 000 г/моль.

Исследование проведено при поддержке Лаборатории каталитических исследований НИ ТГУ, Лаборатории трансляционной клеточной и молекулярной биомедицины НИ ТГУ. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта Российского фонда фундаментальных исследований РФФИ # 15-08-05496_a.

Список использованной литературы

1. Jamshidian M. Poly-Lactic acid: production, applications, nanocomposites and release studies / M. Jamshidian, E. Tehrany, M. Imran et al. // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2010. – Vol.9. – P. 552-571.

ДОКЛАДЧИК:

Бычков Алексей Леонидович
Член экспертной группы

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Институт химии твердого тела
и механохимии СО РАН

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Бычков Алексей Леонидович

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Сколько стоит моя технология или путь от идеи до внедрения

ТЕЗИСЫ:

В лекции будет изложен опыт, полученный мной и коллегами при организации малых инновационных предприятий, запуске пилотных линий. Будут даны основные «инструкции» по ведению прикладных научных исследований, взаимодействию с инвесторами, технологами, специалистами по патентному праву.

ДОКЛАДЧИК:

Ваганов Роман Александрович
(Vaganov Roman Aleksandrovich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Сибирский федеральный
университет
(Siberian Federal University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Ваганов Роман Александрович
(Vaganov Roman Aleksandrovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Технология выделения угольного пека
The technology allocation of coal tar pitch

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Разработана технология получения пека для анодов алюминиевой промышленности из угля путем его терморастворения минуя стадию высокотемпературной обработки. Полученные образцы угольного пека соответствуют требованиям ГОСТ 10200-83.

Annotation

The technology of the pitch for the anode aluminum industry from coal by thermal dissolution of its bypassing the stage of high-temperature processing. The resulting samples of coal tar pitch correspond to the requirements of GOST 10200-83.

Ключевые слова: пек; анод; терморастворение угля; однократная перегонка; пекосодержащий экстракт.

Keywords: pitch; anode; thermal dissolution of coal; a single distillation; extraction pekosoderzhzhaschy.

В последнее десятилетие для алюминиевой промышленности остро стоит проблема замещения каменноугольного пека другими видами альтернативного связующего. Это связано с дефицитом производства металлургического кокса, побочным продуктом получения которого является каменноугольная смола – сырьё для производства каменноугольного пека.

Существует два принципиальных направления в этой области:

- использование тяжелых нефтяных остатков;
- прямое получение связующего пека из углей, минуя стадию коксования по традиционной технологии.

Исследования по использованию тяжёлых нефтяных остатков, в качестве сырья для получения связующего вещества проводятся с 90-х годов прошлого столетия. Созданы промышленные установки для получения нефтяного пека, однако широкого распространения эта технология не получила. Нефтяной пек имеет благоприятные экологические свойства, но не обладает требуемыми реологическими и электропроводными характеристиками. Возникает необходимость организации производства угольного пека непосредственно из каменного угля нетрадиционными способами.

Мировой опыт по газификации, ожижению углей ограничивается целями получения моторных топлив. Задача получения связующего для электродов почти никогда не стояла. В тех немногих опытах, которые проводились для получения пека, использовали технологию терморастворения углей.

Целью работы является получение угольного пека из пекосодержащего продукта, полученного путем терморастворения угля марки ГЖ в среде антраценового масла при 380°C в течение 1 часа.

Области применения результатов выполняемого проекта находятся в сфере расширения сырьевой базы производства анодной массы, улучшение и стабилизация качества связующего, используемого для производства анодной массы и, как следствие, повышение технико-экономических показателей производства, при снижении техногенного воздействия на окружающую среду.

Для выделения пека из пекоподобного продукта терморастворения разработана технология однократной перегонки. Перегонка производится с использованием лабораторной установки для перегонки в атмосфере азота при остаточном давлении 50 мм. рт. ст. Перегонка ведется до температуры 250°C. Время изотермической выдержки 10 минут.

Выход угольного пека, полученного из терморастворённого угля, в первую очередь зависит от условий вакуумной перегонки и находится в пределах 60-70%. Выход пека полученного традиционным способом коксования угля составляет в среднем всего 4% от сырья. Отсюда видно, что значительно более эффективным методом получения пека является процесс терморастворения угля.

Полученное по предложенной технологии вещество – угольный пек – представляет собой твердую при комнатной температуре массу черного цвета, на изломе имеющего металлический блеск; визуально – аналог каменноугольного пека.

Определены основные показатели качества различных образцов угольного пека, полученные образцы характеризуются температурой размягчения от 89 до 120°C [5], вещества нерастворимые в толуоле от 35 до 45% [6], выход летучих веществ 59 – 70% [7], зольность от 0,2 до 0,6% [8]. Характеристики полученного угольного пека соответствуют пеку каменноугольному электродному по ГОСТ [4]. В дальнейшем, для улучшения характеристик пекового продукта, планируется разработка технологии его наномодифицирования. Решение задачи получения наноструктурированной пековой матрицы, обладающей улучшенными (по сравнению с немодифицированной) технологическими свойствами, влияющими на качество коксово-пековой композиции на технологических стадиях ее приготовления и последующей термической обработки приведет к улучшению эксплуатационных характеристик углеродных конструкционных материалов, а также к уменьшению количества технологических стадий производства углеродных материалов, т. е. экономии энерго- и сырьевых ресурсов.

В результате проведенной работы разработана технология производства угольного пека, способного стать аналогом традиционному каменноугольному пеку. Преимущество технологии состоит в том, что в качестве сырья используются доступные в промышленных масштабах угли марок Г и ГЖ, простота аппаратного оформления производства, отсутствие катализаторов, высокий выход продукта.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», Мероприятие 1.3 «Проведение прикладных исследований, направленных на создание опережающего научно-технологического задела для развития отраслей экономики» (Соглашение о предоставлении субсидии от 05.06.2014 г. № 14.578.21.0005, уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI 57814 X 0005).

Список используемой литературы

1. Головин Г.С., Малолетнев А.С. Комплексная переработка углей и повышение эффективности их использования, Каталог-справочник. - М.: НТК «Трек», - 2007. 292 с.
2. Забавин В.И. Каменные и бурые угли М.: Наука. 1964. 195 с..
3. Малолетнев А.С., Кричко А.А., Гаркуша А.А. Получение синтетического жидкого топлива гидрогенизацией углей. -М: Недра, 1992.- 129 с.
4. ГОСТ 10200-83 Пек каменноугольный электродный. Технические условия. –Взамен ГОСТ 10200-73. Введ. 01.01.1985 – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1998. – 8 с.
5. ГОСТ 9950-83 Пек каменноугольный. Метод определения температуры размягчения. –Введ. 01.07.1984 – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1998. – 11 с.
6. ГОСТ 7847-73 Пек каменноугольный. Метод определения массовой доли веществ, нерастворимых в толуоле. – Введ. 01.01.1975 – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1997. – 8 с.
7. ГОСТ 9951-73 Пек каменноугольный. Метод определения выхода летучих веществ. – Введ. 01.01.1975 – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1998. – 4 с.
8. ГОСТ 7846-73 Пек каменноугольный. Метод определения зольности. – Введ. 01.01.1975 – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1997. – 8

ДОКЛАДЧИК:

Водорезова Ольга Юрьевна
(Vodorezova Olga Yuryevna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный исследовательский
Томский государственный
университет (НИ ТГУ)
(National Research Tomsk
State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Водорезова Ольга Юрьевна
(Vodorezova Olga Yuryevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Бифункциональные катализаторы получения диметилового эфира из CO и H₂
Bifunctional catalysts for synthesis of dimethyl ether from synthesis gas

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Бифункциональные катализаторы синтеза диметилового эфира были приготовлены методом гомогенного смешения порошков метанольного и дегидратирующего компонентов катализатора и исследованы методами БЭТ, РФА и ТПР.

Annotation

Bifunctional catalysts were prepared by physically mixing the powders. The catalytic systems was evaluated in the development of STD process (synthesis gas to dimethyl ether) and characterized by XRD,TPR, BET surface area techniques.

Ключевые слова: диметиловый эфир; метанол; катализатор; синтез-газ.

Keywords: dimethyl ether; methanol; catalyst; synthesis gas.

Диметиловый эфир (ДМЭ) это полезное сырье в химической промышленности для получения многих химических веществ. Используется в качестве аэрозольного пропеллента вместо хлорфторуглеродов и известен как альтернативное экологически чистое дизельное топливо и/или добавка к топливу с низким выхлопом оксидов серы и азота, близким к нулю дымообразованием и низким уровнем шума двигателя, по сравнению с использованием традиционного топлива [1, 2].

Актуальной остается проблема эффективной переработки углеводородного сырья в ключевые продукты химического синтеза, а также в экологически чистые моторные топлива. Важным считается направление экологизации транспорта, обеспечение устойчивых тенденций замещения традиционных видов моторного топлива за счет применения диметилового эфира и других альтернативных экологически чистых видов моторного топлива, таких как биодизельное топливо, этанол, природный газ. В настоящий момент диметиловый эфир входит в перечень приоритетных и критических видов продукции с точки зрения импортозамещения и национальной безопасности. Доля отечественной продукции в потреблении составляет всего 7%.

Каталитический синтез диметилового эфира из CO и H₂ привлекает внимание многих ученых и промышленников. Поиск эффективного катализатора является актуальной задачей. Промотирование катализаторов металлами является эффективным способом изменения их свойств и структуры для повышения активности и селективности в целевых процессах. Интенсивно развивается прямой способ получения ДМЭ из синтез-газа (STD-процесс) на катализаторах, содержащих 2 типа центров: металлические (основные) для синтеза метанола и кислотные для дегидратации метанола [3, 4].

Целью работы был синтез и изучение структурных и морфологических особенностей бифункциональных катализаторов синтеза диметилового эфира, исследование взаимодействия метанола с поверхностью полученного бифункционального катализатора.

Катализаторы синтеза метанола (CuZnAl, CuZnAlCr, CuZnAlZr) были получены в ИК СО РАН (г. Новосибирск) методом совместного осаждения из растворов солей металлов. В качестве кислотного катализатора для синтеза ДМЭ из синтез-газа использован цеолит HZSM-5, т. к. он обладает большей кислотностью по сравнению с Al₂O₃ и наличие воды не снижает его каталитической активности [4, 5]. Бифункциональные катализаторы синтеза диметилового эфира были получены методом физического смешения порошков компонентов катализатора с последующим с формированием гранул.

Синтезированные бифункциональные катализаторы были исследованы в STD-процессе и показали каталитическую активность в совмещенном процессе получения ДМЭ.

Изучение пористой структуры и определение удельной поверхности образцов проводили по адсорбции азота при 77 К на автоматическом газо-адсорбционном анализаторе TriStar II (3020) (Micromeritics, USA) с использованием методов BJH (Barett-Joyner-Halenda) и Брунауэра, Эммета, Теллера (БЭТ). Фазовый состав образцов до и после каталитических испытаний исследовали методом рентгенофазового анализа (РФА) на дифрактометре Rigaku Miniflex 600 с использованием CuKα-излучения с монохроматором.

Синтезированные катализаторы обладали достаточно развитой поверхностью с преобладанием мезопор. Промотированные бифункциональные катализаторы имели равное значение площади удельной поверхности 135 м²/г, средний объем пор 0,2 см³/г и размер пор 7 нм. Катализатор не содержащий добавок показал меньшее значение площади удельной поверхности (121 м²/г) по сравнению с катализаторами,

Рис. 1 - а) ТПД-спектр десорбции метанола с поверхности трех образцов: CuZnAlCr, HZSM-5 и CuZnAlCr + HZSM-5; б) масс-спектр десорбции метанола с поверхности CuZnAlCr ($\text{H}_2\text{O } m/z = 18$, $\text{H}_2 m/z = 2$, $\text{CO } m/z = 28$, $\text{CO}_2 m/z = 44$, $\text{CH}_3\text{OH } m/z = 32$, $\text{CH}_3\text{O } m/z = 31$)

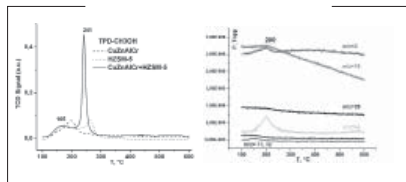
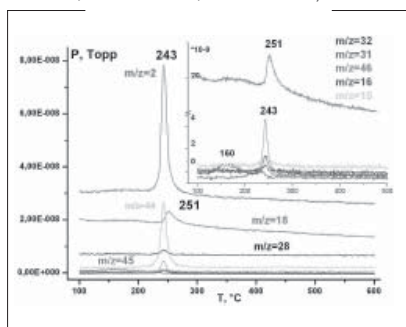


Рис. 2 - Масс-спектр десорбции метанола с поверхности БФК. ($\text{H}_2 m/z = 2$, $\text{H}_2\text{O } m/z = 18$, $\text{CO } m/z = 28$, $\text{CO}_2 m/z = 44$, $\text{CH}_3\text{OH } m/z = 32$, $\text{CH}_3\text{O } m/z = 31$, $\text{CH}_3\text{OCH}_3 m/z = 46$, $\text{CH}_3\text{OCH}_2 m/z = 45$, $\text{CH}_3 m/z = 15$, $\text{CH}_4 m/z = 16$)



содержащими хром и цирконий и обладал большим размером пор. В ходе катализа произошло восстановление оксидов меди до металлического состояния в катализаторе, что было подтверждено данными РФА и сопровождалось уменьшением площади поверхности образцов. По результатам рентгенофазового анализа в полученных бифункциональных системах обнаружено преобладание фазы цеолита ZSM-5 и оксида цинка ZnO (цинкит), также присутствует фаза CuO (тенорит). После проведения катализа на дифрактограммах идентифицирована фаза меди, полученная при восстановлении оксида меди в процессе предобработки катализатора и в реакционной среде.

Для изучения характера взаимодействия метанола с поверхностью катализатора был выбран образец CuZnAlCr + HZSM-5. Исследование выполняли на анализаторе химической и физической сорбции AutoChem 2950 HP (Micromeritics, USA), совмещенном с квадрупольным масс-спектрометром UGA-300 (Stanford research system, USA).

На ТПД-спектре после адсорбции метанола с поверхности катализатора синтеза метанола (рисунок 1) наблюдался интенсивный пик с температурой максимума 197°C. По данным масс-спектрометрического анализа продукты десорбции содержали метанол (плечо при 157°C, набор $m/z = 32, 31, 2, 28, 18, 16, 15, 45$), обусловленный десорбцией физически адсорбированного метанола и CO_2 , H_2O , H_2 – пик с $T_{\text{макс.}} = 200^\circ\text{C}$.

Источником образования CO_2 и H_2 являлся метанол, который химически адсорбировался и разложился на поверхности медьсодержащего катализатора в условиях температурно-программируемой десорбции. Согласно литературным данным, источником CO_2 могут быть альдегидные и форматные комплексы, образующиеся при химической адсорбции метанола [6-8].

При изучении характера взаимодействия метанола с поверхностью катализатора HZSM-5 обнаружено, что вначале выделялся слабосвязанный физически адсорбированный метанол и адсорбированная вода. При температуре 263 °C наблюдался максимум выделения диметилового эфира и воды, которые образовались в реакции дегидратации метанола.

На рисунке 2 представлен масс-спектр десорбции метанола с поверхности бифункционального катализатора. При температуре 165°C (рисунок 1 а) с поверхности бифункционального катализатора выделился слабосвязанный метанол. При температуре 241°C наблюдалось образование диметилового эфира и воды из адсорбированного на поверхности образца метанола. Можно отметить уменьшение температуры дегидратации метанола на БФК по сравнению с цеолитным катализатором. В то же время выделение диоксида углерода и водорода в интервале 220 – 270°C возможно связано с разложением химически адсорбированного метанола на CuZnAlCr компоненте бифункционального катализатора [6-8].

Показано, что состав и структура синтезированных катализаторов получения метанола и ДМЭ изменяется в ходе катализа. Десорбция основных участников процесса протекает в температурном интервале 220 – 300°C, что совпадает с температурным интервалом проведения STD-процесса. По результатам ТПД на бифункциональном катализаторе температура дегидратации метанола меньше (241°C), по сравнению с цеолитным катализатором (263°C). На бифункциональном катализаторе возможно протекание процессов, обратных синтезу диметилового эфира и метанола, чем объясняется большое количество диоксида углерода в продуктах реакции.

Работа выполняется при поддержке РФФИ № 13-08-98129 р_сибирь_a.

Список использованных источников:

1. Караханов Э.А. Синтез-газ как альтернатива нефти. Часть II. Метанол и синтезы на его основе // Соросовский образовательный журнал. 1997. №12. С. 65–69.
2. Розовский А.Я. Экологически чистые моторные топлива на базе природного газа // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 13. С. 701–712.
3. Розовский А.Я., Лин Г.И. Теоретические основы процесса синтеза метанола. М.: Химия., 1990.
4. J. Erena [et al.] Effect of operating conditions on the synthesis of dimethyl ether over a CuO-ZnO-Al₂O₃/NaH-ZSM-5 bifunctional catalyst // Catalysis today. 2005. V. 107 – 108. P. 467–473.
5. Zoha Azizia [et al.] Dimethyl ether: A review of technologies and production challenges // Chemical Engineering and Processing. 2014. V. 82. P. 150–172.
6. Л.А. Березина [и др.] Исследование процесса превращения метанола на катализаторе CHM-1 с помощью ИК-спектроскопии in situ // Кинетика и катализ. 2009. Т. 50. № 5. С. 806–815.
7. В.А. Матышак [и др.] Свойства поверхностных соединений в превращении метанола на γ -Al₂O₃ по данным ИК-спектроскопии in situ // Кинетика и катализ. 2009. Т. 50. № 1. С.120–131
8. F. Raimondi [et al.] Hydrogen production by methanol reforming: post-reaction characterization of a Cu/ZnO/Al₂O₃ catalyst by XPS and TPD // Applied Surface Science. 2002. V 189. P. 59 71.

Рис. 2 - Схемы полимераналогичных превращений терминальных групп синтезированных сополимеров и условные обозначения полученных сополимеров

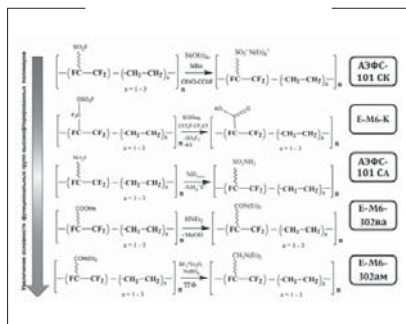


Рис. 3 - Зависимость эффективности (N, т.т.) для аминокислот и витаминов группы В (Б) от концентрации АЭ ФС-101СК в составе элюента (ацетонитрил – муравьиная кислота 4:1 (объемн))

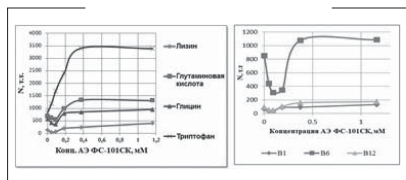
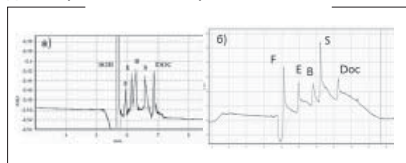


Рис. 4 - Электрофореграммы смеси стероидных гормонов: а) 0,4 мМ АЭ ФС-101СК, боратный буферный раствор (рН 9,2), 15% ацетонитрил, б) 0,34 мМ Е-М6-К, боратный буферный раствор (рН 10,2), 15% ацетонитрил.

Гидродинамический ввод пробы 30 мбар, 2 с.
Капилляр: Лэфф/L общ = 50/60 см, внутренний диаметр = 75 мкм. Напряжение +20 кВ



сульфонилфторидными – структура 1 (рис. 1, А), фторсульфатными – структура 3 (рис.1, В) и сложноэфирными – структура 2 (рис. 1, Б), модификация которых позволяет варьировать заряд и кислотно-основные функции получаемых на их основе сополимеров. Полученные полимеры охарактеризованы ¹⁹F и ¹H ЯМР спектрами. Методом гель-хроматографии определены их молекулярно-массовые характеристики.

Для использования полученных фторполимеров в хроматографии и капиллярном электрофорезе проведены полимераналогичные превращения: сульфонилфторидные группы переведены в сульфонатные и в сульфамидные, фторсульфатные заменены карбоксилатными, сложноэфирные переведены в N,N-, и, наконец, N,N-диэтилкарбамидные восстановлены до аминных функций. Таким образом, получена линейка из пяти высокофторированных сополимеров, отличающихся, как длиной перфторированных подвесок к главной цепи полимеров, так и типом терминальных групп (рис. 2).

Для оценки условной относительной полярности и прогнозирования возможных типов взаимодействий синтезированных фторполимеров с анализатами различной природы были подготовлены насадочные колонки для газовой хроматографии, определены газохроматографические индексы удерживания различных классов органических соединений и константы Мак-Рейнольдса. Установлено, что стационарные фазы на основе синтезируемых полимеров обладают способностью к разделению позиционных изомеров (разделены изомеры о-, м- и п-ксилолов), а также являются подходящими для селективного определения перфторированных соединений.

Для выявления возможностей использования синтезированных высокофторированных сополимеров в условиях ВЭТСХ поставлена серия специальных экспериментов, в которых полимер выступал в роли модификатора элюента. В качестве модельных систем использовали аминокислоты (глицин, глутаминовая кислота, триптофан и лизин) и водорастворимые витамины группы В (тиамин хлорид – В₁, пиридоксин – В₆ и цианкобаламин – В₁₂), в молекулах которых содержатся функциональные амино-, карбоксильные, амидные и гидроксильные группы, способные к различным типам взаимодействий с молекулами модификаторов. Полимеры добавляли в элюент (ацетонитрил – муравьиная кислота, 4:1, объемн.) в диапазоне концентраций от 0,4 до 10 мг/мл. Для всех анализов отмечен заметный рост эффективности (в 2-4 раза) при добавлении в элюент сополимера АЭ ФС-101СК, что обусловлено, в первую очередь, блокировкой силанольных гидроксильных групп силикагеля молекулами фтормодификаторов (рис. 3).

Синтезированные высокофторированные полимеры отличаются как природой терминальных групп (анионные – сульфонатные и карбоксилатные, нейтральные – сульфамидные и катионогенные – N,N-диэтилкарбамидные), так и длиной перфторированных радикалов. Предполагалось, что такие различия могут сказаться на способности сополимеров образовывать мицеллярные псевдостационарные фазы и обеспечивать динамические покрытия поверхности адсорбентов или стенок капилляра в условиях капиллярного электрофореза.

При pH рабочего буфера 2 диссоциация силанольных гидроксидов подавлена, что приводит к отсутствию электроосмотического потока (ЭОП). Введение в рабочий буфер фторполимеров на основе мономера структуры 1 (рис. 1 А) с терминальными сульфатными группами и Е-М6-К в концентрации больше 1,5 мг/мл в результате модификации стенок капилляра в обоих случаях генерируется катодный ЭОП, чего не происходит при использовании другого традиционно используемого анионного детергента – додецилсульфата натрия. Сополимер с анионными карбоксилатными группами, соединенными непосредственно к главной фторсодержащей цепи фтормономера, формирует более стабильное покрытие стенок кварцевого капилляра ($t_{\text{мгн. DMSO}} = 10,5$ мин.), о чем судили по высокой воспроизводимости электроосмотического потока. При этом скорость генерируемого ЭОПа фторполимерами с сульфатными группами значительно выше.

При pH рабочего буфера 9 стенки кварцевого капилляра заряжены отрицательно. Фторполимеры с анионными терминальными группами выполняют функции псевдостационарных фаз, способствуя разделению стероидных гормонов. Поскольку указанные аналиты имеют достаточно низкие константы диссоциации ($pK_a > 13$), разделение этих нейтральных аналитов в условиях капиллярного зонного электрофореза без введения фторполимеров в фоновый электролит, не представляется возможным: они элюируются вместе с электроосмотическим потоком. Использование 0,4 М раствора сополимера АЭФС-101 СК в фоновом электролите привело к полному разделению смеси стероидных гормонов за 7 минут (рис. 4), в то

время как добавка сополимера Е-М6-К с терминальными карбоксилатными группами приводит к значительно большей селективности разделения, хоть и при небольшом увеличении времени анализа. Из чего можно сделать вывод о большей склонности этого сополимера с карбоксилатными группами, не содержащего длинные перфторированные подвески к основной цепи (Е-М6-К) к образованию мицеллярных фаз в щелочной среде, чем в случае сополимера АЭФС-101 СК. Электрофореграммы разделения стероидных гормонов в оптимальных условиях с использованием сополимеров АЭФС-101 СК и Е-М6-К приведены на рис.4. Гидродинамический ввод пробы 30 мбар, 2 с. Капилляр: $L_{эфф}/L_{общ} = 50/60$ см, внутренний диаметр = 75 мкм. Напряжение +20 кВ.

Фторполимер с терминальными сульфамидными группами успешно использован нами при электрофоретическом разделении белков (миоглобин, лизоцим, альбумин), которые, являясь основными аналитами в отсутствие полимера сорбировались на стенках капилляра. Достигнутое значение эффективности до 250 тыс.т.т. оказалось существенно выше по сравнению с немодифицированным буфером и PLOT и монолитными колонками с другими полимерами (Табл. 1).

Таблица 1 – Значения эффективностей определения белков с добавкой сополимера АЭФС-101 СА в состав фоновой электролита.

Контролируемый параметр	КЗЗ	Полые колонки (КЗХ)		Монолитные колонки (PEI-Mal)	АЭФС-101 СА
		Метакр	PEI-Mal		
Эффективность (т.т./м)	10÷15 тыс.	56 тыс.	50÷70 тыс.	25÷35 тыс.	90÷250 тыс.
Время анализа, мин	6	6	16	10	12
Фактор селективности (α)	1,00±1,30	1,03	1,05±1,10	1,50±2,10	1,05

Фоновый электролит: фосфатный буферный раствор 100 мМ (рН 2), ацетонитрил 15% (объемн.). Гидродинамический ввод пробы 30 мбар, 2 с. Капилляр: $L_{эфф}/L_{общ} = 50/60$ см, внутренний диаметр = 75 мкм. Напряжение +20 кВ

Использование высокофторированных полимеров позволило достичь большую эффективность при определении стероидных гормонов по сравнению с ДДСН. При этом, максимальная эффективность, до 900 тыс. т.т. получена при совместном введении ДДСН и фторполимера с сульфонатными группами в состав рабочего буфера. Такой синергетический эффект объясняется следующим: фторполимеры модифицируют стенки кварцевого капилляра, препятствуя сорбции мицелл ДДСН.

Таким образом, в работе получен ряд из пяти высокофторированных сополимеров, отличающихся, как природой терминальных групп (сульфонатные, карбоксилатные, сульфамидные, N,N-диэтилкарбамидные, N,N-диэтиламино), так и длиной перфторированных подвесок в главной фторсодержащей цепи. Приготовлены насадочные колонки с синтезированными фторполимерами в качестве стационарных фаз для ГЖХ и установлены основные типы взаимодействий фторполимеров с аналитами различной природы и обнаружена способность сополимеров с сульфонатными группами к разделению позиционных изомеров. В условиях нормально-фазовой ВЭТСХ введение полимеров (0,4-10 мг/мл) в состав элюента (ацетонитрил-муравьиная кислота) способствует росту эффективности в 2-4 раза при разделении гидрофильных сорбатов (водорастворимых витаминов группы В и аминокислот) за счет блокировки молекулами модификаторов силанольных гидроксильных силикагеля. В капиллярном электрофорезе влияние фторполимера АЭФС-101СК на повышение эффективности (в 2-3 раза) и селективности при разделении нейтральных соединений (стероидные гормоны) обусловлено двумя причинами: модификацией полимером стенок кварцевого капилляра и его взаимодействием с аналитами в качестве псевдостационарной фазы.

ДОКЛАДЧИК:

Захаров Вадим Петрович
(Zakharov Vadim Petrovich)
Член экспертной группы

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Башкирский государственный
университет
(Bashkir State University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Захаров Вадим Петрович
(Zakharov Vadim Petrovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Быстрые химические процессы в турбулентном режиме
Fast chemical processes in turbulent regime

ТЕЗИСЫ:

Рассмотрены способы интенсификации химических процессов и воздействия на свойства синтезируемых продуктов за счет целенаправленного изменения гидродинамического режима движения реакционной смеси. Инновационным решением является использование в технологической схеме на соответствующих стадиях протекающего процесса малогабаритных трубчатых турбулентных аппаратов. Ключевой этап совершенствования технологической схемы в этом случае представлен поиском стадий, имеющих потенциал для интенсификации при снижении диффузионных ограничений.

Рассмотрены закономерности интенсификации турбулентного смешения в одно- и двухфазной реакционной смеси. Предложены способы регулирования теплового режима быстрых жидкофазных экзотермических реакций в турбулентных потоках за счет снижения габаритов аппарата до размеров, соизмеримых с размерами «факела» реакции в цилиндрическом аппарате, интенсификации конвективного теплообмена в аппарате диффузор-конфузорной конструкции, распределенного ввода реагентов по длине аппарата в зонной модели реактора, дробления реакционного потока в кожухотрубчатом аппарате. На примере отдельных химических реакций показаны способы интенсификации протекания типовых процессов за счет использования трубчатых турбулентных аппаратов: сульфатирование олефинов серной кислотой («жидкость-жидкость»), нейтрализации (однофазная реакционная смесь), окисление («жидкость-газ»), конденсационный способ получения высокодисперсных суспензий («жидкость-твердое тело»). Приводятся примеры промышленного внедрения малогабаритных трубчатых турбулентных аппаратов в современном химическом производстве.

ДОКЛАДЧИК:

Калабухова Екатерина Игоревна
(Kalabukhova Ekaterina Igorevna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

«Кемеровский Государственный
Университет» (КемГУ)
(Kemerovo State
University (KemSU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Калабухова Екатерина Игоревна
(Kalabukhova Ekaterina Igorevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Формирование наноразмерной системы марганец-оксид марганца под действием тепла
Formation of nanodimensional system manganese manganese-oxide under the influence of heat

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В работе представлены результаты исследований наноразмерных пленок марганца различной толщины, направленные на выяснение природы и закономерностей процессов, и определение кинетической зависимости степени превращения от температуры.

Annotation

In work the results of researches of nanodimensional films of manganese of various thickness directed on clarification of the nature and regularities of processes, and determination of kinetic dependence of extent of transformation on temperature are presented.

Ключевые слова: наноразмерные пленки; марганец; оксид марганца(II)

Keywords: nanodimensional films; manganese; oxide manganese(II)

Получение наноразмерных пленок различных материалов, выяснение закономерностей процессов протекающих под действием различных факторов, представляют значительный интерес как для физики и химии твердого состояния, так и в связи с необходимостью разработки реальных систем с управляемым уровнем чувствительности [1,2]. Марганец, благодаря комплексу положительных свойств, нашел широкое применение в различных областях науки, техники и промышленности. Тонкие пленки на основе марганца могут быть использованы в качестве тепло- и фотоотражающих покрытий.

Образцы для исследований готовили методом термического испарения в вакууме (2·10⁻³ Па) путем нанесения тонких (2–36 нм) пленок марганца на подложки из стекла, используя вакуумный универсальный пост «ВУП-5М». Подложками служили стекла от фотопластинок, которые подвергали предварительной обработке в концентрированной азотной

Рис. 1 - Спектры поглощения пленок Mn до термообработки толщиной: 1-36, 2-28, 3-19, 4-12, 5-8, 6-2 нм.

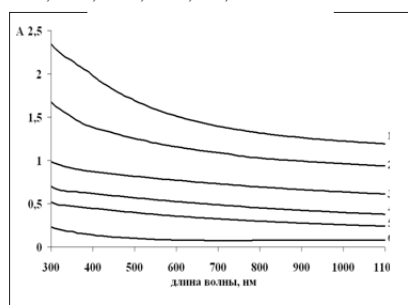


Рис. 2 - Спектры поглощения пленки Mn (d=24 нм) до (1) и после термообработки при T=473K в течение: 2-5, 3-25, 5-60, 5-180, 6-280, 7-440, 8-920, 9-1800, 10-3600 мин

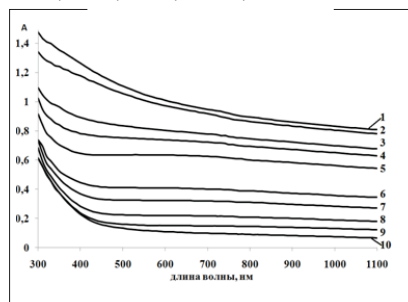


Рис. 3 - Спектры поглощения пленки Mn (d=24 нм) до (1) и после термообработки при T=473K в течение: 2-5, 3-25, 5-60, 5-180, 6-280, 7-440, 8-920, 9-1800, 10-3600 мин

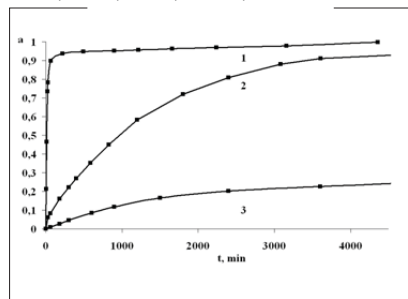
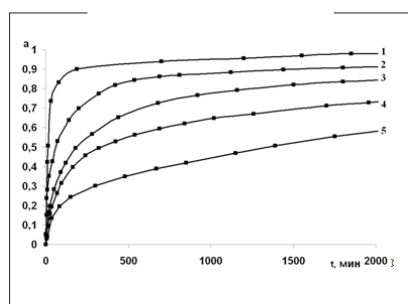


Рис. 4 - Зависимость степени превращения от толщины пленок марганца при 473 K: 1-12; 2-16; 3-20; 4-23; 5-36 нм.



кислоте, в растворе дихромата калия в концентрированной серной кислоте, в кипящей мыльной воде, промывали в дистиллированной воде и сушили. Обработанные подложки оптически прозрачны в диапазоне 300 – 1100 нм. Толщину пленок марганца определяли спектрофотометрическим (спектрофотометр «Shimadzu UV-1700»), эллипсометрическим (эллипсометр «ЛЭФ-3М»), микроскопическим (интерференционный микроскоп «МИИ-4») методами. Образцы помещали на разогретую до соответствующей температуры (473-873K) фарфоровую пластинку и подвергали термической обработке (в течение – 3600 мин) в сушильном шкафу «Тулячка 3П».

На рис. 1 приведены спектры поглощения пленок марганца различной толщины до термической обработки. Видно, что по мере увеличения толщины слоев Mn наблюдается увеличение оптической плотности в исследованном интервале длин волн. При анализе спектров зеркального отражения было установлено, что отражательная способность пленок Mn зависит от толщины пленок и по мере увеличения толщины пленок Mn отражательная способность во всем спектральном диапазоне ($\lambda = 190-1100$ нм) возрастает.

Было установлено, что при термической обработке пленок Mn независимо от их толщины значение оптической плотности уменьшается. В результате тепловой обработки слоев Mn при разной температуре и одной толщины спектры поглощения и отражения образцов претерпевают существенные изменения при разной температуре и одной толщине, причем эффект уменьшения оптической плотности образцов усиливается по мере увеличения температуры. В качестве примера, на рис. 2 приведены спектры поглощения пленок марганца толщиной $d=24$ нм до и после термической обработки при $T=473$ K. Видно, что наряду с уменьшением в исследуемом диапазоне длин волн ($\lambda = 300-1100$ нм) оптической плотности образца формируется спектр поглощения нового вещества [3].

По длинноволновому порогу поглощения (при $\lambda = 473$ нм) была оценена оптическая ширина запрещенной зоны образующегося вещества, она составляет $E = 2,53$ эВ. Полученное значение ширины запрещенной зоны вещества удовлетворительно совпадает с шириной запрещенной зоны оксида марганца (II). Поэтому, было сделано предположение, что при термической обработке пленок марганца основным продуктом взаимодействия их с кислородом окружающей среды является оксид марганца (II).

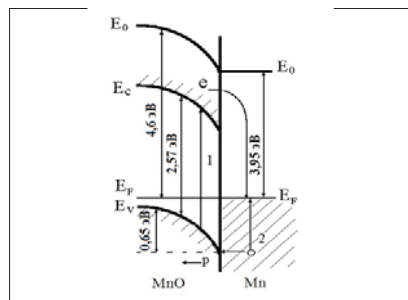
Для выяснения закономерностей процесса окисления наноразмерных слоев марганца (используя результаты измерений спектров поглощения и отражения образцов разной толщины до и после термообработки) были рассчитаны и построены кинетические зависимости степени превращения марганца в оксид марганца (II) $\alpha=f(t)$. Для расчета степени превращения была выбрана длина волны $\lambda=800$ нм, при которой исходные образцы (пленки марганца) имеют значительное поглощение, а оксид марганца не поглощает свет. На рис. 3 приведены кинетические кривые степени превращения пленок марганца толщиной 23 нм в интервале температур $T=473-873$ K в зависимости от первоначальной толщины образцов. В результате анализа кинетических кривых было установлено, что степень термического превращения пленок марганца зависит от первоначальной толщины, температуры и времени термической обработки.

Прежде всего, было отмечено, что с уменьшением толщины пленок марганца наблюдается увеличение степени термического превращения во всем исследуемом диапазоне и видно, что с увеличением толщины пленки время обработки увеличивается (рис.4).

По мере увеличения температуры термообработки при постоянной толщине пленок марганца степень термического превращения возрастает. Также при увеличении температуры термообработки пленок марганца угол наклона прямой в координатах $\alpha=f(t)$ возрастает. С увеличением температуры термической обработки увеличивается массовая доля образовавшегося оксида марганца (II). По мере увеличения температуры ($T = 473-873$ K) обработки пленок марганца при одной толщине пленок наблюдается уменьшение времени достижения ее предельного значения во всем исследованном спектральном диапазоне. Кинетическую кривую степени термического превращения пленок марганца условно можно разбить на несколько участков: линейный ($\alpha = Kt + A$), обратный логарифмический ($K/\alpha = B - \lg t$), кубический ($L3 = Kt + B$), логарифмический ($\alpha = K \lg(Bt + 1)$), где K – константа скорости формирования оксида марганца (II), A и B – постоянные интегрирования, t – время взаимодействия. Наличие соответствующих участков, а также их продолжительность определяется толщиной пленок марганца и температурой термообработки.

Было выдвинуто предположение [3], что при химической адсорбции O_2 свободный электрон решетки оксида марганца (II) (по мере приближения

Рис. 5 - Диаграмма энергетических зон гетеросистемы Mn – MnO. EV – уровень потолка валентной зоны, EC – уровень дна зоны проводимости, EF – уровень Ферми, EO – уровень вакуума



молекулы кислорода к поверхности MnO) все в большей степени локализуется около той точки на поверхности (S), к которой приближается молекула кислорода.

При этом между атомами кислорода и поверхностью MnO возникают связи, обеспечиваемые локализуемыми электронами (e S e) и упрочняющиеся по мере приближения молекулы кислорода. Связь между атомами кислорода постепенно ослабевает. В итоге атомы кислорода оказываются связанными прочными связями с поверхностью MnO



Необходимые для ионизации хемосорбированных атомов кислорода электроны могут туннелировать из металла через слой оксида марганца (II) (рис.5)



и образовываться в результате дополнительного окисления части ионов марганца (Mn^{2+}) оксида марганца (II) с образованием дырок (O^-)



Сформированный в процессе получения и термической обработки пленок марганца слой оксида марганца (II) будет препятствовать перемещению катионных вакансий от поверхности MnO к границе контакта Mn – MnO и, таким образом, тормозить взаимодействие марганца с кислородом. Одним из условий [5], характеризующих способность оксида марганца (II) тормозить процесс взаимодействия, является сплошность оксидной пленки. Согласно критерию Пиллинга и Бедвортса, который для марганца составляет 2,34, следует ожидать образования сплошной оксидной пленки. Из-за достаточно высокой подвижности электронов и низкой скорости движения катионных вакансий в системе Mn – MnO возникает потенциал. Этот потенциал создает электрическое поле в слое MnO, которое стимулирует движение катионов марганца к поверхности MnO. При этом, согласно [6] для оксидов, у которых основными носителями заряда являются дырки, может быть реализован кубический и логарифмический законы роста тонких пленок (оксид марганца (II) – полупроводник p-типа).

Автор выражает благодарность ректору Кемеровского Государственного Университета – д.и.н., профессору Волчеку В.А. и научному руководителю – д.х.н., профессору Суровому Э.П..

Литература

1. Суровой Э.П. Кинетические закономерности термических превращений в наноразмерных пленках свинца / Э.П. Суровой, С.В. Бин, Л.Н. Бугерко, В.Э. Суровая // Журнал физической химии. 2015. Т. 89. № 1. С. 85-91;
2. Суровой Э.П. Закономерности формирования наноразмерных систем галлий-оксид галлия / Э. П. Суровой, А. А. Сухорукова, С. В. Бин // Неорганические материалы, 2014, Т. 50, № 12, С. 1287-1292;
3. Заиконникова, Т.М. Особенности термостимулированных превращений в наноразмерных пленках марганца / Т.М. Заиконникова, Т.Ю. Кожухова // Ползуновский вестник. 2013. №1. С. 91-96;
4. Суровой Э.П., Еремеева Г.О. Закономерности формирования наноразмерных пленок системы индий - оксид индия (III)//Неорганические материалы. 2012. Т. 48. №. 7. С. 819-824;
5. Томашов, Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов – М.: «Изд. АН СССР», 1960. – 592 С;
6. Барре П. Кинетика гетерогенных процессов – М.: Мир, 1976. – 400 С.

ДОКЛАДЧИК:

Козлова Анастасия Алексеевна
(Kozlova Anastasia)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Северный (Арктический)
федеральный университет
имени М.В.Ломоносова
(Northern (Arctic) Federal
University named after
M.V. Lomonosov)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Козлова Анастасия Алексеевна
(Kozlova Anastasia)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Исследование влияния седиментационных свойств активного ила на дегидрогеназную активность

Study of sedimentation properties of the active sludge on a dehydrogenase activity

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Настоящая работа включает разработку установки и методики для фракционирования активного ила.

В результате исследования две пробы активного ила разделены на 40 фракций. Предложена и апробирована методика для фракционирования суспензии активного ила. Установлено - седиментационные свойства и размеры хлопьев ила влияют на дегидрогеназную активность. Наиболее приемлемой фракцией являются средние, активность которых 1,0...1,4 мкмоль/(мин·г).

Данное исследование может найти применение на очистных сооружениях, для оптимизации биологической очистки сточных вод.

Annotation

The project includes development of the dehydrogenase activity measuring instrument and methods for fractionation of the sludge.

The fractionation method for the active sludge suspension is proposed and tested. Active sludge samples are separated into 40 fractions. Correlation between sludge sedimentation rate and dehydrogenase activity is studied. The most active fraction has middle sedimentation rate with dehydrogenase activity from 1.0 to 1.4 $\mu\text{mol}/(\text{min}\cdot\text{g})$.

The project results are applicable to optimization of biological wastewater treatment.

Ключевые слова: активный ил, дегидрогеназная активность, седиментация, фракции

Keywords: activated sludge, dehydrogenase activity, sedimentation, fractions

Введение

Современные подходы к защите и сохранению окружающей среды, к комплексному использованию биоресурсов предполагают направленное применение различных живых организмов и их биологических систем при создании новых технологий для сохранения высокочувствительных к загрязнению природных экосистем. Особенно важно уделять внимание проблеме сохранения прибрежных морских экосистем, экосистем Арктики, так как их восстановление крайне медленный процесс.

Одним из таких методов можно отнести биологическую очистку сточных вод, которая основана на способности микроорганизмов активного ила использовать в качестве источника питания растворенные в сточной воде органические и неорганические вещества до углекислого газа и воды. Активный ил – сложное сообщество микроорганизмов, состоящее из 200-300 видов, относящихся к разным родам, также в состав ила входят некоторые многоклеточные животные, простейшие и др. [1-2]. Бактерии активного ила выполняют основную функцию при очистке сточных вод от органических загрязнений. Данный процесс возможен благодаря наличию окислительно-восстановительных ферментов – дегидрогеназ.

Важной характеристикой активного ила, помимо окисления органических веществ, является изучение способности к осаждению, то есть седиментационные свойства активного ила. Эффективность очистки сточных вод в аэротенках в значительной степени зависит от последующего процесса отделения активного ила от очищенной воды. При плохом осаждении резко увеличивается вынос ила с очищенной водой [3].

Настоящая работа включает исследование экспресс-метода анализа дегидрогеназной активности отдельных фракций активного ила и разработку технологии повышения эффективности биологической очистки сточных вод.

Целью данной работы является: исследование влияния седиментационных свойств активного ила на дегидрогеназную активность.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- разработать методику и установку для разделения суспензии активного ила на отдельные фракции на основании седиментационных свойств;
- изучить влияние седиментационных свойств фракций активного ила на дегидрогеназную активность.
- предложить практическую реализацию технологии фракционирования активного ила для увеличения эффективности биологической очистки сточных вод.

Рис. 1

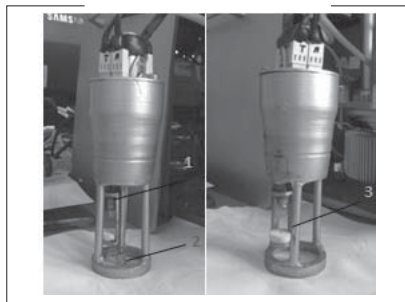


Рис. 2

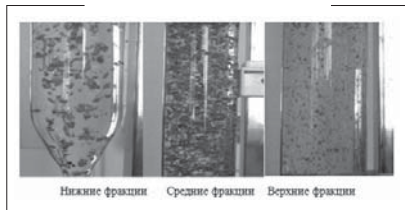


Рис. 3

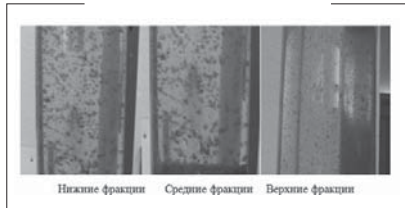


Рис. 4

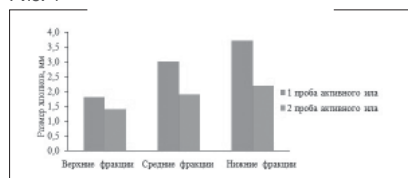
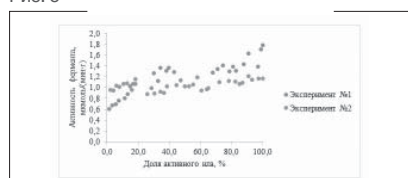


Рис. 5



Материалы и методы

Объектом исследования являлся активный ил, отобранный из аэротенка второй ступени очистных сооружений ОАО «Архангельский ЦБК».

Перед проведением анализа суспензию активного ила фракционировали с помощью делительной воронки, для этого делительную воронку заполняли 1050 мл водопроводной водой и 30 мл суспензии активного ила. Постепенно перемещаясь по всему объему делительной воронки, ил делился на фракции. Более крупные хлопья активного ила оседали быстрее. Первые фракции формировались за 3 минуты, последние за 25 минут. Общее количество фракций составило 40, которые подготавливали для проведения дальнейшего анализа, используя лиофильную сушку LABCONCO 2,5 L.

Методика определения дегидрогеназной активности, используемая в исследовании, основана на определении скорости восстановления метиленового голубого при окислительно-восстановительной реакции, катализируемой ферментами дегидрогеназами.

Для определения дегидрогеназной активности ила использовалась установка, разработанная на кафедре БТиБТС САФУ имени М.В.Ломоносова. Принцип работы установки основан на количественном определении скорости цветной ферментативной реакции, в суспензии микроорганизмов. На рис. 1 представлена термостабилируемая ячейка используемого прибора [4]. Устройство позволяет измерить оптическую плотность, температуру, а также производить перемешивание без попадания кислорода в ячейку.

Для проведения анализа готовили реакционную смесь, состоящую из 60 мл водопроводной воды, фракции абсолютно сухого активного ила и 1 мл 10%-го раствора глюкозы. После стабилизации показаний фотодатчика и термостабилизации ячейки дозатором вводили 40 мкл 0,15 %-го раствора метиленового синего. При избытке субстрата и акцептора водорода реакция характеризуется линейной зависимостью и определяется только концентрацией и активностью дегидрогеназ. Исследовали кинетику реакции в течение 200-300 с, пока процесс не становился нелинейным. По полученным данным определяли тангенс угла наклона прямой линии, значение которого использовали в выявлении зависимости количества фермента от массы абс. сухого активного ила [5].

Результаты и обсуждение

Экспериментальная часть работы состоит из двух опытов, в каждом используется активный ил, отобранный в разные дни.

После фракционирования первой пробы активного ила получили 40 фракций ила. Условно их можно разделить: верхние, средние и нижние. В процессе фракционирования были сделаны фотографии этих фракций (Рис. 2). Все они отличались по размеру хлопьев.

Размеры хлопьев определяли, используя растровый графический редактор - Microsoft Paint через коэффициент пропорциональности, который рассчитывается как отношение диаметра делительной воронки в см, на диаметр делительной воронки в пикселях. Полученное значение умножали на размер хлопков в пикселях.

После фракционирования второй пробы ила получили 41 фракцию. Условно их можно разделить на: верхние, средние и нижние. В процессе фракционирования были сделаны фотографии этих фракций (Рис. 3). Все они отличались по размеру хлопков.

Сравнение размеров хлопков активного ила разных фракций в первом и втором опытах - рис. 4.

Ил, отобранный в разные дни, отличался не только дегидрогеназной активностью, но и размерами хлопков. Хлопки ила верхних фракций в первой пробе в 1,3 раза больше, чем хлопья ила в этих же фракциях, но для второй пробы. Для средних фракций разница составляет в 1,6 раза, а для нижних в 1,7 раз.

Для сопоставления результатов дегидрогеназной активности ила разных проб, строили график зависимости активности фермента от доли активного ила (рис. 5) [6].

При рассмотрении рисунка 5, можно сделать вывод о том, что активность ферментов дегидрогеназ зависит от седиментационных свойств активного ила. Активности двух зависимостей отличаются между собой, несмотря на то, что опыт проводили в одинаковых условиях и использовали равное количество активного ила. Отличие в активности может быть связано с тем, что ил по микробиологическому составу, химическим свойствам отличался между собой.

Наиболее приемлемой фракцией для практического применения на очистных сооружениях являются средние фракции активного ила дегидрогеназная активность в диапазоне 1,0...1,4 мкмоль/(мин·г), так

как они обладают достаточно высокой дегидрогеназной активностью и оптимальными седиментационными свойствами.

Данное исследование может найти применение на очистных сооружениях, для оптимизации биологической очистки сточных вод. На очистных сооружениях часть активного ила отбирается, поступает на регенерацию и последующую очистку в аэротенк, при этом отобранный ил из отстойника может обладать низкой дегидрогеназной активностью, по сравнению с илом, который в дальнейшем будет, подвергнут утилизации. В соответствии с установленным фактом относительно седиментационной неоднородности фракций активного ила, а также различной физиологической активности этих фракций, разрабатывается схема повышения эффективности биологической очистки сточных вод. Последовательность операций предполагает фракционирование избыточного активного ила с целью отделения наиболее тяжелой фракции, отличающейся наименьшей дегидрогеназной активностью, и, следовательно, наименее эффективной в отношении водоочистки. Фракционирование и отделение низкоэффективной фракции ила позволит увеличить общую дегидрогеназную активность возвратного ила, подаваемого обратно в аэротенк на очистку, а, следовательно, повысить эффективность биологической очистки.

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- Предложена и апробирована методика для фракционирования суспензии активного ила.
- Установлено в ходе эксперимента, что седиментационные свойства ила влияют на дегидрогеназную активность.
- Установлено, что на дегидрогеназную активность влияют размеры хлопьев ила: чем больше размер хлопков, тем меньше активность фермента. Наиболее приемлемой фракцией для практического применения на очистных сооружениях являются средние фракции активного ила дегидрогеназная активность в диапазоне 1,0...1,4 мкмоль/(мин·г).
- На основе проведенного исследования была предложена последовательность операций для повышения эффективности биологической очистки сточных вод.

Список используемой литературы

1. Емцев, В.Т. Микробиология: учебник для вузов / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин. – М.: Дрофа, 2006. – 444 с.
2. Механизм биологической очистки сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prom-water.ru/base/mechanizm/> – Загл. с экрана.
3. Голубовская, Э. К. Биологические основы очистки воды: учебное пособие для студентов строительных специальностей вузов / Э.К. Голубовская – М.: Высшая школа, 1978. – 268 с.
4. Чухчин Д.Г., Тупин П.А. Патент РФ. 2011. № 117149
5. Чухчин Д.Г., Тупин П.А., Новожилов Е.В., Соколов О.М. // Лесной журнал. 2010. № 3. С. 119-124.
6. Козлова А.А., Варакин Е.А., Чухчин Д.Г., Новожилов Е.В. Взаимосвязь седиментационных свойств фракций активного ила с дегидрогеназной активностью. Материалы IV международной виртуальной интернет-конференции Биотехнология. Взгляд в будущее. (Казань, 24-25 апреля 2015)

ДОКЛАДЧИК:

Логинава Евгения Сергеевна
(Loginova Evgenia Sergeevna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Тверской государственный
университет (ТвГУ)
(Tver State University (Tvsu))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Логинава Евгения Сергеевна
(Loginova Evgenia Sergeevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Ингибирование коррозии черных металлов с применением комплексонов,
производных янтарной кислоты

The inhibition of corrosion of ferrous metals with chelants derived succinic acid

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Предлагаемая технология ингибирования коррозии черных металлов, в частности, трубопроводов и технологического оборудования позволяет, не нарушая экологического равновесия в природе, успешно решить проблему коррозии, что позволяет увеличить срок службы изделий из черных металлов и, кроме того, обеспечивает дополнительный экономический эффект за счет утилизации отработанного ингибитора на удобрения.

Annotation

The proposed technology of inhibiting corrosion of ferrous metals, in particular pipelines and the process equipment allows, without disturbing the ecological equilibrium in nature, has successfully solved the problem of corrosion, and hence increases the service life of products made of ferrous metals, and also provides additional economic benefits by utilizing waste inhibitor fertilizer.

Ключевые слова: ингибитор коррозии, черные металлы, экологически безопасные комплексоны, фосфорные удобрения

Keywords: corrosion inhibitor, ferrous metals, environment-friendly chelating, phosphate fertilizer

Сегодня ущерб от коррозии в развитых странах оценивается в 2–4% ВВП, а потери от вышедших из строя металлических конструкций, изделий и оборудования составляют 10–20% годового производства стали [1].

Для борьбы с такими высокими потерями металла, предлагается использовать ингибиторы коррозии, надежно защищающие черный металл от агрессивного воздействия как окружающей среды, в которой осуществляется эксплуатация конструкций, так и продуктов, например, перемещаемых по трубопроводам. По предлагаемому способу ни на стадии нанесения защитного слоя, ни на стадии эксплуатации оборудования, ни на стадии утилизации отработанного антикоррозионного раствора не наносится вреда окружающей природе.

Высокая эффективность и экологическая безопасность предлагаемой антикоррозионной обработки черных металлов с применением экологически безопасных комплексонов, производных янтарной кислоты, обеспечивается:

- во-первых, рецептурой ингибитора коррозии [2], включающей комплексообразователь - этилендиаминдиантарную кислоту (ЭДДЯК CAS:20846-91-7);
- во-вторых, отработанный раствор утилизируется путем получения на его основе фосфорных и аммиачно-фосфорных удобрений [3].

Предлагаемая технология ингибирования коррозии металлов позволяет, не нарушая экологического равновесия в природе, успешно решить проблему коррозии, а значит увеличить срок службы изделий из черных металлов, как минимум, в 2 раза. Для решения поставленных задач предлагается обеспечить защиту черного металла, например, материала трубопроводов и технологического оборудования от коррозии с использованием экологически чистых технологий фосфатирования, как внутренних, так и наружных поверхностей защищаемых от коррозии изделий. Кроме того, в процессе реализации нашего проекта, обеспечивается дополнительный экономический эффект при сохранении экологического равновесия путем утилизации отработанного антикора на удобрения [3].

Новизна предлагаемого решения заключается в проведении антикоррозионной обработки тех же труб или другого металлического оборудования в ванне, заполненной ингибитором ржавчины, в комплекте с конвейером, имеющим подвески для обрабатываемых изделий из черного металла и средства для их подъема и опускания. Благодаря высокой текучести, ингибитор ржавчины заполняет все неровности поверхности.

Состав ингибитора:

240 г/л H_3PO_4 ,

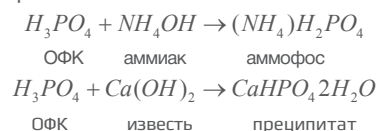
5,6 г/л ZnO ,

554,4 г/л вода,

40 г/л $C_7H_7BiO_7$,

160 г/л 0,1 N раствор динатриевой соли этилендиаминдиантарной кислоты в воде.

Данный ингибитор работает до тех пор, пока концентрация ОФК не понизится до минимума. После этого, отработанный антикорр утизируется путем получения на его основе фосфорных и аммиачно-фосфорных удобрений [3] по реакциям:



В ходе изучения процесса фосфатирования стальных изделий было показано, что формирующаяся пленка состоит из двух слоев:

- 1) внутреннего, барьерного, небольшой толщины, гладкого, эластичного, весьма пористого, непосредственно прилегающего к металлу;
- 2) наружного, имеющего кристаллическое строение, хрупкого, состоящего из вторичных и третичных фосфатов и определяющего основные положительные свойства пленки.

По мере увеличения наружного слоя поверхность изделий из черного металла изолируется от воздействия раствора, и скорость процесса постепенно уменьшается. Толщина и структура фосфатных пленок зависят от состава обрабатываемого металла, условий фосфатирования и способа предварительной обработки поверхности деталей.

Достоинства:

1. Инновационная направленность и оригинальность предложенных решений состоит в разработке особого состава антикора с применением экологически чистых комплексообразователей (например, этилендиаминдиантарная кислота), обеспечивающих высокую антикоррозионную эффективность ОФК;
2. Дополнительный экономический эффект, вкупе с обеспечением экологической безопасности, обеспечивается исключением возможности попадания в окружающую среду отработанного раствора фосфатирования, т.к. этот раствор используется для получения удобрений (преципитат, аммофос).
3. Компоненты состава простые и выпускаются химической промышленностью.

Научно-техническая и экономическая обоснованность предложенных решений. Предлагаемый проект относится к области машиностроения, а именно к антикоррозионной защите углеродистых сталей крупногабаритных узлов и деталей, труб и других сооружений. Проведенные лабораторные испытания и патентные исследования показали преимущества предложенной рецептуры антикора. Использование галлата основного висмута в присутствии этилендиаминдиантарной кислоты привносит совершенно новое качество при обработке химическим путем стальных поверхностей, обеспечивая формирование феррозащитной пленки путем преобразования FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 в необратимые комплексные соединения, которые, подобно фосфатной пленке, подавляют процесс коррозии в жестких условиях эксплуатации.

Использование предложенного способа позволит уменьшить нагрузку на окружающую среду.

Экономический эффект антикоррозионной обработки труб по предлагаемому способу состоит в увеличении срока службы обработанных изделий не менее, чем в 2 раза. Не зная объема оборота труб и оборудования, не представляется возможным посчитать прямой экономический эффект. Теоретически, увеличение срока службы защищенных от коррозии изделий из черного металла в 2 раза, означает экономию 10% выплавляемого металла, т.е. половины из 20% теряемого ежегодно от коррозии черного металла. В 2010 г. Россией выплавлено 67,0 млн. т. стали, а мировое производство стали составило 1 413,6 млн. т. [4]. При минимальной цене на сталь в 380 долларов за тонну [5] экономический эффект в России может достигать 2,546 млрд. дол. (152,76 млрд. руб.), а в мире – 53,72 млрд. дол. (3,22 трлн. руб).

Утилизация отработанного реагента на удобрения, кроме экологического эффекта обеспечивает и дополнительный экономический эффект.

Для получения 1000 кг преципитата из отработанного антикора требуется 324 кг CaO (при растворении в воде из CaO образуется $Ca(OH)_2$). При цене CaO 8 руб/кг [6] расходы на реагент составляют 2590 руб. При стоимости 1 т преципитата 18500 руб [7], разница в цене составляет 15910 руб/т. Что можно считать экономическим эффектом (без учета трудозатрат).

Для получения 1000 кг аммофоса требуется 302 кг аммиака (1208 кг в пересчете на 25% реагент). При цене 25%-ного аммиака 10 руб/кг [8]

расходы на реагент составляют 12080 руб. При стоимости 1 т аммофоса 23000 руб/т [9] разница в цене составляет 10920 руб/т. Это также можно считать экономическим эффектом (без учета трудозатрат).

Ценность для основных групп потенциальных потребителей. Устранение коррозии, как внутренних, так и наружных поверхностей обрабатываемых конструкций, экологическая безопасность, получение дополнительной прибыли при утилизации отработанного антикора.

Существующие составы и способы антикоррозионной обработки черных металлов либо недостаточно эффективны, либо не получили должного распространения, в том числе и из-за экологической опасности (например, «Цинкар», «Тамак»).

Основные конкурентные преимущества предлагаемого антикора:

двукратное снижение потерь черных металлов от коррозии;

- утилизация отработанного реагента на удобрения;
- обеспечение экологического равновесия.

При сравнении эффективности нашего предложения с аналогами, мы обращаем внимание на экологическую составляющую.

Министр природных ресурсов и экологии РФ заявил, что в рамках ФЦП по ликвидации накопленного экологического ущерба планируется реализовать проекты по устранению негативных последствий от накопленных отходов химической, нефтехимической, горнодобывающей и других отраслей промышленности в России, на которые потребуется не менее 97 млрд. руб в течение 20 лет, т.е., примерно, по 5 млрд. руб/год [10].

Понимая, что болезнь легче предупредить, чем лечить, мы предлагаем экологически безопасный способ антикоррозионной обработки черных металлов, чем обеспечиваем экономию 5 млрд. руб/год, отпускаемых на ликвидацию последствий нарушения экологического равновесия.

Следующее преимущество – экономический эффект от утилизации отработанного антикора на удобрения. Это просто никогда не практиковалось, а поэтому инновационно и дает экономический эффект, как показано выше 10-15 тыс. руб/т.

И самое главное преимущество заключается в том, что снимаются объективные препятствия для широкого применения экологически безопасного антикора (утилизируются отходы и сохраняется экологическое равновесие в природе), что в теории может обеспечить эффект в России на уровне 150 млрд. руб., а в мире – более 3 трлн. руб. И если даже наш проект будет реализован хотя бы на 1% от теоретически возможного, то эффект составит много больше 1 млрд. руб. только для России.

Ингибирование коррозии черных металлов востребовано во всех отраслях машиностроения, в процессах производства, транспортировки по трубопроводам или в цистернах, а также при переработке нефтехимических продуктов.

Проект реализуется фондом Бортника по программе УМНИК (Договор № 2056ГУ1/2014).

Список использованных источников:

1. Ивановский В.Н. Теоретические основы процесса коррозии нефтепромыслового оборудования // Борьба с коррозией нефтепромыслового оборудования, №6, 2010, С. 4-14
2. Решение о выдаче Патента РФ на изобретение от 06.08.2015 г. по заявке №2014137006 от 12.09.2014 г. «Способ антикоррозионной обработки поверхности черных металлов» / Никольский В.М., Логинова Е.С., Яковлев А.А.
3. Заявка на изобретение №2014153067 от 26.12.2014 г. «Способ утилизации аммофос отработанной фосфорной кислоты после антикоррозионной обработки черных металлов» / Никольский В.М., Логинова Е.С., Лукьянова Н.И., Беляева Е.В.
4. <https://ru.wikipedia.org>
5. <http://www.metaltorg.ru/n/99C067>
6. <http://www.pulscen.ru/price/110506-izvest-negashenaja>
7. <http://www.agroru.com/doska/monokalcijfosfat-dikalcijsfosfat-690653.htm>
8. <http://www.pulscen.ru/price/040414-ammiak>
9. <http://flagma.ru/s/%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BE%D1%84%D0%BE%D1%81-o-1.html>
10. <http://np-mag.ru/news/2013/05/21/how-much-ecology-country/>

ДОКЛАДЧИК:

Мажуга А. Г.
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Координационные соединения переходных металлов с гетероциклическими лигандами: от идеи до применения в биомедицине

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Мажуга А.Г.

ТЕЗИСЫ:

В последнее время значительное внимание исследователей привлекают координационные соединения, содержащие в своем составе ионы переходных металлов. Подобные соединения являются функциональными аналогами природных металлоферментов и могут быть использованы для моделирования биологических процессов, происходящих в организме. Диагностика и лечение злокачественных опухолей остаются основными проблемами современной медицины. Поиск новых противоопухолевых препаратов является одним из наиболее актуальных направлений в современной медицинской химии. Сразу после начала клинического использования цисплатина были предприняты попытки создания новых неплатиновых противоопухолевых препаратов для улучшения клинической эффективности и снижения общих и специфических побочных эффектов. В докладе будет рассмотрена стратегия синтеза координационных соединений переходных металлов с гетероциклическими лигандами и их производными, представлены примеры практического применения координационных соединений в качестве биомиметических катализаторов, потенциальных противоопухолевых препаратов, агентов для биовизуализации и др.

Авторы благодарят РФФИ ((12-03-33148, 13-03-00399, 12-04-00988-а) и Министерство образования и науки РФ по программе повышения конкурентоспособности НИТУ «МИСиС» (К1-2014-022).

1. A.G. Majouga, M.I. Zvereva, M.P. Rubtsova et al. J. Med.Chem., 2014, dx.doi.org/10.1021/jm500154f
2. E.K. Beloglazkina, A.G. Majouga et al. Polyhedron, 2014, DOI 10.1016/j.poly.2014.03.045
3. A.G. Majouga, E.K. Beloglazkina, A.A. Moiseeva et al. Dalton Transactions, 2013, 42, 18, 6290-6293

ДОКЛАДЧИК:

Мартынов Илья Вячеславович
(Martynov Ilya V.)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Московский государственный
университет тонких
химических технологий имени
М.В.Ломоносова «МИТХТ им.
М.В.Ломоносова»
(Lomonosov Moscow State
University of Fine Chemical
Technologies «MITHT»)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Мартынов Илья Вячеславович
(Martynov Ilya V.)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

О состоянии катионных комплексов Pd (II) и путях формирования
активного катализатора процесса окисления олефинов в бинарном
растворителе $\text{CH}_3\text{CN} - \text{H}_2\text{O}$

The state of cationic complexes of Pd (II) and the ways of formation active
catalyst for the olefin oxidation in a binary solvent $\text{CH}_3\text{CN} - \text{H}_2\text{O}$

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В результате исследования каталитической системы $\text{Pd}(\text{OAc})_2 - \text{HClO}_4 - \text{CH}_3\text{CN} - \text{H}_2\text{O}$ реакции окисления олефинов получена информация о путях формирования активных в катализе катионных комплексов палладия. Показано методом электронной спектроскопии, что с большой вероятностью в системе существуют комплексы $[\text{Pd}(\text{AN})(\text{H}_2\text{O})_3]^{2+}$ ($\lambda_{\text{max}} = 360 \text{ nm}$), $[\text{Pd}(\text{AN})_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$ ($\lambda_{\text{max}} = 340 \text{ nm}$) и $[\text{Pd}(\text{AN})_3(\text{H}_2\text{O})]^{2+}$ ($\lambda_{\text{max}} = 305-310 \text{ nm}$). Последний комплекс образуется после длительной выдержки при больших $\text{AN}/\text{H}_2\text{O}$. Предложена методика приготовления стабильной и достаточно активной исходной каталитической системы для получения воспроизводимых кинетических данных.

Annotation

The study of the catalytic system $\text{Pd}(\text{OAc})_2 - \text{HClO}_4 - \text{CH}_3\text{CN} - \text{H}_2\text{O}$ oxidation of olefins obtained information on how to form active in the catalysis of cationic palladium complexes. It was shown by electron spectroscopy, that is likely to exist in the complex $[\text{Pd}(\text{AN})(\text{H}_2\text{O})_3]^{2+}$ ($\lambda_{\text{max}} = 360 \text{ nm}$), $[\text{Pd}(\text{AN})_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$ ($\lambda_{\text{max}} = 340 \text{ nm}$) and $[\text{Pd}(\text{AN})_3(\text{H}_2\text{O})]^{2+}$ ($\lambda_{\text{max}} = 305-310 \text{ nm}$). The last complex is formed after prolonged exposure to large $\text{AN} / \text{H}_2\text{O}$. The method of preparing a stable and sufficient source of the active catalyst system for reproducible kinetic data.

Ключевые слова: окисление олефинов, комплексы палладия(II), кинетика и катализ

Keywords: oxidation of olefins, complexes of palladium (II), Kinetics and Catalysis

Исследование кинетики и механизма реакции окисления циклогексена и этилена в растворах катионных комплексов Pd(II) в бинарном растворителе $\text{CH}_3\text{CN} - \text{H}_2\text{O}$ показало очень сложную картину влияния мольной доли воды, способа приготовления каталитического раствора $\text{Pd}(\text{OAc})_2 - \text{HClO}_4 - \text{CH}_3\text{CN} - \text{H}_2\text{O}$, времени выдерживания системы до начала измерения кинетических зависимостей на каталитические свойства системы [1].

Полученные результаты, позволяют обсудить процессы, происходящие на различных этапах формирования каталитической системы.

1. На этапе А (без H^+ и H_2O) происходит очень медленное разложение комплекса $\text{Pd}_3(\text{OAc})_6$ в смесь нейтральных комплексов $\text{Pd}_n(\text{OAc})_{2n}(\text{AN})_x$, дающих сплошную полосу поглощения в области 200 – 400 нм. Спектры ЯМР (^1H и ^{13}C) системы $\text{Pd}_3(\text{OAc})_6 - \text{CD}_3\text{CN}$ показали наличие CH_3COOH , вероятно, за счет примеси H_2O в ацетонитриле.

2. Разрушение циклического и линейного тримера и димеров и полное замещение ацетатного лиганда происходит только при добавлении HClO_4 и H_2O (этап В) с образованием одноядерных комплексов палладия. При этом рост D_{275} и D_{360} в ряде случаев происходит синхронно, что позволяет предполагать, что обе полосы принадлежат одному комплексу. Если судить по данным работы [2], полоса 360 нм принадлежит комплексу $[\text{Pd}(\text{AN})(\text{H}_2\text{O})_3]^{2+}$.

3. Полоса 330-340 нм, (система III на схеме) по данным работы [2] принадлежит комплексам $[\text{Pd}(\text{AN})_2(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$. Судя по динамике превращения комплексов в изученных системах, переход динитрильного комплекса в моонитрильный является очень медленным процессом.

4. Спектр комплекса $\text{Pd}(\text{AN})_4^{2+}$ (получен в системе $\text{Pd}(\text{AN})_4(\text{NO}_3)_2$ в ацетонитриле) с максимумом при 380-385 нм не обнаружен в водно-ацетонитрильных системах.

5. Систему V с $\lambda_{\text{max}} = 305-310 \text{ nm}$, в которую при длительном выдерживании на этапе С переходят все растворы, идентифицировать пока не удается.

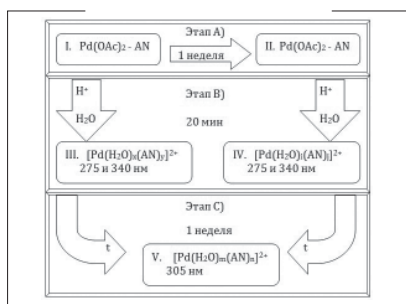
Проект реализуется при поддержке гранта РФФИ, номер 13-03-00450.

Выражается благодарность за снятие и интерпретацию ЯМР спектров Носовой Валентине Михайловне

Список использованных источников:

1. Темкин О.Н. Брук Л.Г., Захарова Д.С., Одинцов К.Ю., Кацман Е.А., Петров И.В., Истомина О.Ю. Кинетические особенности реакции окисления циклогексена п-хинонами в водно-органических растворах катионных комплексов палладия (II) // Кинетика и катализ. — 2010. — Т. 51, 5. — С. 1–13.
2. Bjorn Hellquist, la Lars I. Elding, and Yves Ducommun Mechanism for Formation and Aqueation of Palladium(II) Acetonitrile Complexes in // Inorg. Chem.. — 1988. — Т. 27. — С. 3620-3623.

Рис. 1



ДОКЛАДЧИК:

Марченко Роман Дмитриевич
(Marchenko Roman Dmitrievich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный исследовательский
Томский политехнический
университет (НИ ТПУ)
(National Research Tomsk
Polytechnic University)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Марченко Роман Дмитриевич
(Marchenko Roman Dmitrievich)
Ровкина Ксения Игоревна
(Rovkina Kseniya Igorevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Выделение и химическая характеристика полисахаридного комплекса
люцерны посевной

Extraction and characterization of polysaccharide complex of alfalfa

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Тезис затрагивает проблему выделения из растительного сырья и исследования потенциальной лекарственной субстанции. Был выделен и охарактеризован по содержанию белка, урсоловых кислот и низкомолекулярных примесей полисахаридный комплекс люцерны посевной (*Medicago sativa* L.).

Annotation

The thesis is about extraction and investigation of potential drug substance. Polysaccharide complex of alfalfa (*Medicago sativa* L.) was extracted and characterized in content of protein, uronic acids and low-molecular impurities.

Ключевые слова: люцерна посевная; полисахаридный комплекс; белки; урсоловые кислоты; эксклюзионная хроматография.

Keywords: alfalfa; polysaccharide complex; protein; uronic acids; exclusion chromatography.

Введение. Среди культивируемых растений встречается немало используемых в народной медицине видов, которые, однако, ввиду отсутствия научных данных о химическом составе и фармакологических свойствах, пока еще не нашли применения в научной медицине. Трава люцерны посевной является сырьем для получения БАД как в России, так и за рубежом: «Антихолестерин Люцерна» (Украина), «Эраконд» (Россия), «Люцерна НСП» (США). Однако биологически активные соединения данного растения, такие как полисахариды, остаются мало изученными. Более того, слабо изучено влияние условий выделения полисахаридов люцерны на их качественный и количественный состав.

Известно, что полисахариды высших растений могут обладать различными фармакологическими эффектами (противоопухолевая, иммуномодулирующая и другие виды активности). В последнее время с развитием современных физико-химических методов анализа эта группа биологически активных веществ стала более доступна для изучения.

В связи вышеизложенным, представляется актуальным исследовать параметры выделения и охарактеризовать полисахаридный комплекс (ПСК) люцерны посевной.

Цель работы: изучить влияние параметров выделения на выход и состав полисахаридного комплекса люцерны посевной.

Задачи: изучить влияние pH и фракционного состава сырья на выход полисахаридного комплекса; определить выход полисахаридного комплекса при изменении кратности экстракции; охарактеризовать каждый выделенный полисахаридный комплекс по содержанию урсоловых кислот, белка и низкомолекулярных примесей.

Материалы и методы. Надземную часть люцерны посевной измельчали и разделяли на фракции путем просеивания через сита с различными диаметрами отверстий (1,2 мм, 2 мм, 3 мм, 10 мм). Получали 5 фракций сырья различного размера (менее 1,2 мм – фракция 1; 1,2-2 мм – фракция 2; 2-3 мм – фракция 3; 3-10 мм – фракция 4; более 10 мм – фракция 5), каждую из фракций обрабатывали 70% кипящим этанолом в течение 1 часа (отношение сырье : экстрагент 1:30) для ингибирования ферментов и удаления низкомолекулярных и липофильных веществ.

Обработанное спиртом сырье сушили и проводили трехкратную водную экстракцию полисахаридов (отношение сырье : экстрагент 1:20, температура 90°C в течение 1 часа) при значениях pH 2, 7, 9, обеспеченных использованием растворов HCl и NaOH. Шрот от экстракта отделяли фильтрованием под вакуумом через бумажный фильтр, экстракт центрифугировали при 3000 об/мин в течение 15 минут для удаления механических частиц. ПСК осаждали 96% этанолом (отношение раствор ПСК : этанол 1:4), отстаивали осадок при температуре 4°C в течение 12 часов.

Осажденные полисахариды центрифугировали при 4400 об/мин в течение 5 минут, осадок растворяли в 100 мл дистиллированной воды в течение 1 часа на магнитной мешалке. Раствор центрифугировали при 4400 об/мин в течение 5 минут для удаления денатурированного белка. Раствор полисахаридов очищали методом ультрафильтрации на кассетах с MWCO

Таблица 1 – Экспериментальные образцы полисахаридного комплекса люцерны посевной

КРАТНОСТЬ	pH	ФРАКЦИЯ				
		1	2	3	4	5
1	2	PSM52.1-1	PSM52.2-1	PSM52.3-1	PSM52.4-1	PSM52.5-1
	7	PSM57.1-1	PSM57.2-1	PSM57.3-1	PSM57.4-1	PSM57.5-1
	9	PSM59.1-1	PSM59.2-1	PSM59.3-1	PSM59.4-1	PSM59.5-1
2	2	PSM52.1-2	PSM52.2-2	PSM52.3-2	PSM52.4-2	PSM52.5-2
	7	PSM57.1-2	PSM57.2-2	PSM57.3-2	PSM57.4-2	PSM57.5-2
	9	PSM59.1-2	PSM59.2-2	PSM59.3-2	PSM59.4-2	PSM59.5-2
3	2	PSM52.1-3	PSM52.2-3	PSM52.3-3	PSM52.4-3	PSM52.5-3
	7	PSM57.1-3	PSM57.2-3	PSM57.3-3	PSM57.4-3	PSM57.5-3
	9	PSM59.1-3	PSM59.2-3	PSM59.3-3	PSM59.4-3	PSM59.5-3

Рис. 1 – Поверхностная диаграмма зависимости выхода ПСК от фракционного состава сырья при однократной экстракции и различных значениях pH

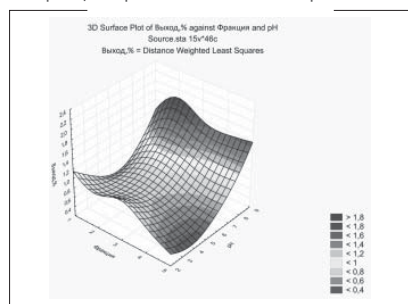
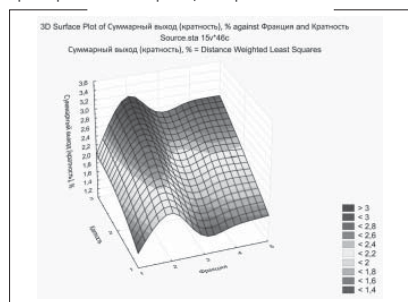


Рис. 2 – Поверхностная диаграмма зависимости суммарного выхода ПСК от фракционного состава сырья при трехкратной экстракции и pH 9



5000 Да, давление на выходе 3 атм. После очистки раствор лиофильно высушивали в течение 48 часов. Температура заморозки -35°C , давление 500 мбар. Рабочая температура -1°C , давление 100 мкбар.

Полученный полисахаридный комплекс представлял собой желтовато-бурый аморфный порошок без запаха, растворимый в воде (опалесцирующий раствор). Было получено 45 образцов полисахаридного комплекса люцерны посевной (Табл.1).

Выход полисахаридного комплекса люцерны посевной определяли гравиметрическим методом. Для этого лиофильно высушенный полисахаридный комплекс взвешивали на аналитических весах с точностью до 0,0001 г и рассчитывали выход полисахаридов относительно взятой навески сырья.

Содержание белка определялось методом Лоури без предварительного осаждения. Измерение оптической плотности испытуемых и стандартных растворов проводилось на спектрофотометре при длине волны 750 нм в кюветах с толщиной слоя 10 мм относительно раствора сравнения.

Содержание уронных кислот определялось модифицированным карбазол-серным методом. 0,1 г (точная навеска) полисахаридов растворяли в 25 мл воды при интенсивном перемешивании до полного растворения (Раствор А). 250 мкл раствора А помещали в пробирку, параллельно готовили раствор сравнения, используя вместо раствора А 250 мкл воды очищенной. В пробирки с анализируемым и контрольным растворами добавляли 0,01 мл раствора сульфаминовой кислоты и тщательно перемешивали. Затем пробирки помещали в емкость со льдом и осторожно, по каплям, по стенке пробирки приливали 2,5 мл охлажденного раствора тетрабората натрия в концентрированной серной кислоте, не допуская нагрева смеси. Затем пробирки нагревали в кипящей водяной бане в течение 6 минут, после чего вновь охлаждали в емкости со льдом. В пробирки добавляли 0,05 мл 0,2% раствора карбазола и помещали в кипящую водяную баню на 10 минут, затем охлаждали до комнатной температуры и измеряли оптическую плотность на спектрофотометре относительно растворов сравнения при 535 нм.

Содержание низкомолекулярных примесей определялось методом эксклюзионной хроматографии. Молекулярная масса веществ, входящих в состав исследуемых ПСК, определялась по времени удерживания, в соответствии с градуировочными значениями, определенными по стандартным образцам декстранов с молекулярной массой в диапазоне от 1 до 5000 кДа («Sigma-Aldrich», США) при тех же условиях хроматографирования.

Готовые растворы ПСК центрифугировали в течение 15 минут при 15000 об/мин для удаления механических частиц. Анализ проводили на жидкостном хроматографе Ultimate 3000 (Германия, «Dionex»). Условия хроматографирования: колонка TSK Gel GMPWXL, 300*78 mm, 13 μm , подвижная фаза – вода, скорость потока 1 мл/мин. Детектирование рефрактометрическое, температура ячейки детектора 40°C .

Результаты. Результаты выделения ПСК представлены в таблице 2. При однократной экстракции обнаружили тенденцию увеличения выхода ПСК при увеличении водородного показателя.

В ряду однократной экстракции сырья при pH 2 наибольшие выходы достигали 1,22% и 1,38% при использовании сырья 1 и 3 фракций соответственно; при pH 7 наибольшие выходы достигали 1,19% и 1,09% при использовании сырья 2 и 3 фракций соответственно; при pH 9 наилучший выход достиг 2,28% при использовании сырья 2 фракции (Рис.1).

При трехкратной экстракции с использованием сырья с различным размером частиц при pH 9 наибольший суммарный выход ПСК наблюдался при использовании 2 фракции сырья: суммарный выход при кратности 3 достиг 3,40% от массы воздушно-сухого сырья, при кратности 1 – 2,28% (Рис.2).

В таблице 3 представлены полученные данные о количестве белка в ПСК люцерны посевной.

Таблица 2 – Содержание ПСК в надземной части люцерны посевной

Шифр	Масса сырья, г	Масса ПСК, г	Выход, %	Шифр	Масса сырья, г	Масса ПСК, г	Выход, %
PSM52.1-1	4,8050	0,0585	1,217±0,061	PSM59.3-2	4,5192	0,0307	0,679±0,034
PSM57.1-1	4,8160	0,0341	0,708±0,035	PSM52.3-3	4,1463	0,0034	0,082±0,004
PSM59.1-1	4,7830	0,0622	1,300±0,065	PSM57.3-3	4,2783	0,0097	0,227±0,011
PSM52.1-2	4,8050	0,0165	0,343±0,017	PSM59.3-3	4,5192	0,0282	0,624±0,031
PSM57.1-2	4,8180	0,0058	0,120±0,006	PSM52.4-1	6,2787	0,0344	0,548±0,027
PSM59.1-2	4,7830	0,0251	0,524±0,026	PSM57.4-1	5,3481	0,0383	0,716±0,036
PSM52.1-3	4,8020	0,0154	0,321±0,016	PSM59.4-1	5,3330	0,0831	1,558±0,078
PSM57.1-3	4,8160	0,0132	0,274±0,014	PSM52.4-2	6,2787	0,0242	0,385±0,019
PSM59.1-3	4,7830	0,0062	0,130±0,006	PSM57.4-2	5,3481	0,0309	0,578±0,029
PSM52.2-1	6,2210	0,0344	0,553±0,028	PSM59.4-2	5,3330	0,0410	0,769±0,038
PSM57.2-1	6,2140	0,0737	1,186±0,059	PSM52.4-3	6,2787	0,0210	0,334±0,017
PSM59.2-1	6,2150	0,1416	2,278±0,114	PSM57.4-3	5,3481	0,0188	0,352±0,018
PSM52.2-2	6,2210	0,0242	0,389±0,019	PSM59.4-3	5,3330	0,0284	0,533±0,027
PSM57.2-2	6,2140	0,0309	0,497±0,025	PSM52.5-1	3,8482	0,0185	0,481±0,024
PSM59.2-2	6,2150	0,0410	0,660±0,033	PSM57.5-1	3,8697	0,0341	0,881±0,044
PSM52.2-3	6,2210	0,0639	1,027±0,051	PSM59.5-1	3,9259	0,0622	1,584±0,079
PSM57.2-3	6,2140	0,0311	0,501±0,025	PSM52.5-2	3,8482	0,0432	1,123±0,056
PSM59.2-3	6,2150	0,0284	0,457±0,023	PSM57.5-2	3,8697	0,0467	1,207±0,060
PSM52.3-1	4,1463	0,0570	1,375±0,069	PSM59.5-2	3,9259	0,0251	0,639±0,032
PSM57.3-1	4,9865	0,0546	1,095±0,055	PSM52.5-3	3,8482	0,0005	0,013±0,001
PSM59.3-1	4,5192	0,0565	1,250±0,063	PSM57.5-3	3,8697	0,0280	0,724±0,036
PSM52.3-2	4,1463	0,0211	0,509±0,025	PSM59.5-3	3,9259	0,0238	0,606±0,030
PSM57.3-2	4,9865	0,0434	0,870±0,044				

Таблица 3 – Количество белка в полисахаридном комплексе люцерны посевной

Шифр	Количество белка, %	Шифр	Количество белка, %	Шифр	Количество белка, %
PSM52.1-1	11,7±0,51	PSM52.2-3	11,23±0,54	PSM52.4-2	14,4±0,58
PSM57.1-1	14,95±0,72	PSM57.2-3	9,62±0,40	PSM57.4-2	10,57±0,46
PSM59.1-1	12,44±0,49	PSM59.2-3	9,13±0,42	PSM59.4-2	10,76±0,51
PSM52.1-2	8,85±0,42	PSM52.3-1	19,53±0,92	PSM52.4-3	20,22±0,91
PSM57.1-2	13,31±0,58	PSM57.3-1	12,21±0,51	PSM57.4-3	11,01±0,52
PSM59.1-2	10,74±0,50	PSM59.3-1	16,43±0,67	PSM59.4-3	15,7±0,70
PSM52.1-3	18,53±0,65	PSM52.3-2	12,44±0,50	PSM52.5-1	29,56±0,34
PSM57.1-3	13,59±0,57	PSM57.3-2	9,55±0,41	PSM57.5-1	21,94±0,93
PSM59.1-3	16,52±0,72	PSM59.3-2	8,79±0,38	PSM59.5-1	17,15±0,79
PSM52.2-1	14,28±0,60	PSM52.3-3	17,57±0,81	PSM52.5-2	11,29±0,50
PSM57.2-1	12,95±0,54	PSM57.3-3	12,37±0,53	PSM57.5-2	11,21±0,51
PSM59.2-1	10,47±0,51	PSM59.3-3	18,69±0,80	PSM59.5-2	14,23±0,70
PSM52.2-2	5,22±0,14	PSM52.4-1	13,67±0,63	PSM52.5-3	-
PSM57.2-2	7,61±0,27	PSM57.4-1	19,13±0,78	PSM57.5-3	16,74±0,66
PSM59.2-2	7,62±0,29	PSM59.4-1	14,72±0,49	PSM59.5-3	21,43±0,89

Среднее значение содержания белка в ПСК, извлеченных при pH 2, составило 16,11±0,72%; при pH 7 – 13,12±0,59%; при pH 9 – 14,05±0,62%. Среднее значение примесей белка в ПСК, полученных при использовании 1 фракции сырья, составило 13,40±0,61%; 3 фракции – 14,18±0,60%; 4 фракции – 14,46±0,60%; 5 фракции – 14,96±0,59%; наименьшее количество белка было обнаружено в ПСК, полученных при использовании 2 фракции сырья, и составило 11,01±0,51%.

В таблице 4 представлены полученные данные о содержании уроновых кислот в ПСК люцерны посевной.

Содержание уроновых кислот в ПСК люцерны посевной, полученных при

Таблица 4 – Содержание уроновых кислот в полисахаридном комплексе люцерны посевной

Шифр	Концентрация уроновых кислот, %	Шифр	Концентрация уроновых кислот, %	Шифр	Концентрация уроновых кислот, %
PSM52.1-1	7,76±1,15	PSM52.2-3	10,82±1,98	PSM52.4-2	9,37±2,19
PSM57.1-1	9,02±1,76	PSM57.2-3	9,57±0,59	PSM57.4-2	10,39±2,16
PSM59.1-1	11,49±2,87	PSM59.2-3	8,28±0,78	PSM59.4-2	10,63±2,01
PSM52.1-2	10,03±3,75	PSM52.3-1	9,9±2,38	PSM52.4-3	13,34±1,8
PSM57.1-2	7,36±2,36	PSM57.3-1	9,32±5,63	PSM57.4-3	10,72±1,98
PSM59.1-2	10,94±5,1	PSM59.3-1	16,84±4,67	PSM59.4-3	7,78±3,62
PSM52.1-3	9,08±2,35	PSM52.3-2	14,94±7,64	PSM52.5-1	3,08±1,72
PSM57.1-3	8,88±2,47	PSM57.3-2	9,4±0,91	PSM57.5-1	5,5±2,21
PSM59.1-3	8,07±2,55	PSM59.3-2	12,69±2,19	PSM59.5-1	9,08±0,84
PSM52.2-1	8,47±5,37	PSM52.3-3	14,85±6,94	PSM52.5-2	14,12±2,52
PSM57.2-1	10,87±1,5	PSM57.3-3	13,98±4,05	PSM57.5-2	12,65±0,22
PSM59.2-1	12,26±4,45	PSM59.3-3	7,94±1,48	PSM59.5-2	9,29±2,64
PSM52.2-2	7,87±4,89	PSM52.4-1	2,03±0,28	PSM52.5-3	-
PSM57.2-2	10,48±5,76	PSM57.4-1	6,36±0,65	PSM57.5-3	9,84±2,95
PSM59.2-2	12,91±1,91	PSM59.4-1	8,22±1,72	PSM59.5-3	10,15±2,02

Таблица 5 – Содержание низкомолекулярных примесей в полисахаридном комплексе люцерны посевной

pH 2 варьирует от $2,03 \pm 0,28\%$ до $14,94 \pm 7,64\%$; при pH 7 – от $5,5 \pm 2,21\%$ до $13,98 \pm 4,05\%$; при pH 9 – от $7,78 \pm 3,6\%$ до $16,84 \pm 4,67\%$. Среднее значение содержания уроновых кислот в ПСК, извлеченных при pH 2, составило $9,69 \pm 2,81\%$; при pH 7 – $9,62 \pm 2,35\%$; при pH 9 – $10,44 \pm 2,59\%$. Среднее значение содержания уроновых кислот в ПСК, полученных при использовании 1 фракции сырья, составило $9,18 \pm 2,71\%$; 2 фракции – $10,17 \pm 3,02\%$; 3 фракции – $12,21 \pm 3,99\%$; 4 фракции – $8,76 \pm 1,82\%$; 5 фракции – $8,19 \pm 1,68\%$.

Содержание низкомолекулярных веществ в ПСК люцерны посевной приведено в таблице 5. Низкомолекулярными веществами считаются вещества с молекулярной массой менее 5000 Да.

Шифр	Содержание низкомолекулярных примесей, %	Шифр	Содержание низкомолекулярных примесей, %	Шифр	Содержание низкомолекулярных примесей, %
PSMS2.1-1	0,00	PSMS2.2-3	0,04	PSMS2.4-2	$0,29 \pm 0,01$
PSMS7.1-1	$0,18 \pm 0,01$	PSMS7.2-3	0,01	PSMS7.4-2	$0,10 \pm 0,01$
PSMS9.1-1	$3,60 \pm 0,18$	PSMS9.2-3	$1,36 \pm 0,07$	PSMS9.4-2	0,00
PSMS2.1-2	$9,85 \pm 0,49$	PSMS2.3-1	$0,81 \pm 0,04$	PSMS2.4-3	0,00
PSMS7.1-2	$2,83 \pm 0,14$	PSMS7.3-1	$2,05 \pm 0,10$	PSMS7.4-3	0,00
PSMS9.1-2	0,01	PSMS9.3-1	$0,56 \pm 0,03$	PSMS9.4-3	0,00
PSMS2.1-3	0,00	PSMS2.3-2	$2,90 \pm 0,15$	PSMS2.5-1	$1,47 \pm 0,07$
PSMS7.1-3	$0,48 \pm 0,02$	PSMS7.3-2	$0,19 \pm 0,01$	PSMS7.5-1	$1,55 \pm 0,08$
PSMS9.1-3	0,00	PSMS9.3-2	$0,12 \pm 0,01$	PSMS9.5-1	$0,42 \pm 0,02$
PSMS2.2-1	0,00	PSMS2.3-3	$4,60 \pm 0,23$	PSMS2.5-2	$10,57 \pm 0,53$
PSMS7.2-1	0,00	PSMS7.3-3	$10,57 \pm 0,53$	PSMS7.5-2	$0,42 \pm 0,02$
PSMS9.2-1	$0,15 \pm 0,01$	PSMS9.3-3	0,00	PSMS9.5-2	$1,02 \pm 0,05$
PSMS2.2-2	$0,19 \pm 0,01$	PSMS2.4-1	$41,04 \pm 2,05$	PSMS2.5-3	-
PSMS7.2-2	$0,26 \pm 0,01$	PSMS7.4-1	$1,02 \pm 0,05$	PSMS7.5-3	$1,18 \pm 0,06$
PSMS9.2-2	$0,36 \pm 0,02$	PSMS9.4-1	$0,63 \pm 0,03$	PSMS9.5-3	$0,70 \pm 0,04$

Среднее содержание низкомолекулярных примесей в ПСК, извлеченных при pH 2 составило $5,13 \pm 0,26\%$; при pH 7 – $1,39 \pm 0,06\%$; при pH 9 – $0,60 \pm 0,03\%$. Среднее содержание низкомолекулярных примесей в ПСК, полученных при использовании 1 фракции сырья, составило $1,81 \pm 0,09\%$; 2 фракции – $0,62 \pm 0,03\%$; 3 фракции – $0,34 \pm 0,02\%$; 4 фракции – $0,63 \pm 0,03\%$; 5 фракции – $0,71 \pm 0,03\%$. Диапазон масс полисахаридных комплексов люцерны посевной составил 700-1200 кДа.

Вывод. Выявлена тенденция увеличения выхода ПСК при росте водородного показателя. Максимальный средний выход был определен при экстракции при pH 9 и составил $1,954 \pm 0,094\%$ от массы воздушно-сухого сырья. Изучено влияние фракционного состава на выход полисахаридного комплекса. Наибольший средний выход ПСК определен при использовании сырья 2 фракции с размером частиц 1,2-2 мм и составил $1,132 \pm 0,054\%$ от массы воздушно-сухого сырья. Определен выход ПСК при изменении кратности экстракции. Максимальный выход в оптимальных условиях (pH 9, 2 фракция сырья) при трехкратной экстракции составил $3,40 \pm 0,17\%$ от массы воздушно-сухого сырья. В каждом полисахаридном комплексе определено содержание уроновых кислот, белка и низкомолекулярных примесей. Наибольшее среднее содержание уроновых кислот и наименьшее среднее содержание низкомолекулярных примесей обнаружено в ПСК, выделенных при pH 9 и составило $10,44 \pm 1,59\%$ и $0,60 \pm 0,03\%$, соответственно; наименьшее среднее содержание белка обнаружено в ПСК, выделенных при pH 7 и составило $13,12 \pm 0,59\%$. В ПСК, выделенных с использованием 2 фракции сырья, обнаружено наименьшее среднее содержание белка, которое составило $9,29 \pm 0,39\%$; наибольшее среднее содержание уроновых кислот и наименьшее среднее содержание низкомолекулярных примесей обнаружено в ПСК, извлеченных из 3 фракции сырья, и составило $12,49 \pm 0,56\%$ и $0,34 \pm 0,02\%$, соответственно.

ДОКЛАДЧИК:

Миляев Александр Сергеевич
(Milyaev Alexander)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Воронежский государственный университет

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Миляев Александр Сергеевич
(Milyaev Alexander)

Паршина Анна Валерьевна
(Parshina Anna)

Рыжкова Елена Александровна
(Ryzhkova Helen)

Бобрешова Ольга Владимировна
(Bobreshova Olga)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Определение катионов аргинина с помощью пд-сенсоров на основе перфторированных мембран

Determination of cations arginine with using pd-sensor based on perfluorinated membranes

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Представлены результаты определения катионов аргинина с помощью ПД-сенсоров (сенсора, аналитическим сигналом которого является потенциал Доннана) на основе гибридных мембран МФ-4СК. В качестве допанта использован гидратированный оксид кремния.

Annotation

The results of the determination of cations arginine using the PD-sensors (sensors which analytical signal is the Donnan potential) based on hybrid membranes MF-4SK are presented. Hydrated silicon oxide was used as the dopant.

Ключевые слова: ПД-сенсор, перекрестная чувствительность, перфторированные сульфокатионообменные мембраны, гибридные мембраны, аргинин

Keywords: PD-sensors; cross sensitivity; perfluorinated sulfonated cation-exchange membranes; hybrid membranes; arginine

Поскольку аминокислоты являются важными компонентами фармацевтических препаратов, продуктов для детского и спортивного питания, актуальной является проблема их определения в растворах, имеющих сложный ионно-молекулярный состав. Сложность потенциометрического определения соединений такого класса в водных растворах связана с их амфолитическими свойствами, вследствие которых концентрации их ионных форм зависят от величины pH раствора и присутствия других электролитов. Ранее была показана возможность использования перекрестно чувствительных ПД-сенсоров (сенсоры, аналитическим сигналом которых является потенциал Доннана) на основе перфторированных сульфокатионообменных мембран для определения катионов и анионов некоторых аминокислот при различных pH [1-3]. В работах [3-5] выявлено, что одним из способов варьирования чувствительности ПД-сенсоров к ионам аминокислот и мешающим их определению неорганическим ионам является использование гибридных материалов на основе перфторированных сульфокатионообменных мембран.

Целью данной работы являлось исследование чувствительности ПД-сенсоров на основе перфторированных сульфокатионообменных мембран МФ-4СК, в том числе содержащих наночастицы диоксида кремния, к катионам аргинина в водных растворах аргинина гидрохлорида.

В соответствии с поставленной целью планировалось решение следующих задач:

1. определение ионного состава водных растворов L-аргинина гидрохлорида;
2. градуировка ПД-сенсоров на основе немодифицированных и гибридных мембран с гидратированным SiO_2 в водных растворах L-аргинина гидрохлорида.

В качестве объектов исследования выбраны индивидуальные водные растворы L-аргинина гидрохлорида с концентрацией от $1,0 \cdot 10^{-4}$ до $1,0 \cdot 10^{-1}$ М.

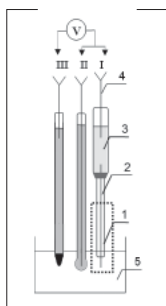
Для организации ПД-сенсоров использовали исходные и градиентно модифицированные наночастицами гидратированного SiO_2 мембраны МФ-4СК в К-форме. Во всех образцах допант содержался только в части мембраны, контактирующей с исследуемым раствором. Часть мембраны, контактирующая с раствором сравнения сенсора, не была модифицирована. Концентрация SiO_2 в модифицированном конце мембраны составили 3 мас.%. Образцы гибридных мембран были предоставлены Лабораторией ионки функциональных материалов ИОНХ РАН (заведующий лабораторией – проф., д.х.н., член-корр. РАН А. Б. Ярославцев). Синтез мембран и определение содержания в них допанта выполнен с.н.с. ИОНХ РАН к.х.н. Е. Ю. Сафроновой.

Схема электрохимической измерительной ячейки для градуировки ПД-сенсора в водных растворах представлена на рис. 1. Измерительная ячейка включает ПД-сенсор [1], стеклянный электрод для контроля pH, хлоридсеребряный электрод и многоканальный потенциометр.

Результаты

При растворении аминокислоты в воде между катионной, анионной и

Рис. 1 - Схема электрохимической ячейки для оценки доннановского потенциала в водных растворах: I – ПД-сенсор; II – стеклянный электрод; III – хлоридсеребряный электрод; V – многоканальный потенциометр; 1 – модифицированная часть мембраны; 2 – не модифицированная часть мембраны; 3 – внутренний раствор сравнения ПД-сенсора; 4 – внутренний электрод сравнения (Ag/AgCl) ПД-сенсора; 5 – исследуемый раствор [1]



цвиттер-ионной формами устанавливается равновесие. Для аминокислоты L-аргинин равновесие ионных форм в растворе описывается уравнением (1):



Ионный состав исследуемых водных растворов аминокислоты рассчитывали на основании экспериментальных значений pH с учетом уравнений электронейтральности, материального баланса и констант диссоциации исследуемой аминокислоты (pK1=2,17, pK2=9,04, pK3=12,48. Результаты расчета ионного состава представлены в таблице 1. Согласно полученным данным, в исследуемых растворах в интервале pH от 5,68±0,05 до 7,56±0,05 аминокислота L-аргинина находится в форме однозарядных катионов.

Таблица 1 – pH и ионный состав водных растворов аргинина гидрохлорида

С,М	pH±0,05	[H ₃ O ⁺], М	[ArgH ²⁺], М	[ArgH ⁺], М	[ArgH [±]], М	[ArgH [±]], М
1,0·10 ⁻⁴	7,56	2,8·10 ⁻⁸	4,5·10 ⁻³⁵	1,0·10 ⁻⁴	1,2·10 ⁻⁹	4,0·10 ⁻¹¹
5,0·10 ⁻⁴	7,02	9,6·10 ⁻⁸	7,7·10 ⁻³⁴	5,0·10 ⁻⁴	1,7·10 ⁻⁹	1,7·10 ⁻¹¹
1,0·10 ⁻³	6,62	2,4·10 ⁻⁷	3,9·10 ⁻³³	1,0·10 ⁻³	1,4·10 ⁻⁹	5,3·10 ⁻¹²
5,0·10 ⁻³	6,28	5,3·10 ⁻⁷	4,3·10 ⁻³²	5,0·10 ⁻³	3,2·10 ⁻⁹	5,5·10 ⁻¹²
1,0·10 ⁻²	6,01	9,8·10 ⁻⁷	1,6·10 ⁻³¹	1,0·10 ⁻²	3,4·10 ⁻⁹	3,2·10 ⁻¹²
5,0·10 ⁻²	5,71	2,0·10 ⁻⁶	1,6·10 ⁻³⁰	5,0·10 ⁻²	8,5·10 ⁻⁹	4,0·10 ⁻¹²
1,0·10 ⁻¹	5,68	2,1·10 ⁻⁶	3,4·10 ⁻³⁰	1,0·10 ⁻¹	1,6·10 ⁻⁹	6,9·10 ⁻¹²

В качестве градуировочных получены уравнения, учитывающие влияние на отклик сенсора нескольких факторов: аналитической концентрации pH аргинина (2).

$$Y = b_0 + b_1 pArq + b_2 pH, \quad (2)$$

где pArq – отрицательный логарифм суммарной концентрации катионов аргинина, b₀ – свободный член градуировочного уравнения (мВ); b₁, b₂ – предлогарифмические коэффициенты (мВ/рС), являющиеся оценками чувствительности отклика сенсора к соответствующим ионам.

В таблице 2 представлены коэффициенты чувствительности ПД-сенсоров на основе исходной и градиентно модифицированной наночастицами гидратированного SiO₂ мембран к ионам аргинина в исследуемых растворах.

Таблица 1 – pH и ионный состав водных растворов аргинина гидрохлорида

Количество SiO ₂ , мас. %	0	3
b ₀ , мВ	87,4±2,5	101,3±2,4
b ₁ , мВ/рС	60,6±1,7	63,1±0,8
b ₂ , мВ/pH	15,7±1,4	18,3±1,2

Получено, что в индивидуальных растворах ArgHCl чувствительность ПД-сенсоров как к органическим катионам, так и к ионам H₃O⁺ возрастает в следующем ряду: МФ-4СК < МФ-4СК(3 % SiO₂). При этом чувствительность ПД-сенсоров к ионам H₃O⁺ также возрастает в данном ряду.

Выводы

На основании экспериментальных значений pH с учетом уравнений электронейтральности, материального баланса и констант диссоциации аминокислоты рассчитан ионный состав водных растворов L-аргинина. Получено, что в интервале pH от 5,68±0,05 до 7,56±0,05 L-аргинин находится в форме однозарядного катиона.

Получены градуировочные уравнения ПД-сенсоров на основе немодифицированной мембраны МФ-4СК и гибридной мембраны МФ-4СК с гидратированным диоксидом кремния в водных растворах L-аргинина в интервале pH от 5,68±0,05 до 7,56±0,05. Для градуировки ПД-сенсоров в исследуемых растворах использовали регрессию по дробным наименьшим квадратам с учетом влияния на отклик ПД-сенсора двух факторов: pH и отрицательного логарифма суммарной концентрации катионов аргинина pArg. Получено, что использование гибридной мембраны МФ-4 СК+3 мас.% SiO₂ приводит к увеличению чувствительности и точности определения однозарядных катионов L-аргинина. Относительная погрешность определения концентрации ArgH⁺ в растворах ArgHCl не превышала 5%.

Список литературы

1. Определение аминокислот, витаминов и лекарственных веществ в водных растворах с использованием новых потенциометрических сенсоров, аналитическим сигналом которых является потенциал Доннана [Текст] / О. В. Бобрешова, А.В. Паршина, М.В. Агулова, К.А. Полуместная // Электрохимия. – 2010. – Т. 46. – №. 11. – С. 1338-1349.
2. Влияние ионно-молекулярного состава перфторполимеров и природы аминокислот на величину потенциала Доннана на межфазной границе полимер/раствор [Текст] / А.В. Паршина, О.В. Бобрешова, К.А. Полуместная [и др.] // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2012. – Т. 14. – № 1. – С. 70-76.

3. Потенциометрическое определение анионов глицина, аланина, лейцина и катионов калия в щелочных растворах с использованием мембран Nafion и МФ-4СК, модифицированных ZrO_2 [Текст] / О.В. Бобрешова, А.В. Паршина, Е.Ю. Сафронова [и др.] // Мембраны и мембранные технологии. – 2015. – Т. 5. – № 2. – С. 125-130.
4. Гибридные перфторированные сульфосодержащие мембраны с наночастицами оксида циркония (IV) – электродноактивный материал потенциометрических сенсоров [Текст] / О.В. Бобрешова, А.В. Паршина, К.Ю. Янкина [и др.] // Российские нанотехнологии. – 2013. – Т. 8. – № 11-12. – С. 58-64.
5. Совместное потенциометрическое определение катионов и анионов в мультиионных растворах с использованием ПД-сенсоров на основе мембран МФ-4СК и Nafion, наномодифицированных оксидами циркония и кремния [Текст] / О.В. Бобрешова, А.В. Паршина, К.Ю. Янкина [и др.] // Российскиенанотехнологии. – 2014. – Т.9. – №9-10. – С.5-10.

ДОКЛАДЧИК:

Михеенкова Анастасия
Эдуардовна
(Mikheenkova Anastasiia
Eduardovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Определение эндогенных маркеров в выдыхаемом воздухе для контроля состояния здоровья кандидатов в космонавты, космонавтов и инструкторов-космонавтов

The determination biomarkers in exhaled air as a part of medical astronaut candidate, astronaut and instructor-astronaut health state examination

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Самарский Государственный
Аэрокосмический
университет имени академика
С.П.Королёва (национальный
исследовательский университет)
(СГАУ)
(Samara State Aerospace
University (SSAU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Михеенкова Анастасия
Эдуардовна
(Mikheenkova Anastasiia Eduardovna)
Лобанова Марина Сергеевна
(Lobanova Marina Sergeevna)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В работе показана возможность комплексного использования микроаналитических систем для исследования выдыхаемого воздуха при медицинском освидетельствовании состояния здоровья кандидатов в космонавты, космонавтов и инструкторов-космонавтов, скрининге функционирования жизненно важных функций организма во время пилотируемого полета и определения факторов риска нарушения функций сердечно-сосудистой системы.

Annotation

The complex microanalytical systems applicability for the breath exhale analysis as a part of medical astronaut candidate, astronaut and instructor-astronaut health state examination is shown in this research work. The systems can also be used for organism vital functions screening during the manned flight and determination of cardiovascular system functional impairment risk factors.

Ключевые слова: Пробоподготовка, концентрирование, микроаналитические системы, определение факторов риска, биомаркеры, газовая хроматография

Keywords: Sample preparation, concentrating, microanalytical systems, the risk factors definition, biomarkers, gas chromatography

Вследствие воздействия на человека условий полета и космического пространства, происходит напряжение регуляторных систем, затем снижение уровня функциональных резервов и, как результат, наблюдается проявление скрытых патологий [1], которые могут привести к нарушению функций организма. По такому же механизму происходит изменение процессов организма в любых экстремальных условиях и стрессовых ситуациях, поэтому подобным рискам подвержены также пилоты, спасатели МЧС и даже спортсмены. Амбулаторные методы не всегда предоставляют возможность своевременного обнаружения таких патологий. В последние годы интенсивно развивается новое направление в медицинской диагностике, основанное на неинвазивном методе исследования – анализе выдыхаемого воздуха. Несомненным преимуществом неинвазивных методов является возможность их применения как в амбулаторных условиях, так и в условиях реанимации [2-6]. Кроме того, неинвазивная диагностика позволяет обнаружить заболевание на самых ранних стадиях, когда другие методы еще не достаточно информативны.

Известно, что в выдыхаемом воздухе содержится более 600 летучих и нелетучих соединений, около 20 из них наиболее чувствительны к изменению функционального здоровья и могут служить естественными биомаркерами ряда заболеваний. Так эндогенный н-пентан считается биомаркером перекисного окисления липидов [6]. Наиболее целесообразными для определения биомаркеров в выдыхаемом воздухе являются высокочувствительные методы газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии [5, 7]. При этом определяющим фактором является адекватный пробоотбор и пробоподготовка, исключающие

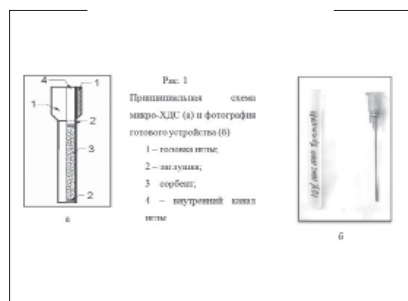


Рис. 2 - Зависимость концентрации пентана от продолжительности использования микро-ХДС в дискретном режиме

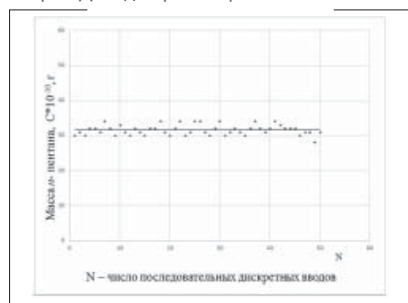


Таблица 1 – Оценка предела сходимости и воспроизводимости приготовления градуировочных газовых смесей (ГГС)

Способ приготовления градуировочных растворов	Масса аналита в ГГС, м, нг	Предел сходимости σ , %	Предел воспроизводимости R , %	Корреляционный коэффициент K
ГГС, приготовленные статическим гравиметрическим методом	100	10,15	15,78	0,91
	10	12,23	17,61	
	1	18,35	22,12	
ГГС, приготовленные динамическим ХДС-методом	100	5,23	7,65	0,97
	10	6,10	8,74	
	1	7,89	9,03	
ГГС, приготовленные динамическим ХДС-методом в дискретном режиме	3	12,10	15,65	0,92
	1	12,36	15,70	

внесение дополнительных артефактов, поскольку концентрация биомаркеров в выдыхаемом воздухе содержится на уровне микропримесей. Целью настоящей работы являлась разработка методических приемов и способов, позволяющих осуществлять адекватную градуировку при анализе н-пентана в выдыхаемом воздухе.

Лимитирующим фактором, определяющим точность и скорость выполнения измерений, является пробоотбор и концентрирование [8, 9]. Для этих целей были разработаны устройства, представляющие собой хромато-десорбционные системы (ХДС) [10] и позволяющие осуществлять градуировку и концентрирование в адекватных условиях. Сущность метода заключается в равновесном насыщении летучими органическими соединениями (ЛОС) потока инертного газа при его прохождении через ХДС, которая представляет собой трубчатый проточный контейнер, заполненный сорбентом с известным количеством ЛОС (Хроматон-AW с нанесенной на него малолетучей жидкостью ПМС-1000). Процесс получения газовых смесей хромато-десорбционным способом проводят в две стадии: хромато-сорбционная стадия заключается в равновесном насыщении сорбента ЛОС при температуре $T_{\text{нас}}$ выше рабочих температур системы $T_{\text{дес}}$; хромато-десорбционная стадия заключается в десорбции ЛОС при прохождении через систему инертного газа при температуре $T_{\text{дес}}$ ниже температуры насыщения $T_{\text{нас}}$. Таким образом, регулируется величина константы распределения веществ в системе сорбент-газ, что обеспечивает получение потоков с заданным содержанием ЛОС, при этом не требуется дополнительного разбавления и изменения других параметров системы. Закономерности хромато-десорбционного способа хорошо описываются в рамках теории метода адсорбционного равновесного концентрирования [10-12].

На рисунке 1 представлены принципиальная схема микро-ХДС (а) и фотография готового устройства (б), для получения градуировочных газовых смесей н-пентана. Устройство представляет собой медицинскую иглу диаметром 0,7 мм, заполненную сорбентом (Хроматон-AW с нанесенной на него малолетучей жидкостью ПМС-1000).

Экспериментально установлено, что при дискретном дозировании газовой смеси, ресурс работы микро-ХДС составляет не менее 50 циклов при стандартном отклонении $\delta=15\%$ (Рис.2). Важным достоинством предложенного способа является возможность построения многоточечных калибровок, посредством изменения температуры десорбции.

В таблице 1 представлены результаты оценки предела сходимости и воспроизводимости приготовления градуировочных газовых смесей, полученных различными способами. Предел сходимости рассчитывали для $n=5$, где n – количество результатов измерений, полученных на одном уровне (одним оператором, в идентичных условиях); предел воспроизводимости рассчитывали для $r=3$, где r – количество операторов, участвующих в оценке при идентичных условиях [13].

Как видно из представленных данных, по характеристикам воспроизводимости и сходимости хромато-десорбционный способ получения газовых смесей не уступает известному статическому гравиметрическому способу получения газовых смесей, а в случае динамической реализации хромато-десорбционного способа имеет место двукратное снижение как предела сходимости, так и предела воспроизводимости при приготовлении градуировочных растворов. Необходимо отметить, что ресурс дискретных хромато-десорбционных микросистем позволяет получать ГГС с содержанием аналита 1-3 нг, в то время как статический гравиметрический способ получения ГГС не позволяет этого делать с приемлемым уровнем погрешности, что обусловлено большим количеством неучтенных случайных погрешностей при выполнении ручных операций разбавления ГГС. Динамические хромато-десорбционные системы лишены указанных

Рис. 3 - Диаграмма зависимости суммарной погрешности определения концентрации н-пентана от применяемых градуировочных смесей:

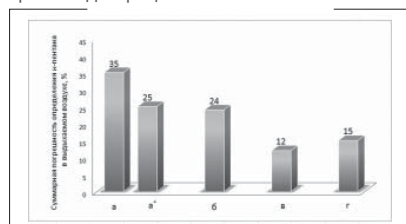
а – жидкие градуировочные растворы (без учета фона растворителя);

а* – жидкие градуировочные растворы (с вычитанием фона растворителя);

б – ГГС, приготовленные статическим гравиметрическим методом; в – ГГС, приготовленные динамическим

хромато-десорбционным способом;

г – ГГС, приготовленные дискретным хромато-десорбционным способом



недостатков и благодаря автоматизированности процесса применимы для получения ГГС в широком диапазоне концентраций, нижняя граница которого ограничена лишь порогом чувствительности детектора, при этом отсутствуют микропримеси мешающих компонентов.

Стандартные методики количественного определения пентана в воздушных средах [7] предполагают градуировку по жидким градуировочным растворам. Важно отметить, что использование жидких градуировочных растворов ограничивается уровнем чистоты растворителя, который в большинстве случаев имеет микропримеси аналита или другие мешающие микропримеси, что делает невозможным прямое определение пентана на уровне 10 ppb. Для оценки адекватности градуировки были реализованы стандартные приемы: градуировка по жидким смесям и по газовым смесям, полученным статическим гравиметрическим способом, а также градуировка и с использованием ХДС в дискретном режиме и динамической реализации. На рисунке 3 представлена диаграмма зависимости относительной систематической погрешности измерения концентрации н-пентана от применяемых градуировочных смесей.

Как видно из представленных данных использование градуировочных смесей, полученных динамическим хромато-десорбционным способом позволяет повысить точность анализа (т.е. снизить суммарную погрешность анализа) на 10-13%. При этом динамические микро-ХДС, заполненные сорбентом (Хроматон-AW с нанесенной на него малолетучей жидкостью ПМС-1000) и работающие в дискретном режиме могут быть использованы для градуировки в интервале концентраций н-пентана 1-3 нг, для расширения диапазона концентраций целесообразно использовать динамические ХДС, обеспечивающие аналогичную точность определения аналита, и характеризующиеся большим ресурсом и позволяющими реализовать автоматическое дозирование. Кроме того, необходимо отметить, что использование микроаналитических систем отвечает принципам «зеленой» химии, поскольку позволяет значительно сокращать ресурсопотребление и потребление реактивов, а в случае применения термодесорбции полностью исключает применение органических растворителей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, в рамках государственного задания на выполнение работ, Проект №608.

Список использованных источников:

1. Чувин Б. Человек в экстремальной ситуации. СПб.: Владос, 2012, 57 с.
2. Risby T.H., Pleil J.D. Meeting reports for 2013: Recent advances in breath biomarker research // Journal of Breath Research. 2013. V.7. Is.2. P.1-3.
3. Risby, T.H., Pleil, J.D. Breath analysis - past, present and future: A special issue in honour of Michael Phillips' 70th birthday // Journal of Breath Research. 2013. V.7(1). P.1-3.
4. A. Baranska, E. Tigchelaar, A. Smolinska, A. Zhernakova, F.J. Van Schooten Profile of volatile organic compounds in exhaled breath changes as a result of gluten-free diet // Journal of Breath Research. 2013. V.7 (3). P.32.
5. C. Di Natale, R. Paolesse, E. Martinelli, R. Capuano Solid-state gas sensors for breath analysis: A review // Analytica Chimica Acta. 2014. V. 824. P. 1-7.
6. A.P. Sobotka, D.E. Euler Pentane and Isoprene in Expired Air from Humans: Gas-Chromatographic Analysis of Single Breath Shanthi Mendis // Clinical Chemistry. Monitoring and Toxicology. 1994. Vol. 40. No. 8. P.1485-1488.
7. Другов Ю.С., Родин А.А. Мониторинг органических загрязнителей природной среды. 500 методик. М.: БИНОМ, 2009. 956 с.
8. Какюткина Н.И. и др. Пробоподготовка в количественном газохроматографическом анализе токсикантов воздушных сред // Зав.лаб. Диагностика материалов. 2004. Т. 70. №2. С. 3–6.
9. Шаевич А. Б., Силин А. В. - Стандарты и качество, 1967. № 12
10. Березкин В.Г., Арутюнов Ю.И., Платонов И.А., Смыгина И.Н., Никитченко Н.В. Метод получения градуировочных смесей летучих компонентов и устройство для его осуществления. Патент РФ 2324173. Бюл. изобр. №13 от 10.05.2008.
11. Березкин В.Г., Платонов И.А., Арутюнов Ю.И., Колесниченко И.Н., Никитченко Н.В. Способ получения постоянных концентраций летучих органических соединений в потоке газа и устройство для его осуществления. Патент РФ 2465584. Бюл. изобр. №30 от 27.10.2012.
12. Vitenberg A.G. Methods of equilibrium concentration for the gas chromatographic determination of trace volatiles // Journal of Chromatography A. 1991. V. 556 (1-2), pp. 1-24.
13. ГОСТ ИСО 5725-(1-6)-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерения.

ДОКЛАДЧИК:

Никонова Анна Юрьевна
(Nikonova Ann Yurievna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Спектрально-люминесцентные и генерационные свойства люминофоров на основе комплексов бора(III) с модифицированными дипирринами и аза-дипиррином

Spectral-luminescent and lasing properties of luminophores based on complexes of boron(III) with modified dipyrins and aza-dipyrin

ОРГАНИЗАЦИЯ:

ФГБОУ ВПО «ИГХТУ»
(Federal State Educational
Institution of Higher Education
“Ivanovo State University of
Chemistry and Technology”)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Никонова Анна Юрьевна
(Nikonova Ann Yurievna)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Получены спектрально-люминесцентные, генерационные, фотохимические характеристики ряда новых люминофоров на основе комплексов бора(III) (BODIPY) с алкил-, арил-, галоген- и аза-замещенными дипирринами. На основании изучения связи фотоники со структурой изученных соединений сформулированы рекомендации по применению конкретных соединений для создания активных сред перестраиваемых лазеров для области спектра 550-700 нм.

Annotation

The spectral-luminescent, lasing, photochemical characteristics of new luminophores number based on complexes of boron(III) (BODIPY) with alkyl-, aryl-, halogen-, and aza-substituted dipyrins were obtained. Based on the study due to the structure of photonics studied compounds recommendations on the using of specific compounds for the development of active media of tunable lasers for regions of the spectrum 550-700 nm were formulated.

Ключевые слова: дипиррин; BODIPY; люминофор; генерация; фотохимия; фотостабильность; лазерное излучение

Keywords: dipyrin, BODIPY; luminophore; generation; photochemistry; photostability; laser radiation

Координационные соединения бора(III) с дипирринами (BODIPY) успешно зарекомендовали себя как эффективные компоненты активных сред перестраиваемых лазеров, маркеров молекул, сенсоров характеристик окружающей среды и др. Количество работ в области синтеза новых BODIPY растет в геометрической прогрессии, но, зачастую, отсутствуют или весьма ограничены сведения о взаимосвязи «структура–свойства», необходимые для практических приложений соединений данного класса.

В связи с этим цель настоящей работы заключалась в установлении особенностей влияния алкил-, галоген-, арилзамещения в пиррольных циклах и аза-замещения по мезо-спейсеру на спектрально-люминесцентные, генерационные, фотохимические свойства пяти новых BODIPY люминофоров.

Все синтезированные BODIPY красители характеризуются интенсивными хромоформными ($\lg \epsilon$ до 5.04) и флуоресцентными (гфл от 26 до 100%) свойствами.

Соотношение интенсивностей полос в двухполосных спектрах генерации BODIPY 1 и 5 зависит от плотности мощности накачки и порога генерации, что обусловлено особенностями структуры, а значит и фотофизики, проявляющейся в изменении соотношения интенсивности в спектре флуоресценции. Например, BODIPY 5 в бутаноле имеет двухполосную генерацию $\lambda_{\text{ген}} = 564.5$ нм, 583.4 нм с 61%-ым квантовым выходом флуоресценции и КПДген от 12 до 18% при $W_{\text{нак}} = 18$ МВт/см².

Из зависимости эффективности генерации от интенсивности накачки следует, что наиболее эффективным является комплекс 2 КПД = 54%, а наименее – аза-BODIPY 5, для которого КПД составляет 1.3%.

Следует отметить высокую генерационную фотостабильность – ресурс под лазерным возбуждением изученных соединений: например, для BODIPY 3 в растворе бутанола после 37850 импульсов генерации начальный КПД увеличивается от 12 до 18%.

Квантовый выход фотопревращений при возбуждении на 532 нм минимален ($1.3 \cdot 10^{-5}$) для аза-BODIPY 5, примерно одинаков для алкилзамещенных BODIPY 1, 2 и 3 ($3 \cdot 10^{-5}$, $3.8 \cdot 10^{-5}$ и $2.2 \cdot 10^{-5}$ соответственно) и максимален – для BODIPY 4 ($1.8 \cdot 10^{-4}$).

При возбуждении УФ-излучением (355 нм) фотостабильность уменьшается на порядок, что согласуется с уменьшением квантовых выходов флуоресценции.

Таким образом, наименее фотостабильным является BODIPY 4, наиболее – дихлортетрафенилзамещенный аза-BODIPY 5. Причинами стабилизации является перенос галогенов из α в β -позиции и, самое главное, наличие

четырёх фенильных групп и аза-замещения.

Таким образом, установлено, что алкильное замещение позволяет добиться максимального квантового выхода (98%) и высоких (до 42%) значений КПД генерации BODIPY 1–3.

В сравнении с алкилзамещёнными аналогами:

Галогензамещение в BODIPY 4 приводит к 2-х кратному понижению квантового выхода флуоресценции, появлению фосфоресценции ($\phi_{\text{фос}}=18\%$), возникновению генерации вынужденного излучения с достаточно высоким КПД 32%.

Комплексное галоген-, арильное и аза-замещение даёт большой (до ~100 нм) длинноволновый сдвиг интенсивных полос спектров поглощения и флуоресценции, понижение квантового выхода флуоресценции в 4 раза, увеличение фотостабильности и понижение эффективности генерации (КПД = 1.3%), переводя её в область, интересную для практического использования BODIPY 5.

На основе растворов BODIPY 1–5 могут быть получены эффективные лазерно-активные среды, генерирующие излучение в области 540 – 690 нм при возбуждении второй (532 нм) и третьей (355 нм) гармониками Nd:YAG-лазера.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ Проект №14-33-50148-мол_нр.

ДОКЛАДЧИК:

Одноворченко Павел
Владимирович
(Odnovorchenko Pavel Vladimirovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Применение рефрактометров для контроля химических производств
Application of refractometers for control of chemical manufactures

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Санкт-Петербургский
национальный
исследовательский университет
информационных технологий,
механики и оптики
(Saint Petersburg National
Research University of
Information Technologies,
Mechanics and Optics)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Одноворченко Павел
Владимирович
(Odnovorchenko Pavel Vladimirovich)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Представлены результаты разработки и исследований промышленного рефрактометра для online мониторинга химико-технологических производств. Рефрактометр представляет моноблок, включающий в себя погружной зонд с рабочей призмой полного внутреннего отражения, и волоконно-оптические жгуты для ввода и вывода излучения, а также электронный блок.

Annotation

This paper presents the results of a design and examinations of the commercial refractometer for the online monitoring of chemical-technologic manufactures. The refractometer is a single unit including a submersible probe with an operation total-internal-reflection prism, fiber-optic bundles for the light input/output and an electronic unit.

Ключевые слова: показатель преломления; контроль химических производств; полное внутреннее отражение; рефрактометрия; промышленные рефрактометры

Keywords: refraction index; control of chemical manufactures; total internal reflection; refractometry, commercial refractometers

В основе управления разнообразными химическими производствами и процессами лежит правильно построенная система контроля технологических процессов и всего производства в целом. Высококачественный контроль обеспечивает максимальную производительность производства, безаварийность, высокое качество выпускаемой продукции. Без надежного и систематического контроля над производством, который даёт ясное представление о ходе тех или иных процессов, невозможно обеспечить оптимальный ритм производства, нормальные технологические процессы. Перспективным методом такого контроля может быть промышленная рефрактометрия, использующая оптические датчики полного внутреннего отражения. Промышленные рефрактометры устанавливаются непосредственно в технологический поток и обеспечивают непрерывное измерение концентрации растворимого сухого вещества в растворе. В настоящее время на отечественном рынке доступны различные промышленные рефрактометры зарубежного производства. Зарубежные аналоги представляемого прибора имеют высокую стоимость, зачастую не доступную отечественным производствам, а также недостаточную техническую поддержку со стороны фирм-поставщиков, поэтому создание отечественного промышленного рефрактометра, способного заместить на отечественных рынках импортные аналоги является актуальной.

Принцип действия промышленных рефрактометров основан на использовании явления полного внутреннего отражения света. На рисунке 1 приведена принципиальная схема полного внутреннего отражения. При переходе

Рис. 1 - Схема полного внутреннего отражения

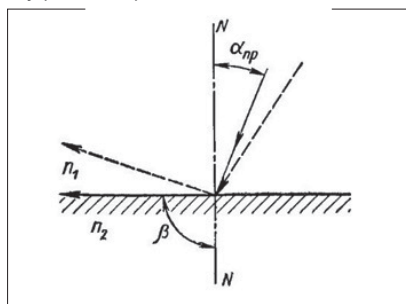


Рис. 2 - Принципиальная схема промышленного рефрактометра

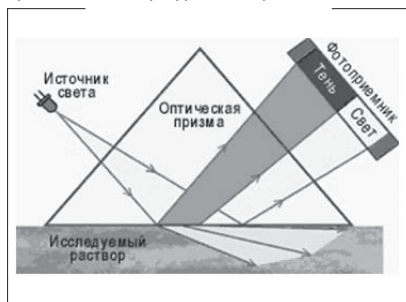


Рис. 3 - Внешний вид промышленного рефрактометра (а); структурная схема (б): 1-светодиод, 2,6 – оптоволоконные жгуты, 3-двухлинзовый конденсор, 4-призма, 5-объектив, 7-ПЗС-линейка, 8-термодатчик, 9-дисплей, 10-токовые выходы

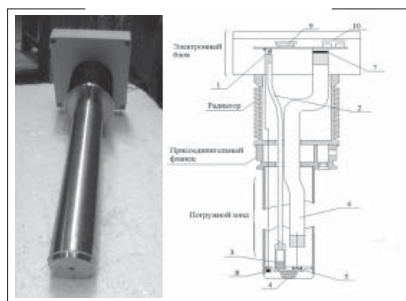
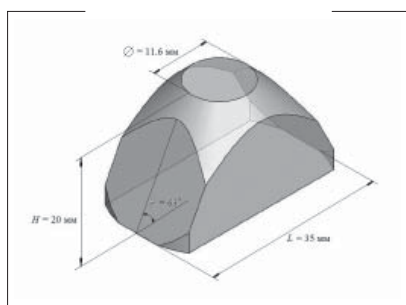


Рис. 4 - Рабочая призма в оптической системе рефрактометра: а – геометрическая конфигурация, б – ход лучей в призме



светового луча из среды с большим показателем преломления n_1 в среду с меньшим показателем преломления n_2 , можно подобрать такой предельный угол падения $\alpha_{пр}$, при котором угол преломления β будет равный 90° . В этом случае луч не попадает в оптически менее плотную среду, а пройдет по границе раздела двух сред. При всяком угле падения, который больше предельного, свет будет полностью отражаться от границы раздела. Величина предельного угла определяется отношением показателей преломления двух сред. Если у одной из сред показатель преломления постоянный, то предельный угол будет зависеть только от величины показателя преломления второй среды [1].

На рисунке 2 приведена принципиальная схема промышленного рефрактометра. Световой поток от источника излучения, в качестве которого применяется светодиод с длиной волны излучения $\lambda=633$ нм, попадает на входную грань оптической призмы и после преломления, падает на внутреннюю поверхность рабочей грани, которая омывается контролируемым раствором. Световой поток, отраженный от рабочей грани делится на две зоны: световую и затемненную. Световые лучи, падающие на рабочую грань под углами больше предельного, в результате полного внутреннего отражения дают светлую область изображения на фотоприемнике.

Лучи, падающие на рабочую грань под углами меньше предельного, частично попадают в раствор и частично отражаются, в результате чего на фотоприемнике образуется затемненная зона. В результате наложения двух зон на фотоприемнике образуется граница «свет-тень».

Положение границы «свет-тень» на фотоприемнике зависит от соотношения показателей преломления материала оптической призмы и исследуемого раствора, а также длины волны излучения и температуры среды. Поскольку показатель преломления призмы, длина волны излучения остаются постоянными, то по положению границы «свет-тень» на фотоприемнике можно однозначно определить показатель преломления раствора при некоторой температуре. Зная показатель преломления раствора и зависимость показателя преломления от концентрации, можно определить концентрацию раствора в данный момент времени при некоторой температуре [2].

Внешний вид и структурная схема промышленного рефрактометра приведены на рисунке 3. В общем случае рефрактометр представляет собой моноблок, совмещающий погружной зонд с оптической системой и электронный блок сбора, обработки и вывода данных измерений концентрации и температуры раствора. Излучение от светодиодного излучателя 1 с длиной волны $\lambda=633$ нм направляется на рабочую грань оптической призмы через оптоволоконный жгут 2. На границе раздела «исследуемый раствор – рабочая грань призмы полного внутреннего отражения» формируется изображение границы «свет-тень». Отраженный от границы раздела свет через объектив 5 направляется в входной торец оптоволоконного жгута 6, который устанавливается в фокальной плоскости объектива, что дает более четкое изображение границы «свет-тень». Оптоволоконный жгут 6 передает распределение света на ПЗС-линейку 7, где сигнал обрабатывается и представляется на графическом дисплее в виде численных показаний показателя преломления, концентрации раствора, а также температуры исследуемой жидкости. Помимо вывода показаний на графическом дисплее, данные также дублируются на два токовых выхода 10. В состав прибора также входит термодатчик 8, который используется для температурной коррекции рефрактометрических измерений.

В оптической системе данного рефрактометра установлена призма, изготовленная из лейкосапфира, геометрическая конфигурация и ход лучей в которой представлены на рисунке 4. Данная призма обеспечивает возможность работы рефрактометра в широком диапазоне значений показателя преломления $n=1.3207-1.5289$. Рабочий диапазон прибора по показателю преломления n определяется углом преломления призмы и углом диаграммы направленности светодиода $\alpha=20.5^\circ$, который установлен в приборе.

Электронный блок представляет собой пластмассовый корпус, внутрь которого вмонтирована электронная плата. Внешний вид электронного блока представлен на рисунке 5. Электронная плата собрана на основе процессора MICROCHIP DS PIC 30F6013. На плате в качестве фотодетектора установлена ПЗС – линейка TAOS TSL1402R, длина которой составляет 16 мм. Светодиод HAMAMATSU L7868 с длиной волны $\lambda=633$ нм при помощи проводов напаялся на электронную плату. При помощи дисплея одновременно выводились значения концентрации раствора, показателя преломления, а также значение температуры исследуемого образца. Все данные также дублируются на токовые выходы 4-20 мА.

Основные технические характеристики описываемого рефрактометра представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технико-эксплуатационные характеристики промышленного рефрактометра

Технические характеристики	Промышленный рефрактометр
Рабочий диапазон показателя преломления среды	1.3207-1.5289
Рабочий диапазон измерения концентрации в шкале Brix	0-100%
Погрешность измерения показателя преломления	± 0.0002
Погрешность измерения концентрации	$\pm 0.1\%$
Допустимые пределы изменения температуры исследуемого раствора	0-140°C
Погрешность определения температуры исследуемого раствора	$\pm 1^\circ\text{C}$
Масса, не более	5.5 кг
Питание прибора	220В/50Гц или 24 В
Время выхода прибора на рабочий режим	20 мин.
Токовые выходные сигналы	4-20 мА

Стоит отметить, что по сравнению с зарубежными аналогами, данный прибор имеет следующие преимущества:

Предлагаемая здесь моноблочная конфигурация рефрактометра позволяет упростить и удешевить конструкцию в целом, а также оптимизировать программное обеспечение за счет исключения обмена данными между двумя отдельными устройствами по сравнению с известными аналогами, использующими раздельное расположение погружного зонда и оптоэлектронной системы сбора, обработки и вывода данных измерений.

В предлагаемом рефрактометре использована оптическая призма, рабочая грань которой в 8–10 раз увеличена в сравнении с зарубежными аналогами. Это позволяет в большинстве случаев исключить внешние системы очистки рабочей грани призмы, использующие перегретый пар или воду высокого давления.

Благодаря использованию волоконно-оптических жгутов, в предлагаемом приборе можно существенно увеличить длину погружного зонда и, таким образом, обеспечить монтаж прибора на трубопроводах большого диаметра и технологических ёмкостях.

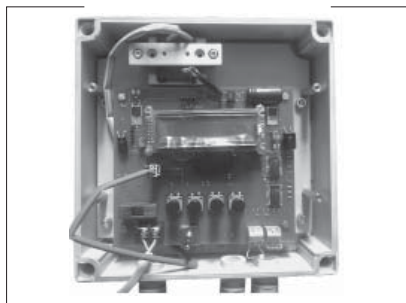
Рассмотренный рефрактометр проходил промышленные испытания на Новомосковском химическом комбинате. Прибор был установлен на технологической линии производства реагента AdBlue для контроля концентрации сухого карбамида в растворе и в целом подтвердил заявленные технико-эксплуатационные параметры. Рефрактометр обеспечивал на комбинате средние погрешности измерений $\Delta n \cong \pm 0.0015$ и $\Delta k \cong \pm 1\%$, что в целом удовлетворяло требованиям производства.

Работы выполнены при финансовой поддержке федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

Список использованной литературы:

- Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств: учебник для ВУЗов / М.В. Кулаков. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1983. 424 с.
- Рефрактометры [Электронный ресурс] // Инженерный центр «Технокон». Россия. 2015. URL: <http://www.tcon.ru/refr/refract.htm> (дата обращения: 20.08.2015)

Рис. 5 - Внешний вид электронного блока



ДОКЛАДЧИК:

Партин Григорий Сергеевич
(Partin Grigory Sergeevich)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Уральский федеральный
университет им. первого
Президента России Б.Н. Ельцина
(Ural federal university named
after the first president of
Russia B.N. Yeltsin)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Партин Григорий Сергеевич
(Partin Grigory Sergeevich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Электрические свойства фаз $\text{La}_{6-x}\text{WO}_{12-1,5x}$ ($x=0,4; 0,6; 0,8; 1$) и $\text{Pr}_{6-x}\text{WO}_{12-1,5x}$ ($x=0,5; 0,75; 1; 1,25$) со структурой двойного дефектного флюорита
Electrical properties of $\text{La}_{6-x}\text{WO}_{12-1,5x}$ ($x=0,4; 0,6; 0,8; 1$) and $\text{Pr}_{6-x}\text{WO}_{12-1,5x}$ ($x=0,5; 0,75; 1; 1,25$) phases with defect double fluorite structure

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Твердофазным синтезом получены фазы из области кубического флюоритоподобного твердого раствора $\text{La}_6\text{WO}_{12} - \text{La}_{10}\text{W}_2\text{O}_{21}$ ($\text{La}_5\text{WO}_{10,5}$) и $\text{Pr}_6\text{WO}_{12} - \text{Pr}_{10}\text{W}_2\text{O}_{21}$ ($\text{Pr}_5\text{WO}_{10,5}$). Проведены измерения температурной зависимости проводимости методом импедансной спектроскопии в атмосферах сухого ($\text{PH}_2\text{O} = 10^{-4}$ атм) и влажного ($\text{PH}_2\text{O} = 3 \times 10^{-2}$ атм) воздуха, а также при вариации PO_2 от 0.21 до 10^{-20} атм. Рассчитаны ионные числа переноса $t(\text{ион})$. Методом термогравиметрического анализа определена степень гидратации фаз $X_{\text{H}_2\text{O}}$ в ходе охлаждения при $\text{PH}_2\text{O} = 3 \times 10^{-2}$ атм.

Annotation

Solid-phase synthesis was used to obtain phases from the region of cubic fluorite-type $\text{La}_6\text{WO}_{12} - \text{La}_{10}\text{W}_2\text{O}_{21}$ ($\text{La}_5\text{WO}_{10,5}$) and $\text{Pr}_6\text{WO}_{12} - \text{Pr}_{10}\text{W}_2\text{O}_{21}$ ($\text{Pr}_5\text{WO}_{10,5}$) solid solutions. The temperature dependence of conductivity was measured using the impedance spectroscopy technique in the atmosphere of dry ($\text{PH}_2\text{O} = 10^{-4}$ atm) and humid ($\text{PH}_2\text{O} = 3 \times 10^{-2}$ atm) air and also when PO_2 was varied from 0.21 to 10^{-20} atm. Ionic transport numbers $t(\text{ion})$ are calculated. The method of thermogravimetric analysis was used to determine the phase hydration degree in the course of cooling at $\text{PH}_2\text{O} = 3 \times 10^{-2}$ atm.

Ключевые слова: $\text{La}_6\text{WO}_{12}$, $\text{Pr}_6\text{WO}_{12}$, двойной флюорит, протонная проводимость, вакансии кислорода.

Keywords: $\text{La}_6\text{WO}_{12}$, $\text{Pr}_6\text{WO}_{12}$, double fluorite, proton conductivity, oxygen vacancies.

Материалы, которые в настоящее время находят применение в одной из наиболее бурно развивающихся областей энергетики – водородной энергетике, включают в себя сложные оксиды. Одним из классов таких материалов являются твердые кислородные и протонные электролиты способные функционировать при высоких температурах и низких давлениях. Синтез новых протонных проводников – важная задача и с точки зрения изучения механизмов переноса протонов и понимания характерных особенностей структуры, определяющих процессы ионного транспорта.

Главные проблемы, которые приходится решать при создании высокотемпературных протонных проводников (ВТПП), – это низкая химическая устойчивость к парам H_2O и CO_2 , низкая спекаемость и высокое сопротивление границ зерен. Обычно при повышении протонной проводимости снижается устойчивость химических соединений. Квазихимический подход к рассмотрению дефектности структуры оксидных систем позволяет описать механизм внедрения воды в кристаллическую решетку, тем самым найти решение практическим вопросам повышения стойкости ВТПП.

Недавние исследования показали перспективность в отношении химической устойчивости к парам H_2O и CO_2 протонпроводящих вольфраматов лантаноидов с общей формулой $\text{Ln}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ ($\text{Ln}_6\text{WO}_{12-1,5x}$ – номинальный состав по соотношению атомов Ln/W) [1-3]. Поэтому была поставлена цель: оценить возможность применения фаз из области твердых растворов $\text{Ln}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ в качестве протонпроводящих электролитов и фаз из области твердых растворов $\text{Pr}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ в качестве электродного материала в твердооксидных топливных элементах (ТОТЭ).

Для исследования электрических свойств и химической устойчивости были выбраны 4 фазы с общей формулой $\text{La}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$:

$\text{La}_{26,66}\text{W}_{5,33}\text{O}_{55,995}[\text{VO}]_{0,005}$ ($\text{La}_5\text{WO}_{10,5}$ – номинальный состав, далее в тексте будет обозначаться La_5W);

$\text{La}_{26,84}\text{W}_{5,16}\text{O}_{55,74}[\text{VO}]_{0,26}$ ($\text{La}_{5,2}\text{WO}_{10,8}$ – номинальный состав, далее $\text{La}_{5,2}\text{W}$);

$\text{La}_{27}\text{W}_5\text{O}_{55,5}[\text{VO}]_{0,5}$ ($\text{La}_{5,4}\text{WO}_{11,1}$ – номинальный состав, далее $\text{La}_{5,4}\text{W}$);

$\text{La}_{27,15}\text{W}_{4,85}\text{O}_{55,275}[\text{VO}]_{0,725}$ ($\text{La}_{5,6}\text{WO}_{11,4}$ – номинальный состав, далее $\text{La}_{5,6}\text{W}$)

и 4 фазы с общей формулой $\text{Pr}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$:

$\text{Pr}_{26,44}\text{W}_{5,55}\text{O}_{56,34}[\text{VO}]_{0,005}$ ($\text{Pr}_5\text{WO}_{10,5}$ – номинальный состав, далее в тексте будет обозначаться $\text{Pr}_{4,75}\text{W}$);

$\text{Pr}_{26,66}\text{W}_{5,33}\text{O}_{55,995}[\text{VO}]_{0,005}$ ($\text{Pr}_5\text{WO}_{10,5}$ – номинальный состав, далее Pr_5W);

$\text{Pr}_{26,88}\text{W}_{5,12}\text{O}_{55,68}[\text{VO}]_{0,32}$ ($\text{Pr}_{5,25}\text{WO}_{10,875}$ – номинальный состав, далее $\text{Pr}_{5,25}\text{W}$);

$\text{Pr}_{27,08}\text{W}_{4,92}\text{O}_{55,38}[\text{VO}]_{0,62}(\text{Pr}_{5,5}\text{WO}_{11,25})$ - номинальный состав, далее $\text{Pr}_{5,5}\text{W}$).

Основными задачами данной работы являются:

Твердофазный синтез сложнородных фаз $\text{La}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ ($x=0,85; 1,01; 1,17; 1,33$) и $\text{Pr}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ ($x = 0,92; 1,12; 1,33; 1,55$) и аттестация полученных образцов методом рентгенофазового анализа.

Измерение электропроводности при вариации температуры, влажности и парциального давления кислорода, расчет и экспериментальное определение суммарных ионных чисел переноса носителей заряда.

Оценка химической устойчивости образцов керамики при высокой влажности среды.

Термогравиметрическое определение степени гидратации образцов, оценка заполнения структурных вакансий кислорода, расчет термодинамических параметров гидратации.

Исходные вещества для получения вольфраматов лантана и празеодима – оксиды лантана La_2O_3 («хч»), празеодима Pr_6O_{11} («осч») и оксид вольфрама WO_3 («осч»). Фазы были получены твердофазным синтезом по керамической технологии в 3 стадии со ступенчатым повышением температуры по схеме: 24 часа при 900°C – 24 часа при 1100°C – 6 часов при 1500°C . Для контроля фазового состава был проведен рентгенофазовый анализ свежеприготовленных веществ на дифрактометрах ДРОН-4 и Bruker D8 Advance. Съемка параметров производилась в интервале углов $2\theta = 10\text{--}80^\circ$ шагом $0,05^\circ$ и экспозицией 1 с при комнатной температуре. Измерение проводимости электрического тока осуществляли двухконтактным методом на переменном токе частоты 1 КГц с помощью измерителя RLC E7-22. Измерения проводили в диапазоне температур $900\text{--}3000^\circ\text{C}$ в атмосферах с различными $P_{\text{H}_2\text{O}}$ и P_{O_2} . Для выделения объемной составляющей проводимости, электропроводность образцов была изучена методом электрохимического импеданса на переменном токе в интервале частот 100 Гц–1 МГц с использованием импедансметра ИПИ-1. Определение суммарных ионных чисел переноса фаз $\text{Pr}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ проводили методом ЭДС. Термогравиметрические исследования гидратации фаз $\text{La}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ проводились в процессе медленного ступенчатого охлаждения с выдержкой через каждые 25 $^\circ\text{C}$ в течении 4-х суток в атмосфере влажного ($P_{\text{H}_2\text{O}}=3\times 10^{-2}$ атм) азота с помощью термовесов Pyris 1 TGA (интервал температур $30\text{--}9800^\circ\text{C}$, скорость потока азота 100 мл/мин). Термогравиметрия фаз $\text{Pr}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ была проведена в тех же самых условиях, а также в атмосфере сухого ($P_{\text{H}_2\text{O}}=10^{-3}$ атм) азота ($P_{\text{O}_2}=10^{-3}$ атм) и в сухом кислороде. Электронно-микроскопическое исследование образцов проводили с помощью рабочей станции AURIGA CrossBeam (Carl Zeiss NTS).

Керамические образцы состава $\text{La}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$, где $x = 1,01; 0,85$ или $\text{La}_{5,4}\text{W}$ и $\text{La}_{5,6}\text{W}$ обладают кубической структурой дефектного двойного флюорита с некомплектной кислородной подрешеткой. Для образцов $\text{La}_{5,4}\text{W}$, $\text{La}_{5,6}\text{W}$ после окончательного отжига при 1500°C , кроме основной фазы дефектного двойного флюорита на рентгенограммах присутствуют незначительные пики примесной фазы на уровне фона 3–5%, что согласуется с данными [2]. Образцы номинального состава $\text{La}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$, где $x = 1,33; 1,17$ или La_5W и $\text{La}_{5,2}\text{W}$ не являются однофазными после окончательного отжига при 1500°C , основные по содержанию фазы обладают кубической флюоритоподобной структурой, при этом также содержится незначительная примесь фазы $\text{La}_6\text{W}_2\text{O}_{15}$ (далее в тексте обозначается La_3W), имеющая ромбическую элементарную ячейку. Спексаемость керамики достаточно высока для всех образцов, относительная плотность достигает 95%.

На всех рентгенограммах можно отметить присутствие основной фазы с кубической флюоритоподобной структурой. Образцы $\text{Pr}_{5,25}\text{W}$, $\text{Pr}_{5,5}\text{W}$ после отжига при 1500°C содержали примесь, их пики на рентгенограмме не превышали уровень фона 3–5%. Они обладают структурой дефектного (наличие структурных вакансий кислорода по аналогии с вольфраматом лантана [1]) двойного (чередование Pr и W в катионной подрешетке) флюорита. Образцы $\text{Pr}_{4,75}\text{W}$, Pr_5W после отжига при 1500°C оказались неоднородными так как, по-видимому, выпадают из области существования кубического флюоритоподобного твердого раствора. Помимо основной флюоритной фазы для образцов $\text{Pr}_{4,75}\text{W}$, Pr_5W на рис. 2 можно видеть значительное содержание примесной фазы $\text{Pr}_6\text{W}_2\text{O}_{15}$ (далее в тексте обозначается Pr_3W). Спексаемость керамики достаточно высока для всех образцов, относительная плотность достигает 89...93%.

Общая проводимость фаз $\text{La}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ возрастает с увеличением температуры и числа структурных вакансий кислорода. На высоких температурах ($T>600^\circ\text{C}$) преобладающей является кислородно-дырочная проводимость. Вклад дырочной проводимости исчезает при $P_{\text{O}_2}<10^{-5}$ атм.

Эффект влияния влажности на проводимость фаз $\text{La}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ проявляется при $T < 600^\circ\text{C}$: протонный перенос становится доминирующим и возрастает с увеличением содержания $[\text{VO}]$, что обусловлено как увеличением числа протонных дефектов, так и их подвижности. Энергии активации протонной проводимости лежат в интервале $E_a(\text{H}) = 0,49 \dots 0,56$ эВ, который соответствует энергетике миграции протонов. Общая проводимость фаз $\text{Pr}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ возрастает с увеличением температуры и числа структурных вакансий кислорода. Вклад ионного переноса незначителен (0–2% от общей проводимости) в температурном интервале $2000^\circ\text{C} < T < 900^\circ\text{C}$ и в интервале парциальных давлений кислорода $10^{-5} \text{ атм} < P_{\text{O}_2} < 0,21 \text{ атм}$, доминирующими носителями заряда являются дырки. Незначительное уменьшение общей проводимости $\text{Pr}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ при $T < 600^\circ\text{C}$ во влажном воздухе ($P_{\text{H}_2\text{O}} = 3 \times 10^{-2} \text{ атм}$) связано с замещением дырочных носителей на менее подвижные протонные.

При увеличении числа структурных вакансий кислорода $\text{La}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ возрастает степень гидратации, но падает степень заполнения $[\text{VO}]$. Предел гидратации не достигается для однофазных образцов, что, вероятно, связано с наличием сегрегированных на границах зерен примесных фаз, препятствующих внедрению воды. Увеличение P_{O_2} приводит к значительному приросту массы образцов $\text{Pr}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$, а при увеличении $P_{\text{H}_2\text{O}}$ масса практически не изменяется, что указывает на низкий уровень растворения воды в структуре и подверженность фаз $\text{Pr}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ окислению.

Фаза $\text{La}_{27,15}\text{W}_{4,85}\text{O}_{55,275}[\text{VO}]_{0,725}$ ($\text{La}_{5,6}\text{W}$) из области твердых растворов $\text{La}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ обладает относительно высокой устойчивостью к гидролизному разложению, что проявляется в незначительном (по сравнению с остальными образцами) падении величины общей электропроводности после двухмесячной выдержки во влажной атмосфере ($P_{\text{H}_2\text{O}} = 3 \times 10^{-2} \text{ атм}$).

Дегградация общей проводимости образцов $\text{La}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ за счет прироста зернограницного сопротивления начинается при температурах $800\text{--}900^\circ\text{C}$ после цикла «гидратация/дегидратация» и не зависит от состава. Увеличение содержания примесных низкопроводящих фаз в образцах $\text{La}_{28-x}\text{W}_{4+x}\text{O}_{54+1,5x}[\text{VO}]_{2-1,5x}$ после двухмесячной выдержки в воде свидетельствует об их постепенном гидролизном разложении в жидкой воде.

Список использованных источников:

1. Magraso A., Polfus J.M., Frontera C., Canales-Vazquez J., Kalland L., Hervoches C.H., Erdal S., Hancke R., Islam S.S., Norby T. and Haugrud R. Complete structural model for lanthanum tungstate: a chemically stable high temperature proton conductor by means of intrinsic defects // J. Mater. Chem. – 2012. – V. 22. – P. 1762–1764.
2. Haugrud R. Defects and transport properties in $\text{Ln}_6\text{WO}_{12}$ ($\text{Ln}=\text{La}, \text{Nd}, \text{Gd}, \text{Er}$) // Solid State Ionics. – 2007. – V. 178. – P. 555–560.
3. Kalland L., Magraso A., Mancini A., Tealdi C. and Malavasi L. Local Structure of Proton-Conducting Lanthanum Tungstate $\text{La}_{28-x}\text{W}_4\text{O}_{54+\delta}$: a Combined Density Functional Theory and Pair Distribution Function Study // Chem. Mater. – 2013. – V. 25. – P. 2378–2384.

ДОКЛАДЧИК:

Потапова Наталья Сергеевна
(Potapova Natalya Sergeevna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Волгоградский государственный
технический университет
(Volgograd state
technical university)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Потапова Наталья Сергеевна
(Potapova Natalya Sergeevna)

Рис. 1 - Схема экспериментальной установки

1 – штатив; 2 – зажим, регулирующий вертикальное перемещение мешалки; 3 – зажим, регулирующий горизонтальное перемещение мешалки; 4 – электродвигатель; 5 – трехкулачковый патрон; 6 – блок управления электродвигателем с цифровым индикатором скорости вращения мешалки; 7 – устройства разрыва электрической цепи для подключения амперметра; 8 – цифровой мультиметр; 9 – тихоходная мешалка; 10 – быстроходная мешалка; 11 – цилиндрическая емкость с перемешиваемой средой

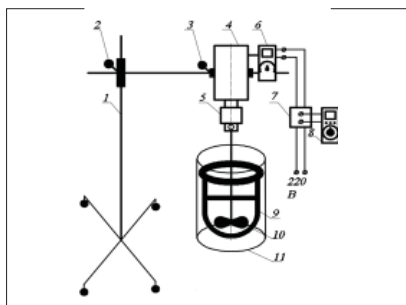
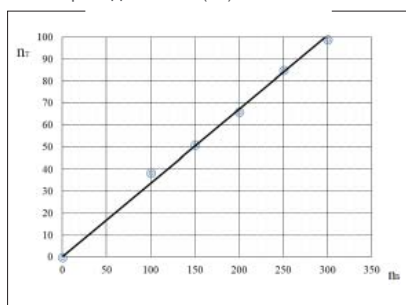


Рис. 2 - График зависимости числа оборотов тихоходной мешалки от быстроходной $nT = f(nB)$

**НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:**

Исследование эффективности перемешивания эмульсий
комбинированными мешалками

Research of efficiency of mixing emulsions by combined agitators

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В комбинированных мешалках быстроходные вращающиеся элементы мешалки совмещаются с тихоходными, что обеспечивает равномерное распределение перемешиваемой среды по всему объему аппарата. Для увеличения интенсивности и эффективности перемешивания высоковязких неньютоновских жидкостей, растворов, эмульсий и суспензий по всей высоте аппарата на кафедре «Процессы и аппараты химической технологии» ВолГТУ разработана конструкция смесителя с комбинированной мешалкой.

Annotation

In the combined high-speed stirrers rotating elements of the mixer are combined with the low-speed stirrers that ensures a uniform distribution of the stirring medium over the entire volume of the apparatus. To increase the intensity and the efficiency of mixing of highly viscous non-Newtonian liquids, solutions, emulsions and suspensions over the entire height of the apparatus a design of the mixer combined stirrer was developed at the Department "Processes and devices of chemical technology" of VSTU.

Ключевые слова: смеситель; гидромuftа; мешалка; интенсивность перемешивания; эффективность перемешивания

Keywords: agitator; hydraulic coupling; stirrer; intensity of mixing; efficiency of mixing

При перемешивании жидких сред перспективным направлением является использование оборудования, которое позволяет увеличивать турбулизацию и циркуляцию потоков при незначительном увеличении энергопотребления и металлоемкости [1,2].

Дальнейшим усовершенствованием конструкции смесителя является разработка комбинированного смесителя с гидромuftой, отличительной особенностью которого является то, что вал быстроходной мешалки выполнен в виде полосы из упругого материала и представляет собой торсионный амортизатор. В случае, когда кольцевой зазор между рабочими поверхностями сегментов полых цилиндров ведущей и ведомой полумuft наименьший, то скорость вращения быстроходной мешалки с валом замедляется, а упругий материал полосы накапливает потенциальную энергию. При переходе от минимального зазора к максимальному, упругая энергия полосы превращается из потенциальной в кинетическую, приводя к увеличению скорости вращения быстроходной мешалки.

На основании разработанной конструкции создан опытный образец комбинированной мешалки. Проверка работоспособности комбинированной мешалки осуществлялась на экспериментальной установке, созданной на базе перемешивающего устройства ES – 8300D.

Перемешивающее устройство ES – 8300D состоит из блока двигателя с трехкулачковым патроном и блока управления (рисунок 1). В нижней части блока двигателя установлен подшипник скольжения с валом, на котором закреплен трехкулачковый патрон 5. Вращающий момент вала двигателя передается на мешалку через систему из двух металлических втулок и резиновой муфты. Трехкулачковый патрон 5 позволяет закреплять мешалку с диаметром вала от 1 до 8 мм.

После экспериментальных исследований на проверку работоспособности опытного образца, по полученным данным построен график зависимости числа оборотов тихоходной мешалки от быстроходной для объема $V=2200$ мл (рисунок 2).

Экспериментальные исследования показывают, что с ростом числа оборотов быстроходной мешалки пропорционально возрастает число оборотов тихоходной мешалки.

Проверка работоспособности комбинированной мешалки осуществлялась на воде, поэтому график зависимости не отражает крутильных колебаний. Вследствие этого представляет интерес исследовать работу комбинированной мешалки на жидкостях имеющих значение вязкости, превышающих вязкость ньютоновских жидкостей.

Целью работы является разработка методики экспериментальных исследований и проведение сравнительного анализа влияния кинематических характеристик быстроходной пропеллерной и

комбинированной мешалок на интенсивность и эффективность перемешивания.

Экспериментальные исследования

Значение напряжения в сети: $U=226$ В

1. Плотность эмульсии определяется следующим образом:

$$\frac{1}{\rho_{см}} = \frac{\bar{x}}{\rho_1} + \frac{1-\bar{x}}{\rho_2} = \frac{0,5}{1000} + \frac{0,5}{925} = 960,6 \text{ кг/м}^3$$

где ρ_1, ρ_2 – плотность воды и подсолнечного масла;

$\bar{x}$ – массовая доля компонента в смеси.

2. Определение вязкости эмульсии:

$$\lg \mu_{см} = x_1 \cdot \lg \mu_1 + (1-x_1) \cdot \lg \mu_2 = 0,5 \cdot \lg 62,2 \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot \lg 0,96 \cdot 10^{-6} = 0,0061 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

где μ_1, μ_2 – динамические вязкости воды и подсолнечного масла;

x_1 – мольная доля компонента в смеси.

3. Критерий мощности KN :

$$K_N = \frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot d_m^5}$$

где N – мощность, затраченная на перемешивание;

ρ – плотность эмульсии;

n – число оборотов мешалки;

d_m – диаметр мешалки.

4. Критерий Рейнольдса

$$Re = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu}$$

5. Коэффициент эффективности перемешивания

$$\Theta = \frac{\tau_{пол}}{\tau_{эт}}$$

где $\tau_{пол}$ – время расслоения исследуемой эмульсии;

$\tau_{эт}$ – время расслоения эталонной эмульсии.

6. Коэффициент интенсивности перемешивания

$$I = \frac{N}{V}$$

где V – объем перемешиваемой жидкости.

Разработана методика проведения экспериментальных исследований.

1. В емкость для перемешивания заливаются исходные вещества – подсолнечное масло и вода, в соотношении 1:1.

2. Устанавливается нужная мешалка в патрон.

3. На блоке питания устанавливается частота вращения двигателя.

4. Измеряется напряжение в сети и сила тока до начала перемешивания.

5. Включается двигатель мешалки, ведется процесс перемешивания до получения устойчивой эмульсии и записываются показания мультиметра. Показания снимались при 3-х различных числах оборотов мешалок.

6. Готовится эталонная эмульсия при перемешивании на пропеллерной мешалке.

7. Определяется эталонное время расслоения эмульсии – $\tau_{эт}$.

8. Определяются физические параметры эмульсии: плотность и коэффициент динамической вязкости.

9. Определяется критерий Рейнольдса.

10. Определяется мощность, расходуемая на перемешивание N .

11. Вычисляется критерий мощности KN

12. Обрабатываются экспериментальные данные в виде графической зависимости $N=f(n)$.

13. Рассчитываются коэффициенты эффективности и интенсивности

14. Обрабатываются графические зависимости эффективности от числа оборотов и интенсивности от числа оборотов $\Theta = f(n)$, $I = f(n)$.

Результаты опытов усреднялись по 3-м значениям параметров. В ходе экспериментальных исследований фиксировалось время расслоения эмульсии.

В качестве рабочих жидкостей использовались: вода и подсолнечное масло, практически несмешиваемые жидкости, в соотношении 1:1. Конечным продуктом перемешивания является эмульсия.

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунках 3, 4.

При перемешивании получен эффект крутильных колебаний вала с быстросходной мешалкой, способствующий тиксотропному разжижению

Рис. 3 - График зависимости коэффициента эффективности от числа оборотов $\Theta = f(n)$

1 – пропеллерная мешалка; 2 – комбинированная мешалка

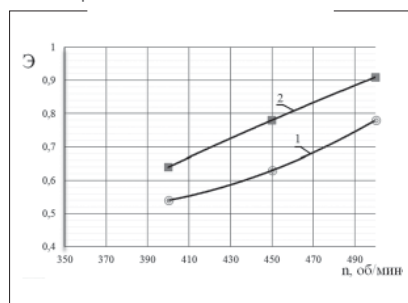
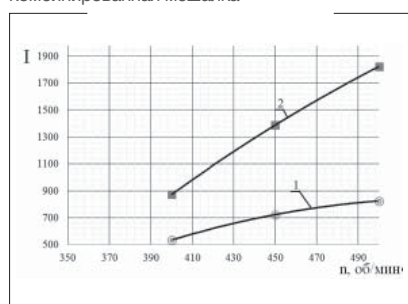


Рис. 4 - График зависимости коэффициента интенсивности от числа оборотов $I = f(n)$

1 – пропеллерная мешалка; 2 – комбинированная мешалка



высоковязких неньютоновских жидкостей, уменьшению их эффективной вязкости и увеличению эффективности микросмешения в зоне работы быстроходной мешалки.

Таким образом, анализ графических зависимостей показывает, что коэффициент эффективности комбинированной мешалки с гидромурфтой по сравнению с пропеллерной мешалкой увеличивается в 1,5 раза. Интенсивность перемешивания при использовании комбинированной мешалки по сравнению с пропеллерной возрастает в 2 раза.

Список использованных источников:

1. Стренк, Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. / Под ред. И.А. Щупляка. Л. : Химия, 1975. – 384 с.
2. Бальмонт, С.Д. Степень и интенсивность как основные параметры перемешивания жидких и гетерогенных сред / С.Д. Бальмонт, П.П. Гуюмджян, Т.М. Бальмонт // Современный наукоемкие технологии: сб. науч. ст. / Ивановский государственный технический университет. – Иваново, 2010. – №1. – С. 48-50.

ДОКЛАДЧИК:

Рудко Вячеслав Алексеевич
(Rudko Vyacheslav)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Получение судовых маловязких топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами

Produce low-viscosity marine fuels with improved low temperature properties

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (Горный университет), г. Санкт-Петербург
(The National Mineral Resources University (Mining University), St. Petersburg)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Рудко Вячеслав Алексеевич
(Rudko Vyacheslav)
Шайдулина Алина Азатовна
(Shajdulina Alina)

ТЕЗИСЫ:

Аннотация

Научное исследование направлено на разработку технологии получения судовых маловязких топлив с улучшенными экологическими и низкотемпературными свойствами для умеренных и холодных регионов России.

Annotation

This paper describes a study aimed at developing formulations and technology for low-viscosity marine fuels with improved ecological and low-temperature properties for temperate and cold regions of Russia.

Ключевые слова: судовое топливо; маловязкое; присадки; депрессор

Keywords: marine fuel; low-viscosity; additives; depressor

Актуальность. Существенную роль в развитии современного рынка судовых маловязких топлив зимних и арктических марок с улучшенными экологическими свойствами, применяемых при низких температурах, играют качество и углеводородный состав добываемой и перерабатываемой нефти. За последние годы во всём мире наблюдается тенденция постоянного возрастания доли сернистой и парафинистой нефти в общем объёме нефтедобычи. Это влечёт за собой постоянный дефицит в низкозастывающих «экологически чистых» судовых маловязких топливах, так как именно высокоплавкие парафиновые углеводороды в нефти и нефтепродуктах являются основным источником высоких температур застывания и плохих низкотемпературных свойств топлив для судовой техники.

На сегодняшний день существует несколько способов получения необходимого низкотемпературного эффекта в судовых маловязких топливах [3, 4]. Одним из путей решения данной проблемы может служить облегчение фракционного состава компонентов этих топлив. Например, при получении одного из компонентов дизельного или судового маловязкого топлива с установки атмосферно-вакуумной трубчатой (АВТ) – прямогонной дизельной фракции, для улучшения низкотемпературных свойств последней обычно обрезают по концу кипения фракцию, выкипающую при 180-360°C, в которой значительно снижается содержание твёрдых парафиновых углеводородов – основного носителя высоких температур застывания. Однако такой способ решения проблемы улучшения низкотемпературных свойств дизельных и судовых маловязких топлив приводит к снижению их ресурсов, что противоречит современным представлениям об эффективном использовании нефтяного сырья. Другим, достаточно эффективным способом получения судовых маловязких топлив, предназначенных для эксплуатации при низких температурах в холодных и арктических климатических зонах, является использование на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) в схемах переработки процессов депарафинизации (карбамидной или цеолитной) и дегидроизомеризации. В первом случае улучшение низкотемпературных свойств топлива происходит за счёт выделения из его состава парафиновых углеводородов. Во втором случае происходит изомеризация длинноцепочечных нормальных парафиновых углеводородов в порах селективного

катализатора, тем самым снижая температуру застывания топлива. Однако, существенными недостатками двух вышеописанных способов является высокая стоимость и энергетические затраты, необходимые для внедрения этих процессов в производство и последующую эксплуатацию [1, 3, 5].

Альтернативой использования вышеописанных способов получения низкотемпературных судовых маловязких топлив [3, 4] является применение высокоэффективных депрессорных присадок. Этот способ, в сравнении с предыдущими, отличается максимизацией использования ресурсов нефтяного сырья, так как не предполагает облегчения его фракционного состава. Наряду с этим, существенным плюсом от применения депрессорных присадок является увеличение экономического эффекта, так как при получении судовых маловязких топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами таким способом не требуется применения предварительных дорогостоящих и энергозатратных процессов, таких как дегидроизомеризация и депарафинизация [3, 4].

Технология получения судового маловязкого топлива (СМТ) на отечественных нефтеперерабатывающих заводах целесообразно использовать такую технологическую схему, при которой будет осуществлён процесс наиболее глубокой переработки нефтяного сырья с получением максимального количества продуктов, используемых в качестве компонентов этих топлив, отвечающих предъявляемым эксплуатационным и экологическим требованиям. В данной работе предлагается способ получения базового топлива (низкотемпературные свойства которого будут улучшаться депрессорными присадками) путём компаундирования в различном балансовом соотношении прямогонной дизельной фракции и дистиллятов вторичных процессов – каталитического крекинга и коксования.

Каталитический крекинг (КК) – процесс, углубляющий переработку нефтяного сырья, протекающий на поверхности и в порах активных катализаторов, по кислотному механизму. Сырьём процесса являются тяжёлые дистиллятные фракции, выкипающие в пределах 350-500°C, к которым относятся: вакуумный газойль прямой перегонки, газойли коксования, термического крекинга и гидрокрекинга. Одним из целевых продуктов КК является лёгкий газойль каталитического крекинга (ЛГКК) – фракция, выкипающая в интервале температур 180-360°C, которая может быть использована в качестве компонента СМТ [1].

На ряду с каталитическими, углубляющими процесс нефтепереработки являются термолитические процессы, к которым относится замедленное коксование (ЗК). Данный процесс предназначен для переработки тяжёлых нефтяных остатков (ТНО), таких как мазут, гудрон, крекинг-остаток и др. [2, 6]. Коксование – это длительный процесс термоллиза (совокупность термических реакций крекинга и конденсации) ТНО или ароматизированных высококипящих дистиллятов при невысоком давлении (0,18-0,40 МПа) и температуре 470-510 (540)°C, при котором образуется дополнительное количество углеводородных газов и лёгких дистиллятных фракций (бензиновых и керосино-газойлевых), а также целевой продукт процесса – нефтяной кокс (твёрдый остаток) [2, 6]. Среди побочных продуктов процесса коксования можно выделить лёгкий газойль замедленного коксования (ЛГЗК).

Лёгкие газойлевые фракции процессов КК и ЗК, с температурами выкипания 180-360°C, вырабатываемые на отечественных установках, ввиду физико-химических особенностей состава и технологии получения, являются качественными компонентами, которые в смеси с прямогонной дизельной фракцией (ПДФ), являются основой для получения судовых маловязких топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами.

Изучение базовых компонентов и низкотемпературных свойств. Для проведения исследований с промышленных установок прямой перегонки нефти (АТ, АВТ) были отобраны фракции дизельного топлива, выкипающие в интервале температур 180-360°C, а также утяжелённая дизельная фракция 230-400°C. С установки каталитического крекинга вакуумного газойля 360-500°C были отобраны лёгкие газойлевые фракции с температурами выкипания 180-360°C. С установки замедленного коксования гудрона, были отобраны лёгкие газойлевые фракции, с температурами выкипания 180-360°C. Физико-химические характеристики отобранных фракций представлены в таблице 1.

Все отобранные с промышленных установок фракции, а именно: прямогонная дизельная фракция (ПДФ), утяжелённая прямогонная дизельная фракция (УПДФ), лёгкий газойль замедленного коксования (ЛГЗК) и лёгкий газойль каталитического крекинга (ЛГКК) были исследованы физико-химическими методами анализа на соответствие их характеристик

Таблица 1 – Физико-химические характеристики базовых компонентов ДТ и СМТ

Свойства	Базовое топливо, % масс.			
	ПДФ	ЛГЗК	ЛГКК	УПДФ
Плотность при 20°C, кг/м³	838	887	864	873
Вязкость кинематическая, мм²/с				
- при 20°C	4,46	3,69	3,66	8,40
- при 50°C	2,41	2,04	2,03	-
Фракционный состав, %				
- начало кипения	180	180	180	230
- 10	238	238	219	256
- 50	276	264	260	312
- 90	331	326	327	387
- конец кипения	360	360	358	400
Содержание серы, % масс.	0,61	1,99	0,98	1,80
Содержание твёрдых парафинов (-21°C), % масс.	0,10	0,14	0,10	-
Цетановое число	52	30	36	-
Температура застывания, °C	-14	-34	-30	-8
Температура вспышки, °C	59	65	63	-

для использования в качестве компонентов судовых маловязких топлив.

В прямогонную дизельную фракцию, в утяжелённую прямогонную дизельную фракцию и в базовые топлива вводились депрессоры ВЭС и ПМА «Д». Приёмистость топлив к данным депрессорам, оценивалась снижением показателя температуры застывания и максимальной депрессией – разницей между температурой застывания топлива после и до добавления присадки. Полученные данные по ПДФ и УПДФ отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Приёмистость ПДФ и УПДФ к депрессорам ВЭС и ПМА «Д»

Топливо	Присадка	Температура застывания, °C	Концентрация присадки, % масс.						Максимальная депрессия, °C
			0	0,1	0,25	0,5	1,0	1,5	ΔT
ПДФ	ВЭС		-14	-26	-32	-34	-38	-36	24
УПДФ			-8	-28	-28	-26	-	-	20
ПДФ	ПМА «Д»		-14	-26	-30	-34	-50	-48	36
УПДФ			-8	-16	-18	-16	-	-	10

Подготовленные в первой части исследования опытные образцы, установленного компонентного состава ПДФ, ЛГЗК и ЛГКК являются базовым топливом для приготовления низкотемпературного судового маловязкого топлива. В эти образцы вводятся высокоэффективные депрессорные присадки ВЭС и ПМА «Д». Приёмистость топлив к данным депрессорам, как и в случае с ПДФ и УПДФ, оценивается снижением температуры застывания и максимальной депрессией. Полученные данные по приёмистости компонентов СМТ, взятых в балансовом соотношении, установленном в первой части исследования, отражены в таблице 3.

Таблица 3 – Приёмистость и компонентный состав ДТ и СМТ к ВЭС и ПМА «Д»

1. Базовое топливо, % масс.		Примеры					
		1	2	3	4	5	6
ПДФ		50	50	50	50	50	40
ЛГЗК		-	50	30	20	10	-
ЛГКК		50	-	20	30	40	60
2. Концентрация присадки, % масс.		Температура застывания, °C					
		1	2	3	4	5	6
ВЭС							
	0	-20	-24	-22	-22	-21	-21
1	0,10	-36	-40	-35	-35	-35	-35
2	0,15	-39	-43	-38	-38	-37	-36
3	0,20	-41	-44	-40	-40	-38	-40
4	0,25	-42	-46	-40	-40	-39	-40
5	0,50	-36	-38	-36	-36	-35	-35
Максимальная депрессия, °C		22	22	18	18	18	19
ПМА «Д»							
6	0,10	-28	-32	-34	-34	-33	-33
7	0,25	-34	-36	-38	-38	-37	-37
8	0,50	-50	-54	-42	-42	-41	-41
9	1,00	-54	-56	-58	-58	-57	-57
10	1,50	-58	-60	-56	-56	-55	-55
11	2,00	-54	-58	-54	-54	-53	-53
Максимальная депрессия, °C		38	36	36	36	36	36

Выводы. В результате проведённых исследований показано, что эффективность действия одних и тех же депрессорных присадок при добавлении к дистиллятным фракциям различной природы и состава в каждом конкретном случае неодинакова.

По полученным в ходе исследования данным установлено, что депрессорные присадки ВЭС и ПМА «Д» более эффективно действуют на прямогонную дизельную фракцию с температурами выкипания 180-360°C, чем на утяжелённую прямогонную дизельную фракцию, выкипающую при 230-400°C. Приёмистость ПДФ к присадкам ВЭС и ПМА «Д» выше, чем приёмистость УПДФ, так как максимальная депрессия температуры застывания в случаях обоих депрессоров выше для ПДФ, а минимальная температура застывания - ниже.

При введении в состав СМТ лёгких газойлевых фракций процессов ЗК и КК, а также их смеси в допустимом балансовом соотношении происходит повышение приёмистости летних дизельных топлив (прямогонной дизельной фракции) к полимерным депрессорным присадкам, типа ВЭС и ПМА «Д». Максимальная депрессия температуры застывания исследуемых нефтяных фракций достигается при малых концентрациях присадок ВЭС и ПМА «Д» в интервале от 0,10 до 0,25% масс.

Для повышения приёмистости товарных СМТ к синтезированным депрессорным присадкам целесообразно в их состав вводить ЛГКК или ЛГЗК, а также их смеси в количестве до 50-60% масс. ввиду высокой растворяющей способности данных компонентов.

Полученные в ходе исследования результаты позволяют производить судовые маловязкие топлива с улучшенными низкотемпературными свойствами.

Работа выполнена в части научного проекта в рамках реализации государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки Российской Федерации по теме «Новые способы подготовки и переработки жидких и твёрдых энергоносителей» (Задание №10.1850.2014/К)

Список использованных источников:

1. Ахметов, А.Ф. Основы нефтепереработки / А.Ф. Ахметов, Н.К. Кондрашева, Е.В. Герасимова ; под ред. А.М. Шаммазова. - СПб.: Недра, 2012. - 280 с.
2. Гимаев, Р.Н. Нефтяной кокс: Учебное пособие для рабочего образования / Р.Н. Гимаев, И.Р. Кузеев, Ю.М. Абызгильдин. - М.: Химия, 1992. - 80 с.
3. Кондрашев, Д.О. Эффективность действия депрессорных присадок на низкотемпературные свойства дизельных топлив / Д.О. Кондрашев, А.Г. Фоломеева, Н.К. Кондрашева // Тезисы докладов IV Конгресса нефтегазопромышленников России. - Уфа, 2003. - С. 120-121.
4. Кондрашева, Н.К. Влияние депрессорных присадок на основе сополимеров этилена с винилацетатом на низкотемпературные свойства компонентов легких и тяжелых марок судовых топлив / Н.К. Кондрашева // Нефтехимия, 2013. - №5, т.53. - С. 384-392.
5. Митусова, Т.Н. Дизельные топлива и присадки, допущенные к применению в 2001-2004 гг. / Т.Н. Митусова, Е.Е. Сафонова, Г.А. Брагина, Л.В. Бармина // Нефтепереработка и нефтехимия, 2006. - М 1. - С. 12-14.
6. Глубокая переработка нефтяного сырья и физико-химические анализы нефтепродуктов всех стадий переработки нефти / А.Ф. Ахметов [и др.] ; под ред. Г.Г. Валявина. - Нижний Новгород: типография ИП Кузнецов Н.В., 2013. - 287 с.

ДОКЛАДЧИК:Рычков Д. А.^{1,2}

Член экспертной группы

ОРГАНИЗАЦИЯ:1. НОЦ «МДЭБТ» Новосибирский
Государственный Университет2. ФГБУН Институт химии
твёрдого тела и механохимии СО
РАН**АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:**Рычков Д. А.^{1,2}Болдырева Е. В.^{1,2}**НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:**

Расчетные методы в химии - новые возможности для науки и технологии

ТЕЗИСЫ:

В настоящее время развитие экспериментальных методов находится на очень высоком уровне. Возросли возможности как приборов, так и программ обработки результатов. Кроме того за последние двадцать лет появляется все больше различных пакетов для ПК, позволяющих упростить и улучшить анализ экспериментальных данных. И все же не все свойства и характеристики исследуемых систем можно получить экспериментально.

В таких случаях ученые все чаще обращаются к теоретическим методам, а именно - компьютерному моделированию. Возможности компьютерного моделирования лимитируются лишь вычислительными мощностями и существующими алгоритмами. Это позволяет исследователям исследовать атомную, молекулярную структуру молекулярных систем, их физико-химические свойства, причины и механизмы фазовых переходов.

Ввиду неразрывности науки и технологии многие отрасли используют расчетные методы. В их числе и фармацевтические компании, где активно ведется разработка лекарств и фармацевтических веществ. Наш опыт работы позволяет говорить о том, что разработка новых фармацевтических композиций, со-кристаллов и солей на основе биологически активных веществ практически невозможна без молекулярного моделирования. В каждой экспериментально исследованной системе (серотонин, L-серин, соли и со-кристаллы аминокислот с малеиновой кислотой, фуросемид, толазамид и т.д.) остались вопросы, ответы на которые были получены расчетными методами.

В этом докладе будут показаны реальные системы, научные «загадки» которых удалось разгадать с помощью расчетных методов. Будет объяснено поведение молекул в разных средах и взаимосвязь свойств изолированной молекулы со структурой кристаллов. Подробно рассказано о поведении молекулярных систем в экстремальных условиях, возможностях получить новые фазы.

Таким образом, будет показана роль расчетных методов в химии на примере систем из личного опыта, учитывая опыт работы как с теоретическими, так и с экспериментальными методами.

ДОКЛАДЧИК:

Сопова Виктория Сергеевна
(Sopova Victoria Sergeevna)

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Новосибирский Государственный
Технический Университет (НГТУ)
(Novosibirsk State Technical
University (NSTU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Сопова Виктория Сергеевна
(Sopova Victoria Sergeevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка эффективного катализатора получения этилена
окислительной конденсацией метана

The development of effective catalyst for producing ethylene by oxidative
condensation of methane

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

С целью создания ресурсосберегающей технологии переработки углеводородного сырья в высоколиквидную продукцию разработан эффективный катализатор получения этилена окислительной конденсацией метана. Установлены оптимальный состав, метод и условия синтеза катализатора.

Annotation

To create the resource-saving technologies of processing of hydrocarbon raw materials into marketable products the effective catalyst for producing ethylene by oxidative condensation of methane was elaborated. The optimum composition, method and conditions of synthesis of the catalyst are established.

Ключевые слова: катализ; MnNaW-La/SiO₂-катализаторы; окислительная конденсация метана; природный газ; этилен

Keywords: catalysis, MnNaW-La/SiO₂-catalysts, the oxidative coupling of methane, natural gas, ethylene.

В настоящее время проблема рациональной утилизации попутных нефтяных газов (ПНГ) и прекращение их сжигания в факелах является одной из острых экологических проблем России. Необходимость ограничения выбросов в атмосферу "парниковых газов", обязывает нефтедобывающие компании утилизировать не менее 95% ПНГ, что при современных масштабах сжигания (20-30 млрд.куб.м/год) требует разработки новых и усовершенствования старых экономически выгодных процессов использования попутных нефтяных газов [1]. Природный и попутный нефтяной газ, можно рассматривать как базу для перехода от нефтехимии к газохимии. Основным компонентом ПГ (> 90%) и ПНГ (32-58%) является метан, который может быть использован как ценный источник получения дорогостоящих и высоколиквидных продуктов химии и органического синтеза. Тем не менее, химическая промышленность использует всего лишь 1.5-5% ПГ и ПНГ [2].

В настоящее время наблюдается возрастание интереса к прямым способам переработки ПГ и ПНГ. Одним из эффективных методов является метод окислительной конденсации метана (ОКМ). ОКМ представляет собой конверсию метана в C₂ углеводороды - этан и этилен. Процесс ОКМ может быть описан брутто-реакциями (1) и (2):



Установлено, что каталитическую активность в процессе ОКМ проявляет широкий круг оксидных систем, а наиболее перспективными являются системы на основе диоксида кремния, модифицированного оксидами марганца, вольфрама и щелочного металла является одним из наиболее эффективных катализаторов ОКМ [2]. Для достижения высоких показателей процесса ОКМ, а именно высоких значений конверсии метана, селективности образования этана и этилена, выхода целевых продуктов реакции, требуется создание эффективного катализатора. Перспективность работы по разработке катализатора ОКМ определяется следующими факторами:

- Дефицит этилена на внутреннем рынке России (в объеме 200 - 400 тыс. тонн в год)
- Прогноз роста объемов производства полиэтилена
- Реализация программы импортозамещения
- Создание ресурсосберегающей технологии переработки углеводородного сырья
- Улучшение экологической обстановки в районах добычи и переработки нефти, природного газа и попутного нефтяного газа.

Активность катализатора в реакции окислительной конденсации метана зависит от его физико-химических свойств, таких как фазовый состав, текстурные характеристики и окислительно-восстановительные свойства ионов металлов, входящих в его состав. Регулировать физико-химические свойства катализаторов, а значит и их активность, возможно, изменяя состав

Рис. 1 - Схема синтеза MnNaW/SiO₂ и MnNaW-La/SiO₂ катализаторов

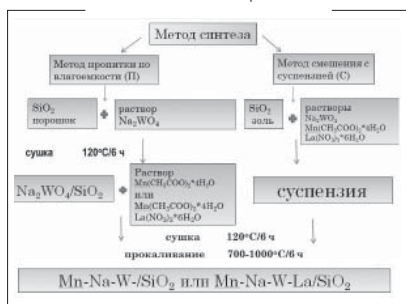


Рис. 2 - Влияние метода синтеза и температуры прокаливания на текстурные характеристики образцов

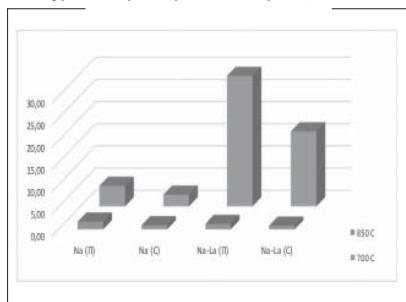


Рис. 3 – ТПВ – H₂ для MnNaW/SiO₂: влияние метода приготовления

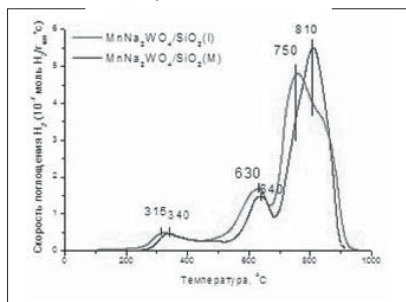


Рис. 4 – Влияние метода приготовления MnNaW-La/SiO₂ катализатора на его активность в реакции ОКМ

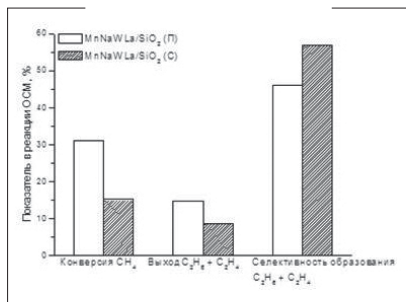
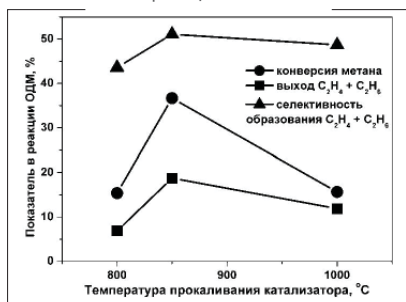


Рис. 5 – Влияние температуры прокаливания MnNaW-La/SiO₂ катализатора на его активность в реакции ОКМ



катализатора, метод его приготовления или температуру при термообработке. Поэтому целью работы является исследование влияния метода приготовления и условий термообработки MnNaW/SiO₂ и MnNaW-La/SiO₂ катализаторов на их физико-химические свойства и активность в реакции ОКМ.

Синтезирована представительная серия образцов катализаторов для процесса ОКМ при вариации:

- Состав катализатора (MnNaW/SiO₂ и MnNaW-La/SiO₂)
- Метода синтеза катализатора (метод пропитки, метод смешения с суспензией)
- Условий термообработки катализаторов (700, 800 и 1000°C).

Катализаторы получали методом последовательной пропитки по влагеомкости (П) диоксида кремния SiO₂ (Silica gel Davisil 646, 250-500 мкм, Sigma-Aldrich) растворами соответствующих предшественников металлов (Na₂WO₄·2H₂O, Na₂C₂O₄, Mn(CH₃COO)₂·4H₂O, La(NO₃)₃·6H₂O). Для синтеза катализаторов методом смешения с суспензией (С) к золю диоксида кремния (LUDOX LS, 30 масс. % SiO₂) при интенсивном перемешивании последовательно добавляли по каплям растворы соответствующих предшественников металлов. Схема синтеза катализаторов представлена на Рисунке 1.

Полученные образцы катализаторов охарактеризованы комплексом физико-химических методов (рентгено-флуоресцентный анализ, N₂ адсорбция, РФА, ПЭМБВ, РФЭС, ТПВ-H₂). Исследование активности катализаторов в реакции ОКМ проводили в проточной системе при атмосферном давлении, температуре 650-950°C и скорости газового потока 180 мл/мин. Молярное соотношение реагентов CH₄:O₂:He в исходной реакционной смеси составляло 4:1:2.

Установлено, что метод приготовления и температура прокаливания катализатора оказывает существенное влияние на текстурные характеристики образцов (рис. 2). Использование метода пропитки по влагеомкости позволяет получить большую удельную поверхность, чем при методе смешения с суспензией в 1.5-2 раза. При увеличении температуры прокаливания образцов от 700°C до 850°C, значение удельной поверхности MnNaW/SiO₂ образцов уменьшается в 2-3 раза, а MnNaW-La/SiO₂ образцов почти в 20 раз.

Согласно данным рентгенофазового анализа, для MnNaW/SiO₂ образцов после прокаливания при температуре 700°C основными фазами являются фазы α-кristоболита SiO₂, тридимита SiO₂, Na₂WO₄ и Mn₂O₃. С увеличением температуры прокаливания до 1000°C фазовый состав образца остается неизменным, но наблюдается увеличение содержания фазы тридимита. При введении в состав катализатора лантана происходит сохранение фаз α-кristоболита SiO₂, тридимита SiO₂, Na₂WO₄, однако фазы Mn₂O₃ не наблюдается. По данным просвечивающей электронной микроскопии, после прокаливания при 1000°C происходит образование La-Mn-O-Si структур, что свидетельствует о глубоком взаимодействии между оксидами металлов и носителем.

На рисунке 3 представлены кривые ТПВ-H₂ для MnNaW/SiO₂ катализаторов, полученных при вариации метода синтеза. Наблюдаются пики поглощения водорода при 315-340°C, 630-640°C и 750-810°C, что, согласно литературным данным, соответствует восстановлению MnOx, смешанных оксидов Mn-W-O или Mn-La-O, и оксидов вольфрама WOx соответственно. При использовании метода смешения с суспензией для приготовления катализаторов наблюдается смещение пиков в высокотемпературную область. Аналогичное изменение отмечается и при увеличении температуры прокаливания катализатора от 850 до 1000°C. Это может свидетельствовать об увеличении степени взаимодействия активного компонента с носителем. Для La-содержащих образцов наблюдается изменение профиля кривой поглощения водорода: появляется пик поглощения водорода при температуре 465°C, что, возможно, связано с образованием биметаллических La-содержащих оксидов (Mn-La-O, W-La-O).

На рисунке 4 представлены данные по влиянию метода приготовления MnNaW-La/SiO₂ катализатора на его активность в реакции ОКМ. Установлено, что MnNaW-La/SiO₂ (П) катализатор обеспечивает более высокие показатели процесса, чем MnNaW-La/SiO₂ (С). Конверсия метана и выход C₂ углеводородов увеличиваются от 15 до 32% и от 8.8 до 14.7%, соответственно, когда для синтеза катализатора используется метод пропитки по влагеомкости вместо метода смешения с суспензией. Как видно из Рисунка 5, увеличение температуры прокаливания MnNaW-La/SiO₂ катализатора от 800 до 850°C приводит к увеличению значений конверсии метана (от 15 до 36%) и выхода целевых продуктов реакции (от 7 до 19%). При дальнейшем увеличении температуры прокаливания катализатора наблюдается ухудшение показателей процесса ОКМ.

Таким образом, в результате работы показана возможность целенаправленного регулирования фазового состава, текстурных характеристик и активности MnNaW/SiO_2 и MnNaW-La/SiO_2 катализаторов путем варьирования метода их приготовления и температуры прокаливания. Установлено, что оптимальным методом синтеза MnNaW/SiO_2 и MnNaW-La/SiO_2 катализаторов является метод пропитки по влагеомкости. Максимальные показатели ОКМ достигаются при температуре прокаливания катализаторов 850°C . Разработанный состав катализатора MnNaW-La/SiO_2 обеспечивает в оптимальных условиях реакции (температура 800°C , объемная скорость подачи реакционной смеси $117 \text{ мл} \times \text{мин}^{-1} \times \text{гкат}^{-1}$, $\text{O}_2/\text{CH}_4 = 0,5$) выход C_2 -углеводородов 22 % при конверсии метана 54 % в течение 24 ч реакции [3].

Использование катализатора окислительной конденсации метана при глубокой переработке природного газа и попутного нефтяного газа позволит:

- Рационально использовать углеводородное сырье
- Существенно сократить вредные выбросы в окружающую среду
- Получить дорогостоящую, высоколиквидную продукцию – этилен.

Авторы выражают благодарность к.х.н. Ушакову В.А., к.х.н. Яшник С.А., к.х.н. Просвирину И.П., к.х.н. Герасимову Е.Ю., Краевской И.Л., Ефименко Т.Я. за помощь в исследовании образцов физико-химическими методами, Кузнецову В.В. и Суховой О.Б. за помощь в исследовании каталитической активности, к.х.н. Керженцеву М.А. и проф. Исмагилову З. Р. – за общее руководство данной тематикой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Седьмой рамочной программы Европейского союза (FP7/2007-2013, грант № 262840).

Библиографический список:

1. Исмагилов З.Р., Матус Е.В., Керженцев М.А., Цикоза Л.Т., Исмагилов И.З., Досумов К.Д., Мустафин А.Г. Конверсия метана в ценные химические продукты в присутствии наноструктурированных Mo/ZSM-5 катализаторов // Нефтехимия. – 2011. – Т. 51. – № 3. – С. 186–198.
2. Арутюнов В.С. Окислительная конверсия природного газа. М.: Красанд, –2011. – 640 с.
3. Исмагилов И.З., Матус Е.В., Васильев С.Д., Кузнецов В.В., Керженцев М.А., Исмагилов З.Р. Окислительная конденсация метана в присутствии модифицированных MnNaW/SiO_2 -катализаторов // Кинетика и катализ. – Москва: Изд-во Наука, 2015. – №4. – С. 459–469.

ДОКЛАДЧИК:

Степкина Надежда Николаевна
(Stepkina Nadezhda Nikolaevna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка технологии получения новых эффективных гербицидов для сельского хозяйства на основе солей 4-динитрометил-1,2,3-триазолов
The synthesis technology development of new and effective herbicides for agriculture on the basis of salts of 4-dinitrophenyl-1,2,3-triazoles

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Астраханский государственный университет (АГУ)
(Astrakhan State University (ASU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Степкина Надежда Николаевна
(Stepkina Nadezhda Nikolaevna)
Носачев Святослав Борисович
(Nosachev Svyatoslav Borisovich)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Целью работы является разработка технологии получения гидразиниевых солей 4-динитрометил-1,2,3-триазолов для получения эффективных гербицидов для сельского хозяйства. В процессе работы проводились синтез исходных соединений и установление их физико-химических параметров, синтез солей 4-динитрометил-1,2,3-триазолов и изучение их физико-химических параметров и биологической активности. Полученные соли представляют собой желтые кристаллические вещества с высокими выходами, хорошо растворимые в воде, фото- и термоустойчивые.

Annotation

The aim of the research is a technology development of 4-dinitromethyl-1,2,3-triazole hydrazinium salts to produce effective herbicides for agriculture. The synthesis of the starting compounds, their physical and chemical properties determination, synthesis of 4-dinitromethyl-1,2,3-triazoles salts and the study of their physical and chemical properties and biological activity were carried out in the process. Obtained salts are yellow crystalline substances, which are produced with high yields, readily soluble in water, photo- and heat-resistant.

Ключевые слова: гербициды; гербицидная активность; 1,2,3-триазолы; органический синтез; биологическая активность.

Keywords: herbicides; herbicidal activity; 1,2,3-triazoles; organic synthesis; biological activity

Если ранее методы избирательной борьбы с сорняками основывались исключительно на использовании различных агротехнических приемов, то в настоящее время широко и успешно применяют гербициды.

По механизму действия гербициды можно разделить на препараты регуляторного типа, аналогичные фитогормонам, и токсиканты – ингибиторы фотосинтеза [1].

Интересной группой соединений, ингибирующих биосинтез каротиноидов и хлорофилла, являются пиразолат и флухлоридон, первый эффективен против широколистных сорняков, а второй токсичен для овсяго и других сорных трав.

С целью создания в ряду азагетероциклических соединений новых соединений, обладающих гербицидной активностью нами были получены калиевые (3, 5) и гидразиниевые (4, 6) соли 4-динитрометил-1,2,3-триазолов. В основе метода получения лежит взаимодействие N-метилированных этил 1,2,3-триазол-4-ил динитроацетонитрилов (1, 2) с гидроксидом калия или гидразин-гидратом (схема 1).

Получению солей 4-динитрометил-1,2,3-триазолов предшествует синтез исходных соединений – алкилированных 4-динитроэтоксикарбонметил-1,2,3-триазолов (1, 2) – продуктов 1,3-диполярного циклоприсоединения цианодинитроэтоксикарбонилметана к диазометану.

Выделение изомерных соединений (1, 2) свидетельствует об амбидентности анионов 4-динитроэтоксикарбонметил-1,2,3-триазолов. Преобладание среди синтезированных соединений изомера N2 (1), говорит о большей нуклеофильности этого атома азота и большей стабильности 2Н-таутомера, что согласуется с литературными данными [2, 3], таблица 1.

Структура и изомерная принадлежность соединений (1, 2) установлена комплексным использованием методов ИК, ЯМР ¹H, ЯМР ¹³C спектроскопии, масс-спектрометрии, химическими превращениями.

ИК-спектры соединений содержат интенсивные полосы валентных колебаний геминальной динитрогруппы 1580 – 1590 см⁻¹ (антисимметричные) и 1300 – 1310 см⁻¹ (симметричные). Поглощение в области 1770 – 1750 см⁻¹ отнесены к валентным колебаниям сложноэфирной группы.

В отличие от N-метилированных 4-динитрометил-1,2,3-триазолов этил 5-метил-2Н-1,2,3-триазол-4-ил динитроацетонитрил (7) взаимодействует с гидроксидом калия по этилдинитроацетатной группе и

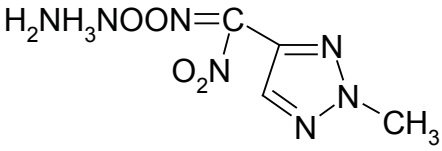
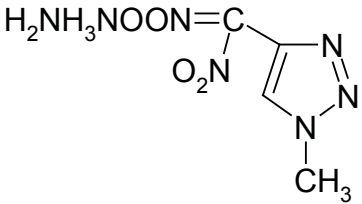
Таблица 1 – Физико-химические характеристики 4-динитроэтоксикарбонметил-1,2,3-триазолов

№ соед.	Выход, %	nD ²⁰	Т. пл. °C
1	36	1,4800	-
2	19	-	75

1,2,3-триазольному кольцу. Этот процесс сопровождается отщеплением как этоксикарбонильной группы, так и водорода 1,2,3-триазольного кольца и приводит к дикалиевой соли (8).

Структура солей (3-6,8) подтверждена методом электронной спектроскопии, а состав данными элементного анализа. В электронных спектрах солей присутствует полоса поглощения с λ_{max} 363-365 нм, характерная для солей гем-динитрометанов [4]. Физические характеристики и спектральные параметры солей приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Физические и спектральные характеристики гидразиниевых солей 4-динитрометил-1,2,3-триазолов

№ соед.	Формула	Выход, %	Т. раз. °С (р-ль для перекрист.)	УФ спектр, H ₂ O	
				λ_{max} , нм	lg ϵ
1		80	142 (метанол)	232 365	3,77 3,94
2		87	152 (метанол)	232 365	3,87 4,04

Нами проведены на качественном уровне предварительные испытания гербицидной активности калиевых (3,5,8) и гидразиниевых (4,6) солей 4-динитрометил-1,2,3-триазолов в ЦХЛС-ВНИХФИ. Установлено, что гидразиниевые соли (4,6) обладают высокой гербицидной активностью (% подавления – 100) по отношению к ячменю, гороху и редису.

Изучена токсичность и биологическая (гербицидная) активность полученных гидразиниевых солей 4-динитрометил-1,2,3-триазолов. Исследования проводились согласно методическим рекомендациям кафедры клинической фармакологии с курсом клинической алергологии и фитотерапии Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Астраханская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Изучение острой токсичности опытных образцов растворов солей (3, 4) на белых мышах показало, что образцы не оказывает токсического действия на их организм. Результаты по проделанной работе позволили сделать вывод о том, что опытные образцы растворов солей (4, 6) не обладает токсичностью и на основе ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества» относится к 4 классу опасности – незначительно опасные вещества.

Скрининговые испытания биологического действия гидразиниевых солей 4, 6 проводили в лаборатории массовых химических анализов ГНУ «Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства» (г. Астрахань) методом серийного разведения. В результате исследования установлено, что соли (4, 6) проявляют различную гербицидную активность по отношению к сорнякам ячменя, гороха и редиса. В качестве сравнения использовали гербицидную композицию «Пиразлат», таблица 3.

Таблица 3 – Изучение гербицидной активности

N соед.	Гербицидная активность, мг/мл		
	горох	редис	ячмень
4	20,0	20,0	20,0
6	40,0	40,0	40,0
«Пиразлат»	20,0	20,0	20,0

Наибольшей гербицидной активностью по отношению к сорнякам гороха, редиса и ячменя обладает гидразиниевая соль (6).

Таким образом, техническим результатом является синтез новых гидразиниевых солей 4-аци-динитрометил-1,2,3-триазола, которые предлагаются использовать в качестве гербицидов, так как полезные растения проявляют хорошую переносимость при обработке этими средствами.

Работа реализуется при финансовой поддержке Фонда содействию развития малых форм предприятий в научно-технической сфере (договор № 124ГУ1/2013 от 07.10.2013).

Список использованной литературы

1. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. М.: Просвещение. 1987. 816 с.

2. Ладыжникова Т.Д., Соловьев Н.А., Алтухов К.В., Перекалин В.В. Реакция цианотринитрометана с алифатическими диазосоединениями. ЖОрХ. 1988. – т. 24, – вып. 3. – с. 644-650.
3. Pederson C. The preparation of some N-methyl-1,2,3-triazoles // Acta Chem. Scand. – 1959. – V. 13. – P. 888-892.
4. Иванов А.И., Словецкий В.И., Шевелев С.А., Ерашко В.И., Файнзильберг А.А., Новиков С.С. ЖФХ. 1966. 10. 2298.

ДОКЛАДЧИК:

Сысоев Виктор Иванович
(Sysoev Viktor Ivanovich)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка физико-химических основ комплексной переработки высокомагнезиальных сидеритовых руд

The development of the physicochemical foundations of complex processing high magnesian sideritic ores

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г. И. Носова (МГТУ
им. Г. И. Носова)
(Nosov Magnitogorsk State
Technical University (NMSTU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Сысоев Виктор Иванович
(Sysoev Viktor Ivanovich)
Савченко Илья Андреевич
(Savchenko Ilya Andreevich)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

В работе представлены результаты исследований, которые могут быть положены в основу модернизации ныне применяемой технологии и использованы для разработки основ технологии комплексной переработки высокомагнезиальных сидеритов, удовлетворяющей современным экологическим требованиям. Применение этой технологии позволит значительно расширить сырьевую базу Уральских металлургических заводов как с точки зрения железорудного сырья, так и сырья для получения различных огнеупоров.

Annotation

The work presents research results that can be assumed as a basis for the modernization of current technology and be used for the development of the principles of complex processing high magnesian siderites, meeting modern ecological requirements. Application of such a technology will make it possible to significantly enlarge the raw materials base of Ural's metallurgical works in the aspect of both iron ore raw materials and the raw materials for the obtaining of various refractory materials.

Ключевые слова: пирометаллургия; гидрометаллургия; химическая технология; мягкий обжиг; сидероплезит; магнезиоферрит; магнезиовустит; выщелачивание; экологическая безопасность.

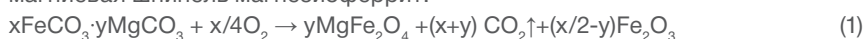
Keywords: pyrometallurgy, hydrometallurgy, chemical technology, soft roasting, sideroplesite, magnesioferrite, magnesioiwustite, leaching, environmental safety.

Введение

Проблема нехватки качественного железорудного сырья для современной металлургии, обусловленная истощением железорудных месторождений при неуклонном росте объемов металлургического производства, заставляет вовлекать в производство руды, которые по тем или иным причинам не могли быть прежде использованы в металлургии или использовались в ограниченных объемах. К таким рудам относятся, в частности, высокомагнезиальные сидеритовые руды Бакальского месторождения (Челябинская область), запасы которых составляют свыше 1 млрд. тонн. В настоящее время применение этих руд в металлургии сдерживается относительно низким содержанием в них железа (Feобщ 27-30%) и высоким содержанием оксида магния (MgO от 10% и выше), который образует в процессе доменной плавки высоковязкие шлаки. Бакальские руды довольно чистые по фосфору (<0,05%), в них мало серы (в среднем 0,1%), кроме того, они содержат более 1% марганца. Основным рудообразующим минералом является сидероплезит, представляющий собой изоморфную смесь карбонатов железа, магния и небольшого количества марганца. На сидероплезит приходится 75-80%, на нерудные составляющие – доломит, анкерит, кварцит и другие – 20-25%.

Ныне применяемая технология переработки Бакальских сидеритов сводится к обжигу сырой руды фракции 10-60 мм в шахтных печах при 1000-1100°C в окислительной атмосфере. Обоженный концентрат (КОС) подвергается сухой магнитной сепарации (СМС), что позволяет удалять, в основном, только нерудные материалы. Содержание железа при этом повышается до 50%, а оксида магния – до 18-20%.

В процессе обжига исходные карбонаты разлагаются с выделением диоксида углерода и образуется преимущественно химически устойчивая магниевая шпинель магнезиоферрит:



Практически приемлемыми направлениями получения продукта, характеризующегося малым содержанием MgO, из руд Бакальского месторождения являются высокотемпературный восстановительный обжиг, приводящий к выделению железа в самостоятельную фазу, и химическое обогащение руды или продукта ее термического разложения (выщелачивание). Первое направление в настоящее время экономически не выгодно, второе – с использованием сильных минеральных кислот (H_2SO_4 , HCl , HNO_3) – не пригодно как в экономическом, так и в экологическом отношении.

Цели и задачи

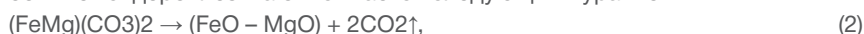
Основной целью проекта является разработка основ технологии переработки высокомагнезиальных сидеритовых руд, позволяющей вовлечь такие руды в металлургическое производство. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- снизить количество оксида магния в получаемом железорудном концентрате до уровня, приемлемого для использования в доменной плавке, то есть до 6–8%;
- предложенная технология должна быть рентабельной, что может достигаться получением второго продукта – магнезии высокой чистоты;
- предложенная технология не должна ухудшать экологической обстановки на действующем производстве.

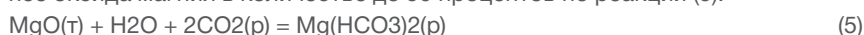
Методы и материалы

В результате проведенных исследований были выяснены и сформулированы основные подходы к решению поставленных задач:

1. Выполненные нами термогравиметрические исследования показали, что при обжиге разложение сидероплезита происходит в температурном интервале 400 – 650°C. (рис. 1, первый пик). Поэтому обжиг сидероплезитов проводился в «мягких условиях», то есть в температурном интервале 550 – 650°C при отсутствии свободного кислорода, что препятствует формированию магнезиоферрита. Образование основных фаз при «мягком обжиге» сидероплезита описывается следующими уравнениями:



2. Проведенные рентгенографические исследования [5] позволили установить, что при мягком обжиге происходит в соответствии с уравнением (2) образование значительных количеств магнезиовюстита – твердого раствора оксида магния в оксиде железа (II). Действие на эту фазу раствором угольной кислоты приводит к селективному выщелачиванию из неё оксида магния в количестве до 50 процентов по реакции (5):



3. Третий подход к решению проблемы Бакальских руд связан с увеличением скорости и полноты выщелачивания оксида магния раствором угольной кислоты из обожженного в мягких условиях сидероплезита. Нами было разработано несколько способов активации обожженного материала.

Описание результатов

Исследования проводились на пробах, примерный состав которых представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Примерный химический состав Бакальских сидеритов

	Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	ппп
Руда, %	29,3	37,1	0,7	12	5,3	2,5	1,1	1,0	35,8

Рис. 2 – Принципиальная схема предлагаемой технологии



Исходная руда подвергалась дроблению и грохочению, после чего проводился магнетизирующий «мягкий обжиг», сухая магнитная сепарация, позволяющая выделить до 20% «хвостов», доизмельчение выделенной магнитной фракции до крупности 0,1 мм и выщелачивание из нее оксида магния раствором угольной кислоты.

Выщелачивание оксида магния протекает довольно медленно (идет 5 часов при давлении CO_2 1 атм), но может быть ускорено предварительной активацией продукта обжига. Один из предложенных нами способов активации предполагает закалку в воду обожженного сидероплезита с повторным нагревом до температуры порядка 500–550°C и изотермической выдержкой в течение 40 минут. Предполагается, что при этом на реакционных центрах материала, образовавшихся при его резком охлаждении, протекает твердофазная реакция (6) диспропорционирования неустойчивого при температурах ниже 570°C оксида железа (II) фазы магнезиовюстита на Fe_3O_4 и Fe. Оставшийся оксид магния формирует фазу периклаза, из которой он извлекается угольной кислотой значительно быстрее (~30 мин при давлении CO_2 1 атм) и полнее (степень извлечения

MgO до 70%), чем из исходной фазы магнезиевюкстита.



При нагревании полученного в результате выщелачивания раствора бикарбоната магния из него выпадает трёхводный карбонат, который при нагревании до температуры свыше 650°C диссоциирует с образованием оксида магния. Выделяющийся при этом диоксид углерода может быть возвращен в технологический цикл и использован для выщелачивания оксида магния из обожженного сидероплезита. Использование с той же целью диоксида углерода газовой фазы, образующейся при «мягком обжиге» исходного сидероплезита и содержащей, по данным проведенного нами хроматографического исследования [6], около 80% CO₂ и 18-20% CO, позволит существенно повысить содержание CO в этой газовой смеси, определяющее её технологическую ценность.

Основные этапы предлагаемой технологии представлены на рис. 2.

Экспериментальные результаты, полученные при переработке Бакальских сидеритов по предлагаемой схеме, представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Химический состав руды и продуктов, полученных по предлагаемой технологии

	Feобщ	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	ппп	Feобщ/ MgO
Исходная руда, %	27,4	34,0	1,4	3,2	7,3	12,9	35,9	2,12
Магнитная часть КОС, %	51,6	21,9	49,4	2,5	1,7	17,8	3,5	2,9
Немагнитная часть (хвосты), %	13,5	11,3	87,3	5,9	19,0	13,0	38,1	1,04
Железорудный концентрат, %	61,2	0,2	82,4	2,7	2,0	6,2	3,1	9,87

Таким образом, нами разработаны основы технологии комплексной переработки Бакальских сидеритов с получением двух ценных товарных продуктов: железорудного концентрата, содержащего Fe + Mn на уровне 60% и оксид магния – около 6%, и магнезии высокой чистоты (MgO не менее 98%) в количестве 100-120 кг на тонну концентрата.

Список использованных источников

1. Применение методов пиро- и гидрометаллургии для переработки сидеритовых руд / В. М. Колокольцев, В. А. Бигеев, С. П. Клочковский, А. Н. Смирнов, А. С. Бессмертных // Горный журнал Черные металлы Специальный выпуск, 2012.
2. Бессмертных А. С., Бигеев В. А., Клочковский С. П., Смирнов А. Н. Сб. материалов VIII конгресса обогатителей стран СНГ. М. : МИСиС, 2011. Т. 1. С. 70–72
3. Физико-химические основы комплексной переработки высокомагнезиальных сидеритовых руд Бакальского месторождения / С.П. Клочковский, А.Н. Смирнов, И.А. Савченко, Р.Н. Абдрахманов, В.И. Сысоев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 16, №4(3), 2014
4. Комплексный подход к переработке сидеритовых руд Бакальского месторождения / Клочковский С.П., Савченко И.А., Смирнов А.Н., Сысоев В.И. // Наука и производство Урала, №10, 2014
5. Хроматографический анализ газовой фазы, образующейся при «мягком» обжиге высокомагнезиальной сидеритовой руды / Клочковский С.П., Смирнов А.Н., Абдрахманов Р.Н., Савченко И.А. // Теория и технология металлургического производства. 2013. № 1(13). С. 13-15.
6. Патент на изобретение. RU 2471564 Способ переработки сидеритовых руд. Клочковский С.П., Смирнов А.Н., Колокольцев В.М., Бигеев В.А., Бессмертных А.С. / <http://www.freepatent.ru/patents/2471564>
7. The Principles of Processing Siderite Ores with a high Magnesium Oxide Content / S. Klochkovskii, A. Smirnov // Defect and Diffusion Forum. 2012. Vols. 326-328. P. 111-114.

ДОКЛАДЧИК:

Тугульдурова Вера Петровна
(Tuguldurova Vera Petrovna)

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка способа получения аллантиина
The development of process of allantoin preparation

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Национальный исследовательский
Томский государственный
университет (НИ ТГУ)
(National Research Tomsk
State University (TSU))

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Тугульдурова Вера Петровна
(Tuguldurova Vera Petrovna)

ТЕЗИСЫ:**Аннотация**

Представляемый проект направлен на разработку отечественного способа получения аллантиина путем конденсации глиоксалево́й кислоты и мочевины, отвечающего стандартам современной химической технологии и зеленой химии. Продукт, получаемый по предложенной методике, отвечает требованиям фармакопейной статьи на аллантиин европейской фармакопеи.

Annotation

The aim of the presented project is to develop a domestic method of allantoin production by condensation of glyoxylic acid and urea. This method corresponds to standards of modern chemical technology and green chemistry. The product obtained by the proposed method complies with the requirements of the European Pharmacopoeia on allantoin.

Ключевые слова: аллантиин; глиоксалево́й кислота; мочевина; реакция конденсации; косметология; фармацевтика.

Keywords: allantoin; glyoxylic acid; urea; condensation reaction; cosmetology; pharmaceuticals.

Аллантиин – гетероциклическое соединение, применяемое в составе современных косметических продуктов и фармацевтических препаратов для лечения кожных заболеваний. Аллантиин и некоторые его производные являются активными компонентами ингибитора антигена плоскоклеточной карциномы [1] и в перспективе могут использоваться для профилактики и лечения рака. Также данное соединение используется в сельском хозяйстве, в качестве регулятора роста растений, входит в состав удобрений и ветеринарных дезинфицирующих средств [2,3]. Но, несмотря на широкий спектр и большое количество положительных эффектов применения аллантиина, его производство в России отсутствует. Потребление данного вещества различными компаниями России оценивается в 50 тонн в год. Это подтверждает актуальность разработки отечественного способа получения аллантиина, отвечающего фармацевтическим стандартам.

Промышленное производство аллантиина осуществляется путем конденсации глиоксалево́й кислоты и мочевины в присутствии кислотных катализаторов.

В качестве катализаторов используют сильные минеральные кислоты [4], сильноокислую катионообменную смолу [5], твердые кислоты [6], нанесенные катализаторы [7], цеолиты [8], ионные жидкости [9]. Основными недостатками их применения являются: образование крайне токсичных для окружающей среды отходов, примеси твердых катализаторов в продукте, а значит дополнительные стадии очистки и дороговизна их применения.

В данном проекте предложены способы получения аллантиина путем конденсации глиоксалево́й кислоты и мочевины в присутствии минеральных и органических кислот средней силы и их солей. Полученные результаты охраняются в режиме коммерческой тайны ТГУ (оформлен «ноу—хау» Приказ № 627 от 19.11.2013 г.), планируется подача заявки на патент.

Данные способы отвечают экологическим стандартам за счет возможности дальнейшего использования образующихся в результате синтеза отходов и позволяют получать продукт высокого качества с выходом 70%. Особенностью первого способа является то, что процесс протекает в двух температурных режимах: последовательное смешение реагентов при охлаждении до 5–15°C и выдержка реакционной массы при повышенной температуре. Выход целевого продукта 45%. Особенностями второго метода являются дополнительное использование солей кислот в качестве катализаторов и ведение процесса синтеза в одну стадию при умеренных температурах. Выход продукта достигает 70%.

В ходе выполнения работ проводили оптимизацию данного метода получения аллантиина по температуре и времени выдержки. Такая температурная зависимость выхода аллантиина и оптимизация метода по времени выдержки представлены на рисунке 1.

Видно, что в диапазоне 50–70°C выход аллантиина находится на одном уровне и достигает максимального значения в 67% при $T = 65^\circ\text{C}$. Дальнейшее увеличение температуры синтеза приводит к резкому снижению выхода целевого продукта, что можно связать с интенсификацией процессов образования побочных продуктов. Максимальный выход достигается при

Рис. 1 - Зависимость выхода продукта от температуры и времени выдержки реакционной массы

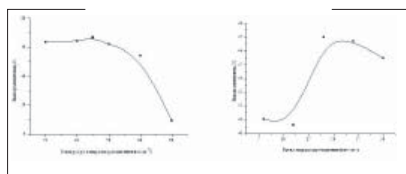
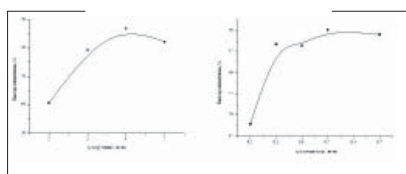


Рис. 2 - Зависимость выхода продукта от мольного соотношения глиоксалева кислота:карбамид 1:n и глиоксалева кислота : катализатор 1:n



времени синтеза 18–24 ч.

Влияние мольных соотношений реагентов исходных реагентов и катализатора реакции было изучено путем варьирования этих параметров. На рисунке 2 представлена зависимость выхода целевого продукта от изменения мольного соотношения глиоксалева кислота:карбамид и глиоксалева кислота:катализатор.

Проведение синтеза в стехиометрическом соотношении глиоксалева кислота:карбамид 1:2 имеет существенно меньший выход (41%) по сравнению с применением избытка карбамида 1:4. Это может быть связано со смещением равновесия реакции в сторону продуктов, за счет увеличения количества исходных реагентов. Видно, что с ростом количества кислоты-катализатора в реакционной массе, возрастает и выход аллантиина. Максимальный выход в 70% достигается при мольном соотношении глиоксалева кислота:катализатор 1:0,5. Дальнейшее увеличение его содержания в реакционной массе определяет выход аллантиина на том же уровне, соответственно использование большего количества катализатора нецелесообразно.

Идентификацию структуры полученного продукта проводили различными физико-химическими методами и в сравнении с коммерческим аллантином.

Для подтверждения структуры полученного продукта проводили исследования на ЯМР Фурье-спектрометре Bruker AVANCE AV300. Получены следующие результаты:

$^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, DMSO-d_6) δ : 8,05 (1H, s), 6, 94 (1H, d), 5,83 (2H, s), 5,24(1H,d).

$^{13}\text{C-NMR}$ (75 MHz, DMSO-d_6) δ : 173,79, 157,70, 157,06, 62,61.

Расшифровка данных спектров и их сравнение с ЯМР спектрами коммерческого образца подтверждают структуру полученного продукта как аллантиина.

Также идентификацию проводили методом ИК-спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения на ИК-спектрометре Nicolet 6700. В обоих случаях обнаружены полосы поглощения валентных (3436 см^{-1} (NH_2), 3068 см^{-1} (NH_2), 3192 см^{-1} (NH), 2947 см^{-1} (CH), 1780 см^{-1} (C=O), 1719 см^{-1} (C=O), 1667 см^{-1} (C=O)) и деформационных (1602 см^{-1} (NH_2), 1430 см^{-1} (NH)) колебаний указанных группировок, что свидетельствует о соответствии структур конечного продукта и коммерческого образца.

Еще одним методом подтверждения структуры полученного продукта был элементный анализ. Исследования проводили на CHNS-O анализаторе EuroEA-3000 (Eurovector). Результаты измерений (C 30,18%, N 35,24%, H 3,93%, O 30,65%) в сравнении с рассчитанными данными (C 30,38%, N 35,43%, H 3,82%, O 30,36%) подтверждают структуру полученного продукта как аллантиина.

Массовую долю основного вещества в аллантиине определяли методом потенциометрического титрования [10]. Измерения проводили для навесок

Таблица 2 – Химический состав руды и продуктов, полученных по предлагаемой технологии

Показатель	Норма по Ph. Eur. monograph 1288	Фактическое значение
Внешний вид	Белый или почти белый кристаллический порошок	Белый кристаллический порошок
Температура плавления, °C	Около 225°C с разложением	225°C с разложением
Растворимость	Малорастворим в воде, очень мало растворим в спирте	Малорастворим в воде
Подлинность	1. Сравнение ИК-спектров 2. Метод В	1. Спектр образца и спектр, представленный на рисунке в Ph. Eur. monograph 1288 имеют одинаковые полосы поглощения 2. На хроматограмме обнаруживается пятно, соответствующее по расположению, цвету и размеру основному пятну на хроматограмме раствора сравнения.
Кислотность или щелочность.	Желтое окрашивание, при прибавлении не более 0,4 мл 0,01 М раствора кислоты хлористоводородной окраска раствора изменяется на красную.	Желтое окрашивание, при прибавлении 0,4 мл 0,01 М раствора кислоты хлористоводородной окраска раствора изменяется на красную
Угол оптического вращения	От -0,10° до +0,10°	0,01
Восстанавливающие вещества.	Окраска раствора должна оставаться фиолетовой в течение не менее 10 мин.	Фиолетовое окрашивание остается в течение 10 мин
Сопутствующие примеси	На хроматограмме испытываемого раствора (а) любое пятно, кроме основного, должно быть не интенсивнее пятна на хроматограмме раствора сравнения (б)	На хроматограмме испытываемого раствора (а) любое пятно, кроме основного, не интенсивнее пятна на хроматограмме раствора сравнения (б)
Потеря в массе при высушивании	Не более 0,1 %.	0,13
Сульфатная зола	Не более 0,1 %.	0,06
Количественное определение	98,5 – 101%	99,7%

аллантина на автоматическом потенциометрическом титраторе DL-15 (Mettler-Toledo GmbH,) 0,1 моль/л раствором гидроксида натрия до pH=10. Объем раствора NaOH, пошедший на титрование аллантина определяли по точке перегиба на кривой титрования. В результате таких измерений определено, что массовая доля основного вещества в полученном продукте составляет 99,7%.

Сравнение полученного продукта на предмет соответствия требованиям европейской фармакопеи представлено в таблице 3.

Заключение

В результате выполнения работ был предложен способ получения аллантина, проведена оптимизация условий синтеза аллантина, достигнут максимальный выход продукта в 70%. В ходе работы подтверждена структура полученного продукта как аллантина, определено предельное содержание примесей, установлена массовая доля основного вещества (99,7%). Проведено исследование полученного продукта на предмет соответствия требованиям европейской фармакопеи, обнаружено, что по всем основным показателям продукт проходит испытания.

Проект поддержан программой «УМНИК» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. Договор №1923 ГУ1/2014

Список использованных источников

1. Kaneko M., Hiruma T., Suetsugu M., Katagiri C., Iida T., Onodera T. SCCA-1 production inhibitor having a carboxamide derivative and/or a salt thereof as an active ingredient. Patent EP 2425831, issued 07.03.2012
2. Kramer A. Antimicrobial composition for antiseptic and disinfectant for skin – comprises compounds yielding oxygen and chlorine, ammonium compound, surfactant, aluminum chloride carbamide, urea, allantoin, panthenol and lactic acid. Patent DE 4137544, issued 13.05.1993.
3. Fox LK., Gradle C., Dee A. Short communication: disinfectant containing a complex of skin conditioners // Journal of Dairy Science – 2006. – Vol. 89. Issue 7. – P. 2539 – 2541.
4. Mesch W., Grosskinsky O., Loesh N. Production of allantoin of high purity in aqueous medium. Patent DE 1939924, issued 18.02.1971.
5. Sufang W., Limin J. Allantoin synthesis process. Patent CN 1765888, issued 03.05.2006.
6. Ling S., Qi L., Sheng C., Haijun L. Solid acid catalyst and reaction technique for synthesis of allantoin. Patent CN 101347739, issued 21.01.2009.
7. Lixiu Liu, Aijiang He, Xiangbiao Li. Synthesis of Allantoin Catalyzed by SO₄²⁻/La₂O₃-SiO₂-ZrO₂ // Asian Journal of Chemistry – 2012 – Vol. 24. Issue 5. – P. 2298.
8. Carlos C., Fraile J.M., Garcia J.I., Lazaro B., Mayoral J.A., Pallares A. Heterogeneous catalysis in the synthesis and reactivity of allantoin // Green Chemistry – 2003. – Issue 2. – P. 275 – 277.
9. Yongmei P., Wenjing H. Method for synthesizing allantoin. Patent CN 102617476, issued 01.08.2012.
10. Ph. Eur. monograph 1288 // British Pharmacopoeia (BP). 2013\

ДОКЛАДЧИК:

Шалунов Андрей Викторович
(Shalunov Andrey Viktorovich)
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Успехи и перспективы применения высокоинтенсивных ультразвуковых колебаний для интенсификации процессов химических технологий
Progress and prospects of application of high ultrasound for an intensification of chemical technology processes

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
(Biysk Technological Institute (branch) of the AltSTU)

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Шалунов Андрей Викторович
(Shalunov Andrey Viktorovich)

ТЕЗИСЫ:

Широко используемые технологии не всегда могут удовлетворить растущие запросы промышленности по увеличению скорости, обеспечению экологичности и повышению качества выпускаемой продукции. Поэтому для решения возникающих задач приходится разрабатывать новые подходы к реализации производственных процессов, которые ранее не применялись. Примером могут служить технологии, основанные на использовании энергии акустических колебаний ультразвуковой частоты и высокой интенсивности.

При реализации ультразвукового воздействия, введение акустических колебаний осуществляется в технологическую среду, находящуюся в каком-либо агрегатном состоянии (как правило, в жидком или газообразном). На сегодняшний день наибольшее промышленное распространение получила ультразвуковая интенсификация процессов в жидких средах. Это обусловлено следующими причинами:

1. Условия ввода ультразвуковой энергии в жидкость из колебательных систем с металлическими рабочими инструментами наиболее благоприятные. Обусловлено это тем, что высокое удельное волновое сопротивление жидких сред обеспечивает значительный вывод мощности из колебательной системы в жидкость.

2. В жидких средах возникает и протекает специфический физический процесс – ультразвуковая кавитация – обеспечивающий преобразование низкой плотности энергии колебательного процесса в высокую плотность энергии взрывающихся парогазовых пузырьков и максимальное энергетическое воздействие на жидкости и на твердые тела в жидкостях. Аналогичного по эффективности воздействия физического процесса нет в твердых телах и газовых средах.

Ультразвуковое воздействие обеспечивает инициацию и интенсификацию таких процессов, как эмульгирование, диспергирование, экстракция, деполимеризация, дегазация и многих других. Отдельно следует отметить возможность применения ультразвукового оборудования в нефтяной промышленности. Например, установлено, что использование разработанных аппаратов при обработке нефтешлама позволяет достичь степени извлечения нефти 75,9%. При этом ультразвуковая экстракция углеводородов нефти из нефтешлама предполагает последующее использование продуктов реакции. Кроме того, ультразвук находит применение в процессах обессеривания нефти, увеличивает выход легких фракций нефти, обеспечивает снижение вязкости нефти при ее транспортировке. Широкое применение находят созданные ультразвуковые аппараты для улучшения свойств материалов путем структурной модификации полимерной матрицы наночастицами. По результатам исследований введение наночастиц в связующее при ультразвуковой обработке приводит к повышению предела прочности при изгибе на 20 %, при сжатии на 30%.

Нахождение жидкости в виде тонкой пленки на излучающей поверхности ультразвуковой колебательной системы создает благоприятные условия для ее распыления.

На основе этого эффекта были созданы ультразвуковые установки для напыления фоторезиста на поверхность кремниевых пластин и паяльного флюса на печатные платы. Кроме того, разработаны распылители, предназначенные для работы в составе установок для химико-механического полирования

Более новым и менее исследованным, но весьма перспективным направлением развития ультразвуковых технологий является интенсификация процессов, протекающих в газовых средах. Среди известных технологий наиболее востребованной является коагуляция различных аэрозолей, пыли и дымов для осаждения дисперсных частиц из воздушной среды с целью ее очистки от вредных примесей или получения готового продукта. В этой области отдельно остро стоит проблема осаждения периодически образующихся природных туманов, препятствующих посадке самолетов, движению автотранспорта, судоходству и т.д. Кроме этого, огромную опасность представляет аэрозольное загрязнение атмосферы в промышленных центрах; техногенные аэрозоли, образующиеся при взрывах, при добыче и переработке материалов, при техногенных катастрофах. Действенных средств и методов борьбы с этими аэрозолями, на сегодняшний день, не существует, что обуславливает актуальность и необходимость решения этой проблемы.

Таким образом, ультразвуковые колебания и аппараты для их создания являются эффективным инструментом повышения эффективности процессов химических технологий, улучшения свойств существующих или создания новых материалов.

ДОКЛАДЧИК:

Щербина А. А.
Член экспертной группы

НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Плазмохимическая модификация поверхности полимерных материалов

ОРГАНИЗАЦИЯ:

Институт физической
химии и электрохимии им.
А.Н. Фрумкина РАН

АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Щербина А. А.

ТЕЗИСЫ:

Модификация поверхности полимерных материалов с целью придания им требуемых функциональных свойств используется в настоящее время в разных областях полимерного материаловедения. Особое место среди этих способов занимают методы плазменной обработки поверхности полимеров, которые широко применяются, в частности, для изменения поверхностной энергии, увеличения гидрофильности полимеров, регулирования их адгезионных свойств, придания материалу био- и кровесовместимости, ковалентной прививки полярных групп и полимерных цепей на поверхность полимера, улучшения биоразлагаемости полимерных материалов.

В докладе будут представлены оригинальные и литературные данные, касающиеся плазменной обработки полимерных волокон, пленок, мембран, покрытий, изделий в различных газовых разрядах, результаты воздействия на молекулярно-химические и структурно-морфологические характеристики поверхностных слоев, а также примеры использования плазмохимической обработки на практике в различных областях – от аэрокосмической отрасли до медицины.

Сборник тезисов участников форума
«НАУКА БУДУЩЕГО – НАУКА МОЛОДЫХ»

Дирекция форума ООО «Инконсалт К»
Издательство - Инконсалт К,
115035 г. Москва, 3-й Кадашевский пер., д.6

