

## Ученые ИФТТ РАН – участники международного космического эксперимента OASIS

С начала космической эры космос рассматривается учеными как лаборатория, где существуют особые условия, которые невозможно на длительное время смоделировать на Земле, например, невесомость, микрогравитация, экстремальные температуры, вакуум, и т.д. Проведение научных экспериментов в условиях невесомости и микрогравитации позволяют ученым получать принципиально новые знания о природе различных явлений, которые трудно, а зачастую просто невозможно, наблюдать в условиях Земли. Целью проведения космического эксперимента OASIS (Observation and Analysis of Smectic Islands in Space – Наблюдение и анализ смектических островов в космосе) (далее – КЭ OASIS) стало изучение нанопленок жидких кристаллов. В данном эксперименте отсутствие гравитации было необходимым условием, позволившим избежать осаждения включений в смектических пленках. Анализом полученных данных КЭ OASIS занималась международная группа ученых из Университета Колорадо (Боулдер, США), Университета Отто фон Герике (Магдебург, Германия), Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН (Черноголовка, Россия) и Института физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна РАН (Черноголовка, Россия). ИФТТ РАН в международной группе участников эксперимента представляли сотрудники Лаборатории квантовых кристаллов д.ф.-м.н. Долганов В.К., д.ф.-м.н. Долганов П.В. и м.н.с. Шуравин Н.С.

Эксперимент проводился под эгидой NASA (Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США), Европейского космического агентства (ESA) и Госкорпорации «Роскосмос» (ЦНИИМаш). Для проведения эксперимента была разработана и сконструирована научная аппаратура. Оборудование располагалось в перчаточном боксе (Microgravity Science Glovebox) американского сегмента Международной космической станции (МКС). Эксперимент продолжался около года в период экспедиций МКС-43 – МКС-47. Техническое сопровождение КЭ OASIS на борту МКС осуществлялось совместно американскими астронавтами и российскими космонавтами, и получаемые результаты в реальном времени транслировались одновременно в Университет Колорадо, Университет Отто фон Герике и ИФТТ РАН.

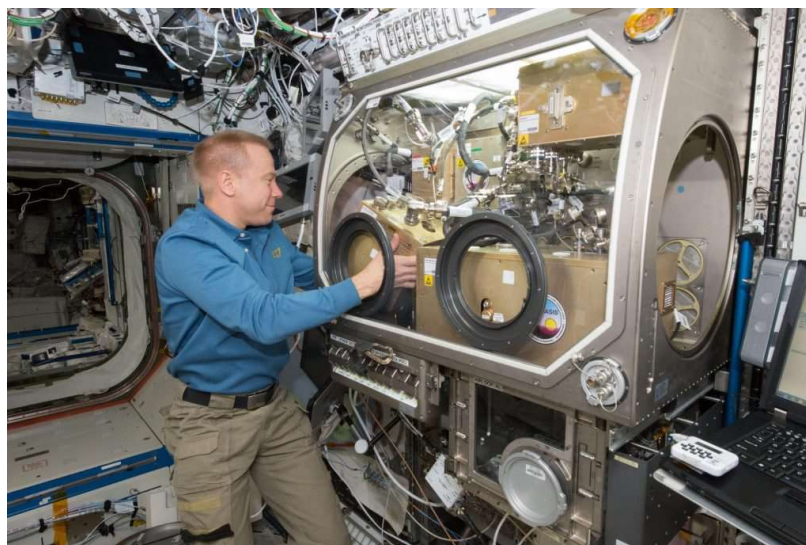


Рис. 1. Тимоти Копра, командир экспедиции МКС-47, упаковывает оборудование, использовавшееся в эксперименте OASIS.

*Credit: Glenn Research Center, NASA, <https://www1.grc.nasa.gov/space/iss-research/msg/oasis/>*



Рис. 2. Геннадий Падалка юстирует видеокамеру, используемую для регистрации изображений смектических пузырей в эксперименте OASIS.

*Credit: Glenn Research Center, NASA, <https://www1.grc.nasa.gov/space/iss-research/msg/oasis/>*

После завершения экспериментов полный объем полученных данных на жёстких дисках был спущен на Землю и передан трем научным группам из США, Германии и России.

Сотрудниками ИФТТ РАН и иностранными коллегами проводился анализ данных космического эксперимента по изучению наноплёнок смектических жидких кристаллов, приготовленных в форме сферического пузыря в условиях микрогравитации ( $<10^{-3}$  g). Результаты части этих исследований опубликованы в журнале Scientific Reports [1]. Изучено коллективное поведение капель изотропной жидкости, зарождающихся в смектических наноплёнках выше температуры объёмного фазового перехода плавления смектика. Обнаружено, в частности, что капли могут образовывать гексагональную структуру с равновесным межчастичным расстоянием, в несколько раз превышающим размеры капель (рис.3).

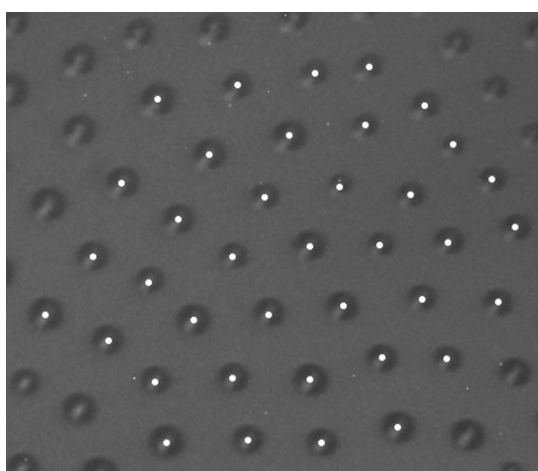


Рис. 3. Структура с гексагональным упорядочением, образованная каплями изотропной жидкости в наноплёнке смектического жидкого кристалла. Белыми точками на фото отмечены центры капель. Условия микрогравитации позволили получить наноплёнки больших размеров и толщиной от нескольких молекулярных слоёв до сотен слоёв. Горизонтальный размер фотографии 230 мкм. Из совместной публикации [1].

Механизм, приводящий к образованию двумерно упорядоченной структуры, может быть связан с деформацией слоевой структуры каплями. Распределение положений включений по азимутальному направлению имеет большую относительную ширину, чем по радиальному направлению. Обнаружено нетривиальное динамическое поведение частиц с периодическим разрушением и восстановлением гексагонального упорядочения. Такое поведение частиц, наблюдаемое в экспериментах, напоминает временные кристаллы, времязависимые структуры, возникающие в определенные моменты времени в неравновесной динамической системе.

В результате частичного анализа большого объема экспериментальных данных по структуре и динамике смектических нанопленок, полученных на МКС, показано, что жидкие кристаллы – перспективные объекты для изучения структуры и динамики сложных систем в условиях микрогравитации. В настоящее время не создана единая теория, объясняющая устойчивость гексагональной структуры в отсутствие ориентационного молекулярного упорядочения в плоскости плёнок. Проведение последующих экспериментов в условиях микрогравитации по изучению структур с различным пространственно-временным порядком позволит получить новые знания о структуре и динамике жидких кристаллов.

[1] P. V. Dolganov, N. S. Shuravin, V. K. Dolganov, E. I. Kats, R. Stannarius, K. Harth, T. Trittel, C. S. Park and J. E. MacLennan, Transient hexagonal structures in sheared emulsions of isotropic inclusions on smectic bubbles in microgravity conditions, *Scientific Reports* **11**, 19144 (2021).