

ЗА НАУКУ

ВЫХОДИТ С 1958 ГОДА

SAPERE AUDE



**Шаги
В КОСМОС**



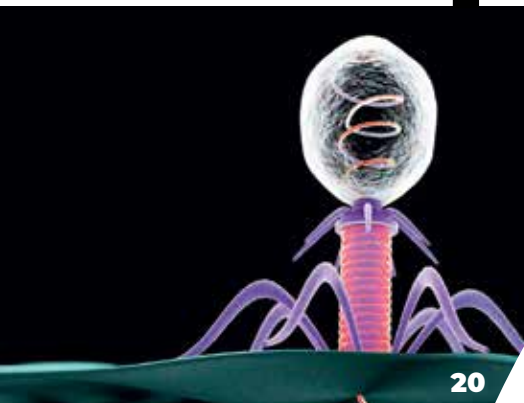
От редакции

Перед вами второй номер, посвященный космосу. В нем мы подробнее поговорим о том, что нам близко и в прямом, и в переносном смысле. Солнечная система.

Все чаще мы слышим о необходимости осваивать другие планеты, и фильмы про колонизацию не кажутся такими уж фантастическими. Всерьез обсуждаются поселения на Марсе, японские ученые запустили первый космический лифт для испытаний, в Китае планируют обзавестись собственной станцией, а Луна вообще рассматривается как будущий «форпост» землян.

Вместе с вопросами научного и технического характера возникают и этические. Сможем ли мы сохранить безнациональность космоса, сможем ли не делить космос на сферы влияния, сможем ли остаться землянами? Успеем ли выработать единую тактику раньше, чем первый человек полетит к другой планете? Так мало ответов и так много еще предстоит работы.

Содержание



20

№ 3 (1954) 2018 год

Главный редактор

Анна Дзарахохова

Научный редактор

Татьяна Небольсина

**Дизайн, верстка
и иллюстрации**

Екатерина Блудчая,
Эмма Бурляева,
Александра Кубликова,
Елена Хавина,
Любовь Ярошинская,
Lion on helium

Фотограф

Евгений Пелевин

Корреспонденты

Андрей Бабёнышев,
Изабелла Затилян,
Илья Кабанов,
Ася Макарова,
Виктория Максимчук,
Вячеслав Мещерин,
Анастасия Митько,
Вероника Рочева,
Анастасия Сваровская,
Виктория Стельмах,
Алексей Тимошенко,
Дмитрий Трунин,
Олег Фей,
Елена Хавина,
Ксения Цветкова,
Константин Шевченко

Корректор

Юлия Болдырева

Цветокоррекция и пре-пресс

Максим Куперман

НОВОСТИ 4

Новости науки 4
Новости вуза 6
МФТИ в СМИ 8

ОБРАЗОВАНИЕ 10

Кадры решают все 10
Как на Физтехе будут готовить
учителей физики

Идем на рекорд 12

Итоги приемной кампании

ОТКРЫТО 14

Технологии 14

Электронная жалобная книга

Фундаментальная наука 15

Моттовский переход
экспериментально

Фундаментальная наука 16

Сверхпроводимость против
ферромагнетизма

Медицина 17

Магнитные микродиски
для исследования внутренних
органов

Медицина 18

Антитела из полимеров

Биология 20

Бактериофаги против

Биология 21

Яд как лекарство

ГЛАВНОЕ 22

Шаги в космос 22

Автостопом

по Солнечной системе 24

Миссии прошлые,
настоящие и будущие

Изнутри 30

Как устроены NASA и ESA

Лунная гонка 34

«Венера-Д» 36

Первая долгоживущая
миссия к Венере



30



60



40 Мы будем исследовать Марс

42 Космический Физтех

46 13 теорема этики
Правила поведения в космосе

50 МНЕНИЕ

Три столпа науки: популяризация,
свобода и доверие

56 АКТУАЛЬНО

«Космос – работа, где нужно
трудиться, романтики в ней нет»
Коммерческий космос в России

60 СВОИМИ ГЛАЗАМИ

Белки – наше все
Как устроена лаборатория
структурного анализа
и инжиниринга
мембранных систем на
Физтехе

66 ИНТЕРВЬЮ

Случайный космос
Рассказывает инженер-
конструктор Александр
Хохлов

68 BACKGROUND

Магический русский
алмаз в Гарварде
Михаил Лукин, один
из самых титулованных
ученых современности

70 ЛИЧНОСТЬ

Физик и лирик
Александр Филиппенко, народный
артист России

74 ИСТОРИЯ

Рожденная в подвале Физтеха

78 РАЗБОР ПОЛЕТОВ

Человек-муравей
и квантовая физика

80 ФОТОХРОНИКА



Ректор МФТИ

Николай Кудрявцев

**Проректор по научной
работе и программам
развития**

Виталий Баган

Начальник

пресс-службы МФТИ

Алёна Гупайсова

Экспертный совет

Николай Горькавый,
Михаил Иванов,
Артём Оганов,
Александр Родин,
Дмитрий Титов

e-mail редакции:

zn@phystech.edu

Подписано в печать

27.09.2018

Тираж 999 экз.

Отпечатано в типографии

«Сити Принт». г. Москва,
ул. Докукина,10/41

Перепечатка материалов
невозможна без
письменного разрешения
редакции журнала.

Мнения и высказывания,
опубликованные
в материалах журнала
«За науку», могут
не совпадать с позицией
редакции.

Обложка создана

Еленой Хавиной

и Евгением Пелевиным.

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ ПРИ -13°C

Сразу две группы ученых обнаружили, что гидрид лантана LaH_{10} становится сверхпроводящим при рекордно высокой температуре. Первая группа утверждает, что температура перехода в сверхпроводящее состояние составляет $T_c \approx 215\text{ K}$ (-56°C). Вторая группа заявляет о еще большей температуре — $T_c \approx 260\text{ K}$ (-13°C). Правда, в обоих случаях образцы были под давлением в миллионы атмосфер. Это открытие впервые подтвердило теорию Мигдала–Элиашберга (Migdal–Eliashberg theory), которая объясняет явление высокотемпературной сверхпроводимости связыванием электронов в пары за счет обмена фононами. Она предсказывает, что при достаточно высокой энергии фононов и достаточно сильной связи между фононами и электронами критическая температура сверхпроводника может быть очень большой. Например, утверждается, что металлический водород переходит в сверхпроводящее состояние при температуре около $200\text{--}400\text{ K}$ и давлении порядка 5 миллионов атмосфер.

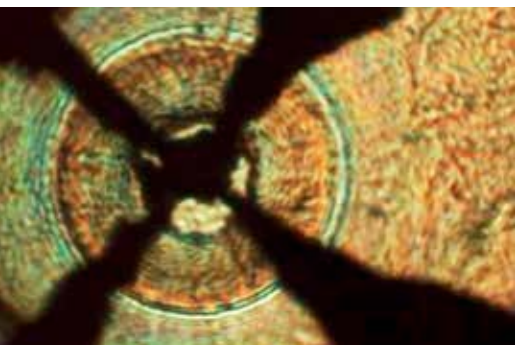


Фото образца A. Drozdov et al.



© discover24.ru

ЖИЗНЬ НА ПЛАНЕТАХ-ОКЕАНАХ

Некоторые водные миры — экзопланеты, чья поверхность целиком покрыта океаном, — могут быть потенциально пригодны для жизни, говорится в статье, опубликованной в журнале *Astrophysical Journal*. Несмотря на то, что на них не работает привычный для Земли геохимический цикл, они все равно могут поддерживать стабильный климат. Астрономы Эдвин Кайт (Edwin Kite) из Чикагского университета и Эрик Форд (Eric Ford) из Университета штата Пенсильвания провели ком-

пьютерную симуляцию эволюции водных миров. Исследователи смотрели, насколько устойчивым будет климат на тысячах случайно сгенерированных планет, вращающихся вокруг звезд, похожих на Солнце, а потом определяли ключевые характеристики, которые позволяют небесному телу поддерживать подходящую для жизни температуру воды более миллиарда лет. «К нашему удивлению, многие из миров оставались стабильными более миллиарда лет благодаря счастливому стечению обстоятельств. Мы предполагаем, что они составляют около 10 процентов от общего числа», — комментирует Кайт. Несмотря на то, что исследование проводилось для планет, вращающихся вокруг солнцеподобных звезд, полученные результаты могут быть справедливы и для красных карликов, полагают астрономы.

ТАЙНА КРАТЕРА В СИБИРИ

Загадочный кратер, обнаруженный на полуострове Ямал в июле 2014 года, образовался в результате криовулканической активности, выяснили ученые. Такие кратеры встречаются, как правило, на других планетах. При очень низких температурах криовулканы извергают воду и другие химические соединения, например, метан и аммиак, в разных агрегатных состояниях. В слое земной коры, где основное породообразующее вещество — лед, тоже проходят быстротекущие геологические процессы, но до сих пор их не рассматривали как примеры



криовулканизма. Кратер неизвестного происхождения в 30 километрах от базы нефтедобытчиков Бованенково обнаружили пилоты вертолета. Он представлял собой крупную воронку в земле с отвесными стенами и водой на дне.

ПАТЕНТ ДЛЯ БУДУЩЕГО

Учеными Санкт-Петербургского электротехнического университета «ЛЭТИ» запатентован уникальный способ герметизации поверхности нанопористых материалов методом молекулярного наслаивания. Он подходит для создания наноразмерных интегральных схем нового поколения. Ученым удалось разработать метод, основанный на планаризации поверхности и закрытии нанопор без их заполнения диэлектриком с использованием жесткоцепных полиимидов, наносимых по технологии

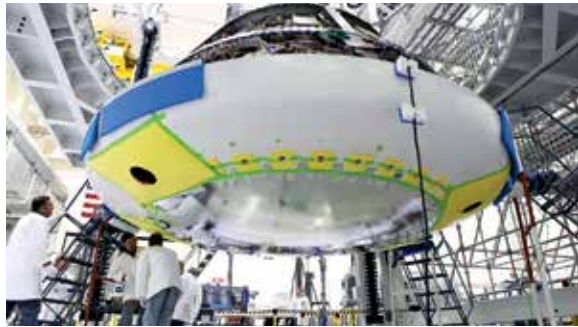
Ленгмюра–Блоджетт. Преимущества новой технологии для применения в нанoeлектронике очевидны: получаемый нанослоевой планаризирующий изолирующий слой удовлетворяет требованиям к предельно допустимой толщине диэлектрика, не оказывает повреждающего воздействия на всю структуру и обеспечивает требуемые частотные свойства. Благодаря использованию предложенного способа стало возможным наращивать быстродействие и плотность упаковки интегральных схем нового поколения.

КОРАБЛЬ НА МАРС

Специалисты НАСА готовят космический аппарат «Орион» к первой беспилотной миссии. «Орион» является многоцелевым и частично многоразовым транспортным космическим кораблем

США. Он разрабатывается с середины 2000-х годов и предназначается для доставки людей и грузов на МКС, для полетов к Луне и к Марсу в дальнейшем. Во время разведывательной миссии

«Орион» будет запущен на ракете НАСА и отправится примерно на 64 000 км за пределы Луны. Во время первой миссии вокруг Луны инженеры будут следить за тем, как системы «Ориона» работают в условиях глубокого космоса. Тепловой экран должен выдерживать температуры до 5 000 градусов по Фаренгейту. Он является самым большим теплозащитным экраном, разработанным для миссий по перемещению астронавтов.



© Kim Shifflet / NASA



© vetsuppliesmag.com

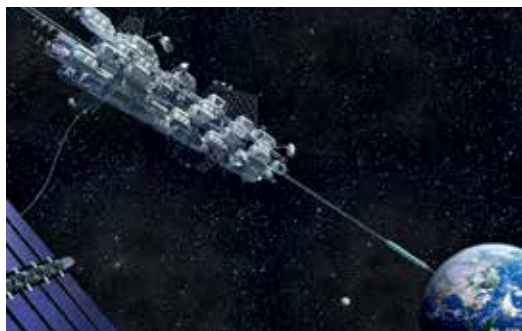
КИЛЛЕР ДЛЯ СУПЕРБАКТЕРИЙ

Китайские медики разработали препарат, способный уничтожать в организме супербактерии, устойчивые ко всем видам антибиотиков. Новое синтетическое лекарство создано на основе уже давно известного антибиотика альбомидина, который до сих пор применяли для лечения пневмонии и желудочно-кишечных заболеваний. По словам создателей, лекарство эффективно работает даже при введении в организм в малых дозах.

КОСМИЧЕСКИЙ ЛИФТ

Японские исследователи из Университета Сидзуока проведут испытания прототипа космического лифта. Устройство уже отправлено на орбиту. Концепция довольно проста: космическая станция на геосинхронной орбите привязана к Земле с помощью структуры растяжения. Основной компонент устройства — прочный трос, который тянется от поверхности Земли. По тросу перемещается грузовой подъемник.

Инженеры создали прототип, представляющий собой небольшой ящик с мотором размером 6 на 3 на 3 сантиметра, а также 10-метровый кабель, натянутый между двумя небольшими спутниками. Мини-лифт будет перемещаться по кабелю от контейнера на одном из спутников. «Это будет первый в мире эксперимент по проверке движения лифта в космосе», — сказал представитель пресс-службы университета.

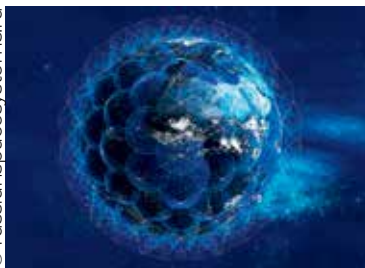


© 3dnews.ru

почти 500 ВЗРЫВОВ

в ядрах галактик зафиксировали астрономы за год

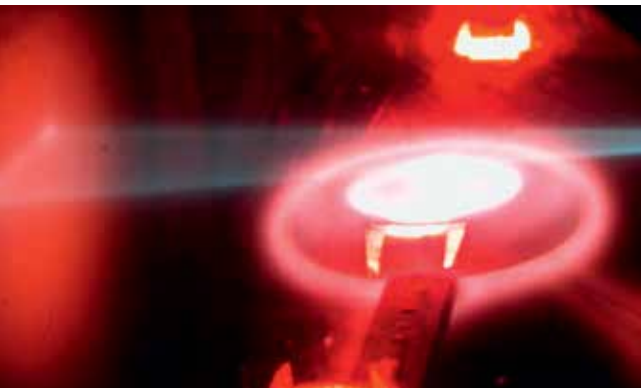
© russianspacesystems.ru



ЗАЩИТА ОТ ХАКЕРОВ

Инженеры «Российских космических систем» разработали способы повышения надежности работы глобальной спутниковой группировки. Она получит ряд характеристик, свойственных сегодняшнему интернету. Все данные будут передавать единым потоком через магистральные радиолнии. Для них предлагается концепция построения VPN-туннелей с применением алгоритма закрытия информации. Данные разделяются на два подпотока, которые

«меняются местами» между собой. Расшифровываются они с помощью специального ключа, который также постоянно меняется. Время действия ключа равно периоду, который чуть меньше расчетного времени взлома ключа. Разработчики предусмотрели и возможность массового выхода из строя спутников. Система сможет работать даже при поломке более 50% от составляющих ее аппаратов. «Сфера» — название российского проекта глобальной спутниковой системы связи, включающей не менее 600 небольших аппаратов на низкой околоземной орбите. Намерение создать систему было высказано Роскосмосом в конце 2017 года. Кроме предоставления связи и раздачи интернета, спутники смогут делать снимки земной поверхности.



НОВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

ОИВТ РАН открывает на базе МФТИ лабораторию физики активных сред и систем совместно с НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н. Ф. Гамалеи. Основным направлением работы лаборатории станут совместные междисциплинарные проекты, которые позволяют исследовать

активные среды самой разной природы. По мнению заместителя заведующего лабораторией Татьяны Васильевой, объединение ученых на базе Физтеха послужит хорошим стартом для новых открытий. Лаборатория открывается в МФТИ в рамках открытого конкурса на создание академических лабораторий совместно с институтами РАН.

ИМЕНЕМ ФИЗТЕХА

В этом году Европейское физическое общество совместно с РАН учредило свою высшую награду и назвало ее в честь физика-теоретика, выпускника и профессора Физтеха Владилена Летохова. Премия будет присваиваться ученым за исключительные достижения в области взаимодействия лазерного излучения с веществом. Это признание выдающегося вклада Владилена Летохова в развитие лазерной физики, в частности, спектроскопии атомов и молекул, лазерной манипуляции атомами, а также изучение процессов в сильных полях.



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

На Физтехе подвели итоги второй очереди открытого конкурса по отбору ученых с опытом международной работы. Сотрудниками различных лабораторий МФТИ стали Андрей Евлюхин из департамента нанотехнологий Лазерного центра Ганновера (Германия), Владимир Кайдашев из Южного федерального университета (Россия), Юлий Розенберг из Мемориального онкологического центра имени Слоуна (США), Евгений Моисеевич Тульчинский из Лестерского университета (Великобритания) и Олег Фатьянов из Калифорнийского технологического института (США). Третья очередь конкурса будет проводиться с 1 октября по 30 ноября. Мероприятие проводится в рамках реализации Программы 5–100.

НЕДЕТСКИЕ ПОБЕДЫ

Российские школьники в очередной раз доказали, что их по праву можно назвать самыми умными школьниками мира. На Международной физической олимпиаде в Лиссабоне наши парни завоевали четыре золотых медали и одну серебряную. Золото взяли Вячеслав Кузнецов, Григорий Бобков, Станислав Цапаев и Захар Яковлев. Серебряную медаль получил Алексей Шишкин. Григорий Бобков занял абсолютное второе место, уступив школьнику из Китая. Также Григорий получил специальный приз за лучший результат среди европейских участников. А на Международной математической олимпиаде наша сборная взяла пять золотых (Марат Абдрахманов, Артур Гераси-

менко, Владимир Петров, Станислав Крымский, Егор Рябов) и одну серебряную (Сергей Лучинин) медали. Отличилась российская команда и на Международной олимпиаде по информатике в Японии. В общем медальном зачете Россия заняла 4–5 место. С золотыми медалями завершили соревнования Рамазан Рахматуллин и Владимир Романов. Серебряные медали выиграла Михаил Анопенко и Егор Лифарь. В этом году сборы перед этой олимпиадой впервые проходили в стенах МФТИ. Кроме сборных по информатике, физике и математике, на Физтехе тренируют сборную к Международной естественнонаучной олимпиаде юниоров, подготовка к которой начнется в октябре.



Сборная России по физике

ПРИЗНАНИЕ ЗАСЛУГ

В этом году лауреатами Государственной премии Российской Федерации в области науки и технологий стали профессора МФТИ: академик РАН Михаил Алфимов и члены-корреспонденты РАН Александр Чибисов и Сергей Громов. Сотрудники кафедры физики супрамолекулярных систем и нанофотоники разработали фотоактивные супрамолекулярные устройства и машины. Работы открывают новый уникальный класс фото-

активных соединений, а также описывают закономерности самосборки в разнообразные типы фотоактивных супрамолекулярных комплексов.



МФТИ В РЕЙТИНГАХ

Этим летом Физтех попал сразу в три рейтинга. Британский журнал Times Higher Education опубликовал список ведущих университетов Евразийского региона, где МГУ и МФТИ заняли первое и второе места соответственно.

В Шанхайском академическом рейтинге университетов мира Физтех впервые вошел в основной список на позиции 401–500. Более полутора тысяч университетов были оценены по количеству сотрудников и выпускников, ставших лауреатами Нобелевской или Филдсовской премии; числу сотрудников, входящих в список наиболее цитируемых ученых мира, а также количеству статей в Nature, Science и в других высокоцитируемых журналах.

Редакция отечественной версии журнала Forbes представила первый собственный рейтинг университетов, где МФТИ занял третье место. Ранжируя учебные заведения, составители учитывали качество образования, научно-исследовательскую, международную и финансовую деятельность, а также оценивали карьерные перспективы учащихся. В сентябре THE также опубликовал рейтинг лучших университетов мира, куда Физтех вошел на позициях 251–300, как и в прошлом году.



ПОБЕДЫ

ОТКРЫТЫЙ СТУДЕНЧЕСКИЙ ЧЕМПИОНАТ РОССИЙСКОГО СТУДЕНЧЕСКОГО СПОРТИВНОГО СОЮЗА ПО ИГРЕ ГО

Командный зачет: первое место (Вячеслав Каймин, ФАЛТ; Александр Матушкин, ФИВТ; Михаил Святловский, ФИВТ)
Личный зачет: второе место (Вячеслав Каймин, ФАЛТ).

МЕЖДУНАРОДНАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО МАТЕМАТИКЕ IMC 2018

Командный зачет: пятое место
Личный зачет: первый диплом — Максим Дидин, Никита Чернега, Станислав Гришин, Егор Байтенов, Алексей Волостнов, Алексей Василевский. Третий диплом — Александр Труфанов.

ОЛИМПИАДА KPI-OPEN 2018

Командный зачет: диплом третьей степени, пятое призовое место (Максим Мачула, Александр Кульков, Юрий Семенов).

ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА ПРЕЗИДЕНТСКОЙ ПРОГРАММЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ

- **Максим Жуковский** — «Описания на языке первого порядка задачи поиска изоморфного подграфа»;
- **Иван Бизяев** — «Качественный и численный анализ конечномерных динамических систем, возникающих в задачах мобильной робототехники»;
- **Денис Бандурин** — «Электронная гидродинамика в графене»;
- **Алина Ремеева** — «Разработка улучшенных генетически кодируемых флуоресцентных меток на основе LOV-доменов»;
- **Пётр Попов** — «Исследование молекулярного механизма действия смещенных агонистов и поиск новых лекарственных препаратов для ангиотензинового рецептора первого типа (AGTR1) методами структурной биоинформатики и машинного обучения»;
- **Анастасия Крикунова** — «Неустойчивости пламени при переходе от нормальной гравитации к условиям невесомости»;
- **Роман Сюняев** — «Математическое моделирование кардиомиоцитов желудочков человека при стимуляции бета-адренорецепторов»;
- **Николай Хохлов** — «Разработка новых методов трехмерного численного моделирования гармонических полей в задачах разведочной геофизики»;
- **Василий Столяров** — «Гибридные системы сверхпроводник-ферромагнетик как ключевой элемент нейросетевых и квантовых вычислений»;
- **Пол Боли** — «Исследования областей образования массивных звезд и молодых звездных объектов с использованием пространственно разрешенных наблюдений в оптическом и инфракрасном диапазонах»;
- **Евгений Кольчев** — «Разработка «умных» тераностических наноагентов в качестве перспективных средств борьбы с антибиотико-резистентными возбудителями бактериальных инфекций»;
- **Иван Гущин** — «Исследование механизмов трансмембранной передачи сигнала в двухкомпонентных системах»;
- **Анна Гапонова** — «Исследование роли AMN и AMHR2 в развитии и злокачественной прогрессии НМРЛ»;
- **Алексей Зарецкий** — «Разработка моделей и алгоритмов системы поддержки принятия врачебных решений при мониторинге и прогнозировании показателей функционального состояния пациента»;
- **Юрий Стебунов** — «Многофункциональные метаповерхности на основе гибридных графено-металлических наноструктур».

РЕЙТИНГ АКТИВНОСТИ ПРЕСС-СЛУЖБ ВУЗОВ ПРОЕКТА 5-100 ОТ INDICATOR.RU

Второе место — пресс-служба МФТИ.



ГЕОФИЗИКИ ИЗ МФТИ НАУЧИЛИСЬ ПРЕДСКАЗЫВАТЬ ТРЕЩИНЫ И РАЗЛОМЫ ЗЕМЛИ

Российские ученые создали алгоритм, который позволит создавать точные модели месторождений нефти и газа, а также предсказывать развитие трещин и разломов в недрах Земли. Его описание было опубликовано в журнале Geophysical Prospecting. «Каждый виток научно-технического прогресса начинался с математики: паровые машины возникли вместе с методом суммирования векторов, а современный технологический уклад — вместе с дифференциалами и интегралами. Наш подход может быть экстраполирован на волновые уравнения квантовой механики, что может привести к прорыву в понимании устройства материи», — рассказывает Алёна Фаворская из Московского Физтеха в Долгопрудном.

Популярная Механика

УПРАВЛЯЮЩИЙ ЭКСОСКЕЛЕТОМ ЧИП БОЛЬШЕ НЕ БУДЕТ ГРЕТЬ МОЗГ

Ученые из МФТИ разработали модель прогнозирования траектории движения руки на основе сигналов, снимаемых с поверхности коры головного мозга. Этот шаг приближает возможность создания полноценного экзоскелета для потерявших возможность самостоятельно передвигаться людей.

Москва 24

ПЛАТФОРМУ ДЛЯ АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ НЕЙРОСЕТЬЮ СОЗДАЮТ В РОССИИ

Ученые МФТИ разрабатывают национальную всероссийскую платформу, которая будет собирать и хранить различные медицинские данные. Их сможет анализировать искусственный интеллект. Проект называется MAIYA (Medical Artificial Intelligence. Your Assistant). Пользоваться им смогут как сотрудники медучреждений, так и обычные люди, отслеживающие свою форму при помощи гаджетов.



SCIENTISTS CREATE A VANADIUM FLOW BATTERY MODEL

A group of scientists from the Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech), Lomonosov Moscow State University (MSU) and the Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT), led by Skoltech Professor Aldo Bischi, has developed a mathematical model of the electrochemical cell of the vanadium flow battery. The model describes the battery's dynamic behavior, including the flow of vanadium ions through the cell membrane. The results of the study were published in the journal Applied Energy.



RESEARCHERS UPGRADE ORGANIC SOLAR CELLS TO BE USED IN ROOF TILES GENERATING POWER

A team of researchers from France (the University of Strasbourg, University of Lyon, Institut de Sciences des Matériaux de Mulhouse, Synchrotron SOLEIL), Russia (Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow State University), and Kazakhstan (Nazarbayev University) has described a way of boosting the efficiency of organic solar cells by incorporating fluorine atoms in the polymer. This process, known as fluorination, was previously shown to enhance polymer photovoltaic properties, but the mechanism was poorly understood. The new study clarifies the effect of fluorination on cell efficiency.



РАНХИГС И МФТИ ОТКРЫВАЮТ ПЕРВУЮ В РОССИИ ОНЛАЙН-МАГИСТРАТУРУ ПО ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

Президентская академия и Московский физико-технический институт заключили соглашение о совместной программе онлайн-магистратуры «Цифровая экономика». <...> «Цифровая экономика — очень перспективная профессия, которая будет востребована в ближайшем будущем как в бизнесе, так и в государственном аппарате. Мы очень рады, что партнером этого направления выступает Президентская академия — вуз, обладающий большой экспертизой в области экономических наук. В этой связке Физтех выступает как гарант качества подготовки по точным наукам, это традиционно наша сильная сторона. Вместе мы сможем обучить уникальных специалистов», — отметил ректор МФТИ Николай Кудрявцев.

ВIOCAD И МФТИ ЗАПУСТИЛИ ПРОЕКТ ПО ОБУЧЕНИЮ БИОИНФОРМАТИКОВ

С 1 сентября 2018 года на кафедре инновационной фармацевтики, медицинской техники и биотехнологии Физтех-школы биологической и медицинской физики МФТИ начинается обучение на новой магистерской программе, реализуемой совместно с биотехнологической компанией ВIOCAD и ориентированной на подготовку специалистов в области вычислительной и математической биологии.

НАУКА И ЖИЗНЬ®

В ДИЭЛЕКТРИКЕ НАШЛИ КВАЗИЧАСТИЦУ, ПРЕДСКАЗАННУЮ 45 ЛЕТ НАЗАД

Международная группа исследователей, в которую входят специалисты Лаборатории терагерцовой спектроскопии МФТИ, экспериментально обнаружила специфическое поглощение диэлектриком электромагнитного излучения. Характеристики этого поглощения совпадают с теоретическим предсказанием фундаментального вида возбуждения материала, сделанным 45 лет назад в 1973 году. Этот квантовый эффект может быть описан как возбуждение спинов в спиновой жидкости.

ИЗВЕСТИЯ

СТОЛПЫ ТВОРЕНИЯ: ИЗ ЧЕГО НА ФИЗТЕХЕ СОБИРАЮТСЯ СОЗДАТЬ БУДУЩЕЕ

РВК при участии Агентства стратегических инициатив завершило отбор заявок на создание центров Национальной технологической инициативы (НТИ). Физтех признан победителем конкурсного отбора и выбран в качестве центра НТИ по направлению «Искусственный интеллект». О том, в какие сферы нашей жизни придут новые технологии, и об источниках финансирования проектов в интервью «Известиям» рассказал проректор по исследованиям и разработкам Московского физико-технического института Сергей Гаричев.



RESEARCHERS DEVELOP MATHEMATICAL MODEL FOR MONITORING, CONTROLLING SPREAD OF MELIOIDOSIS

An international research team from the University of Leicester, Lomonosov Moscow State University (MSU), and the Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT) from Russia has developed a mathematical model for monitoring and controlling the spread of melioidosis in Southeast Asia. The findings are presented in Scientific Reports, a prestigious journal from the publishers of Nature.

Подробнее на стр. 20



МИКРОДИСКИ ПОМОГУТ ЗАГЛЯНУТЬ В ГЛУБИНЫ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ

Ученые из МФТИ, Института общей физики им. А. М. Прохорова РАН, НИТУ «МИСиС» и Аргоннской национальной лаборатории (США) создали магнитные наноструктуры, пригодные для введения в организм и повышения чувствительности и информативности разных методов визуализации внутренних органов. С их помощью можно будет заметно поднять разрешение магнитно-резонансной томографии. Соответствующая статья опубликована в Nanoscale.

Подробнее читайте на стр. 17



РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ СОЗДАЛИ «ПЛАСТИКОВЫЕ АНТИТЕЛА» ДЛЯ БОРЬБЫ С РАКОМ

Международная группа ученых под руководством заведующего лабораторией клеточного сигналинга Московского физико-технического института (МФТИ) Николая Барлева успешно испытала антитела из полимеров, позволяющие уничтожать раковые клетки. Как сообщает пресс-служба вуза, исследователи показали принципиальную возможность создания нового класса противоопухолевых препаратов на основе nanoMIP (molecularly imprinted polymers — полимеров с молекулярными отпечатками), которые могут стать более эффективной и дешевой альтернативой уже разработанным антителам.

Подробнее читайте на стр. 18

КАДРЫ РЕШАЮТ ВСЕ:

как на Физтехе будут готовить учителей физики

В сентябре этого года Физтех запускает программу подготовки педагогических кадров — кафедру инновационной педагогики. Обучение будет строиться по всем принципам базовой кафедры: ребята, которые хотят связать свою будущую жизнь с преподаванием, могут выбрать специализацию по новому направлению педагогического мастерства. Они продолжат изучать классические курсы по физике, математике и информатике, а также получат практические навыки в области педагогики и психологии.

✍ Ксения Цветкова

Сегодня Россия переживает огромный взлет интереса к постижению наук. Математика и физика идут в первых рядах: в концепции научно-технологического развития (Национальной технологической инициативы) поставлена задача — выйти на качественно новый уровень экономики. Ситуация с точки зрения отношения государства во многом сравнима с ситуацией в 60-х годах, когда внимание к точным наукам было приковано благодаря космосу. Страна борется за ведущие позиции в мире, талантливые люди чувствуют огромный интерес со стороны государства: программы президентских грантов, возвращение ученых, создание образовательного центра «Сириус» — все это говорит о подъеме образования в стране. Профессия учителя уже давно перестала быть непрестижной и малооплачиваемой: по данным портала Известия.ru на первый квартал 2018 года, квалифицированный педагог, чьи ученики достигают выдающихся результатов, получает от 110 тыс. рублей в месяц. Однако мы все еще сталкиваемся с одной из главных школьных проблем — отсутствием хороших кадров.

«Мы прекрасно понимаем, что можно быстро принять программу грантов, организовать летние школы, центр “Сириус”, однако именно учитель определяет многое, если не главное, в школе. Интернет тоже может только помочь учителю и не может его заменить. Лучшие учебники и пособия, в том числе и электронные, без учителя будут не столь эффективны. Поэтому стоит задача подготовки кадров», — говорит к.ф.-м.н., лауреат премии Правительства России в области образования, директор центра педагогического мастерства, заведующий кафедрой инновационной педагогики Иван Ященко.

Система Физтеха — универсальная образовательная структура, она подходит не только для подготовки ученых-физиков. Методика работы с будущими учителями очень созвучна с подготовкой ученых: если к изучению ядерной физики, математики, квантовой механики и другим традиционным физтеховским предметам добавить курсы педагогики, психологии и курсы по решению олимпиадных задач, можно подготовить хорошего учителя. Кроме этого, Физтех — признанный российский центр по работе с талантливой молодежью,

здесь готовятся сборные России по физике и на естественнонаучную олимпиаду школьников, а два выпускника МФТИ стали нобелевскими лауреатами по физике.

По мнению проректора МФТИ по учебной работе и довузовской подготовке Артёма Воронова, инновационность подхода заключается в базовом классическом физико-математическом образовании, куда педагогика добавляется как компетенция: *«Такой подход будет более эффективным, так как человек, который пришел в педагогику из науки, — более гибкий с точки зрения внедрения новых технологий и более опытный с точки зрения решения сложных задач. Ему удастся сильнее замотивировать современных школьников, чтобы те занимались инженерными специальностями и связали свою дальнейшую судьбу с физикой и математикой».*

Сегодня перед школьными учителями стоит задача не только учить основам физики всех детей, но и развивать талантливых и интересующихся этой наукой ребят, давать им углубленный курс. Когда речь идет о педагоге, который должен заниматься развитием таланта, необходим существенный сдвиг в сторону знания, любви к предмету, понимания духа физики. Это проще достигнуть в ведущем физическом вузе — например, на Физтехе. *«Если в школе среди учителей из педагогического вуза будет один физтех, я уверен, возникнет очень гармоничная ситуация», —* считает Иван Ященко.

Кафедра базируется в Физтех-школе фундаментальной и прикладной физики, а практическая часть занятий будет проходить в московских школах и других образовательных центрах. Программа будет обучать педагогическим технологиям, ораторскому искусству, возрастной психологии, пониманию межпред-



метных связей в образовательном процессе. Кроме этого на курсах будут рассказывать о практических задачах, например, о том, как организовать выездную олимпиаду. Кафедра будет способствовать прохождению практики в школах, и студенты получат возможность применить полученные навыки в реальной профессии. Учителями будущих учителей станут педагоги из олимпиадного движения, Центра педагогического мастерства — одного из ведущих центров по развитию талантов в массовой школе. Также к преподаванию присоединятся знаменитый учитель, выпускник МФТИ Евгений Выродов, один из топовых педагогов России, автор пособий, учитель 57-й школы Илья Лукьянов и многие другие.

Похожая программа по математике существует уже год в Высшей школе экономики. Физика и математика очень тесно связаны друг с другом, хороший педагог-физик должен четко представлять себе, что происходит на уроке у его коллеги-математика, и наоборот. Поэтому кафедра на Физтехе будет выпускать, по сути, специалистов физмат-профиля. Что касается химии и биологии, то по мере появления интереса у студентов МФТИ к этим направлениям они будут подключаться. Востребованность таких специалистов в стране очень велика.

«Кафедра педагогики — это требование времени. Многие физтехи и сейчас, и ранее, и в будущем идут в педагогику по зову души. Как правило, люди окончившие университет, преподают физику на очень высоком уровне, особенно если дать им компетенцию, связанную с психологией и работой в школе. Мы создали кафедру, чтобы те ребята, которые и так хотели стать педагогами, могли сделать это в стенах МФТИ, — говорит Артём Воронов. — Теперь у нас появится больше возможностей выявить таланты на ранней стадии и заинтересовать их увлекательным предметом. Благодаря этому мы будем иметь еще больше сильных инженерных кадров для высокотехнологичной цифровой экономики России». **ЭН**

✍ Вероника Рочева

Идем на рекорд

Приемная кампания этого года прошла для Физтеха на «отлично»: больше первокурсников, больше грантов, больше направлений, выше средний балл. Что на это повлияло и какие еще нововведения появились — рассказываем в нашем материале.

РАСТЕМ

Желающих поступать на Физтех с каждым годом становится больше, и этот прием не стал исключением. Количество поданных заявлений на бюджет составило 4 546. А число поступивших вообще стало рекордным — 1243 первокурсника, что на 10% выше, чем в прошлом году.

КСТАТИ

Прием по Физтех-школам, а не по привычным для физтехов факультетам успешно проводится уже второй год. Только в этом году приемной комиссией позиционировался новый принцип: образовательную программу абитуриент выбирал сам.

Интересно, что в этом году, помимо традиционного направления «прикладная математика и информатика», которое уже много лет интересует программистов, добавилось еще одно — «информатика и вычислительная техника». Для поступления на это направление абитуриентам необходимо было пройти конкурс не по традиционным трем, а уже четырем экзаменам (математика, физика, информатика, русский язык). Проходной балл составил 389 из 410 возможных.

Сильно поднялся и средний балл поступивших на бюджет — 96,4, что выше показателя предыдущего года

на 2,3 балла. И это не искусственно повышенные баллы, как многие ошибочно считают. В 2018 году выпускники профильных школ сдали ЕГЭ по основным для МФТИ предметам лучше на 5–8 баллов, по нашей оценке, чем в предыдущие годы. Также, по словам ответственного секретаря приемной комиссии Дениса Дмитриева, традиционно большинство победителей олимпиады «Физтех» по математике хорошо пишут и физику. Поэтому в этом году Ученым советом льгота «без вступительных испытаний» была заслуженно присвоена победителям математических олимпиад, учитываемых в МФТИ. Это все привело к тому, что чуть более 40% бюджетных мест были заняты внеконкурсными олимпиадниками. Помимо этого, на Физтех пришло рекордных 87 победителей и призеров Всероссийских олимпиад школьников по профильным предметам. Все эти факторы привели к тому, что вырос не только средний, но и проходной балл.

Особо важную роль в этом году играли собеседования Физтех-школ, куда традиционно приезжают ведущие ученые и представители базовых организаций. Здесь абитуриент мог рассказать о своих достижениях и продемонстрировать настоящую заинтересованность в науке. Особенно это важно для ребят, которым не хватило всего нескольких баллов

**МФТИ —
лучший вуз
по качеству
приема
в 2018 году**

96,4

**средний
балл
зачисленных**

для поступления на бюджет. Ведь по результатам собеседования комиссия принимала решение, кто сможет получить грант на обучение на Физтехе.

«Грантовая поддержка выпускниками МФТИ наиболее сильных и ярких абитуриентов, которым не хватало небольшого количества баллов до получения бюджетного места, стала уже традиционной, — рассказывает проректор по учебной работе и довузовской подготовке Артём Воронцов. — В этом году грантов выделено в четыре раза больше, в первую очередь, благодаря поддержке Ратмира Тимашева. В «движение грантов» начинают включаться и сами Физтех-школы, привлекая внешних спонсоров».

ПРИТОК МОЗГОВ

«Абитуриенты к нам приезжают из более чем 35 стран, несмотря на высокие вступительные баллы. Единственное — пока небольшие трудности с привлечением европейских школьников и студентов, но мы над этим тоже работаем», — говорит Инна Нижник, начальник отдела по работе с иностранными студентами.

Были проведены дополнительные выездные приемные кампании в Беларуси и Казахстане. Поскольку средний балл поступающих на Физтех сильно вырос, также дополнительные гранты получили иностранцы, сумевшие набрать высокий балл.

76 человек поступили по квотам от Минобрнауки России как обладатели дипломов олимпиады «Физтех». Но большая часть иностранных абитуриентов зачисляется по квотам от своей страны, при выделении которых немаловажную роль сыграли итоги Phystech.International. Эта олимпиада как раз направлена на то, чтобы талантливая молодежь из других стран могла получить доступ к программам российского образования.

Наибольшее количество поступающих традиционно из Украины. Далее идут Беларусь, Казахстан, Армения, Киргизия, Узбекистан, Таджикистан, Вьетнам, Молдова и другие страны. Есть иностранцы и из дальнего зарубежья, которые перед тем как прийти на первый курс, проходили обучение на подготовительном факультете — учили русский язык. Граждане Китая, Индии и Латинской Америки станут студентами одной интернациональной группы.

В этом году МФТИ специально открыл три программы англоязычного бакалавриата на платной основе для тех иностранных абитуриентов, кто не смог поступить по квоте, но очень бы хотел у нас учиться: Aerospace engineering, Biomedical engineering и Computer science. «По данным программам планируется

обучение полностью на английском языке, — делится подробностями Дмитрий Буровенко, главный специалист отдела по работе с иностранными студентами. — Для поступления абитуриенты сдают экзамены в отдельной конкурсной группе и проходят собеседование».

НАУЧНЫЙ ДИАЛОГ

Успешно прошел набор также в магистратуру и аспирантуру. Абитуриенты, особенно из других университетов, определяя институт, выбирали для себя будущую работу в научных лабораториях и базовых организациях МФТИ. Это отражается и в слогане магистратуры МФТИ: Живи, учись и работай на Физтехе.

«Мы видим будущее за развитием сетевых форм взаимодействия. Чтобы абитуриент получал какие-то уникальные компетенции, которые есть только на Физтехе, но при этом являлся студентом и своего университета, получая максимум возможностей», — делится стратегическими планами Артём Воронов.

Зачастую внешним абитуриентам требуется дополнительное обучение для ведения полноценного научного диалога. Это является, к сожалению, некоторым барьером. Уже сейчас для разрешения этой проблемы кафедрой высшей математики МФТИ подготовлен онлайн-курс базовой

математики. По словам тех ребят, кто прошел курс от и до, это существенно помогло на вступительных испытаниях в МФТИ. Аналогичный курс планируется запустить и по физике. **ЭН**



ПРЯМАЯ РЕЧЬ

Николай Кудрявцев, ректор МФТИ:

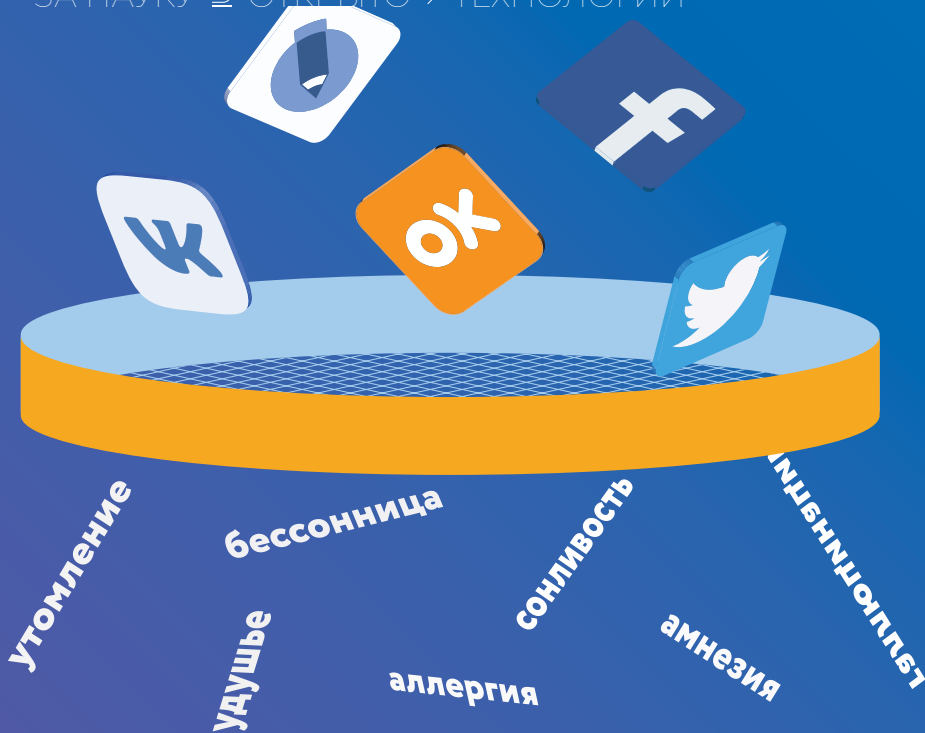
— Приемная кампания — это надводная часть айсберга, а подводная — подготовка. Это самое главное. Если оценивать «айсберг» целиком, мы были очень активны в этом году. Принципиальное отличие — Физтех пошел к абитуриентам. Выезжали в регионы и крупные города, плотно работали со школами, проводили «Университетские субботы», старались участвовать во всех таких активностях. Очень много времени мы тратим на подготовку к различным соревнованиям школьников: прежде всего, это международные и всероссийские олимпиады. Мы готовим к математике, физике, естественным наукам, информатике. Всего восемь предметов, по которым проводятся международные олимпиады, и по четырем из них готовят здесь, на Физтехе. Мы не такой большой вуз, это признание наших достижений и высокая ответственность.

Олимпиадники, поступившие на бюджет в 2018 году

Физтех-школа	Победители и призеры всероссийских олимпиад и члены национальных сборных	БВИ* (призеры и победители заключительных этапов олимпиад РСОШ)	Олимпиадники** (100 баллов РСОШ)	Всего
ФРКТ	9	55	34	98
ФФПФ	33	94	37	164
ФАКТ	1	9	42	52
ФЭФМ	5	8	39	52
ФПМИ	36	73	94	203
ФБМФ	3	17	25	45
ИНБИКСТ		3	9	12

* Без вступительных испытаний

** Учитываются все абитуриенты, которые зашли олимпиаду из перечня РСОШ. В расчете не учитываются иностранцы по квотам, а также олимпиады, которые не были учтены абитуриентами



Оригинальная статья: *Medical concept normalization in social media posts with recurrent neural networks*; Elena Tutubalina, Zulfat Miftahutdinov, Sergey Nikolenko, Valentin Malykh; *Journal of Biomedical Informatics* 84, August 2018.

Электронная жалобная книга

Нейронную сеть обучили распознавать жалобы на лекарства в соцсетях.

✍️ *Илья Кабанов*

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЫВ

Группа российских исследователей обучила нейронную сеть анализировать мнения пользователей соцсетей об эффектах лекарств. Основной целью ученые ставят преодоление терминологического разрыва между пациентами и профессионалами в области здравоохранения. Разработчики на примерах базы данных на английском языке обучили нейронную сеть превращать текст, написанный на языке социальных сетей (например, «не могу заснуть всю ночь» или «слегка кружится голова»), в формальный медицинский язык (к примеру, «бессонница» и «головокружение» соответственно). В ближайшие годы группа планирует перенести технологию на русский язык.

ПРЯМАЯ РЕЧЬ

Валентин Малых, научный сотрудник лаборатории нейронных систем и глубокого обучения МФТИ:

— В работе мы сфокусировались на мнениях пациентов о влиянии лекарств. Наша цель — преодолеть терминологический разрыв между пациентами и профессионалами в области здравоохранения.

Задача выходит за рамки простого сопоставления естественных выражений с элементами словаря: проблема в том, что сообщения пользователей могут вообще не пересекаться с медицинскими терминами. По мнению авторов работы, непрерывное развитие и улучшение

точности интеллектуального анализа текстов сообщений пациентов в социальных сетях окажет значительное влияние на изучение влияния лекарств на организм, повторное назначение лекарств и понимание лекарственных эффектов в контексте других факторов, таких как одновременный прием разных препаратов, диета и образ жизни. По сути, социальные сети предоставляют огромные наборы мнений вместе с демографической информацией и другими данными о пользователе. Нейронную сеть обучили извлекать упоминания о побочных лекарственных реакциях из сообщений, которые люди пишут в социальных сетях.

НЕПРОСТАЯ ЗАДАЧА СОПОСТАВЛЕНИЯ

Хотя ученые уже используют интеллектуальный анализ текстов (text mining) в социальных сетях для перепрофилирования лекарств и генерации гипотез (первые работы по этой теме вышли в 2010 году), мало кто сопоставлял пользовательские фразы с профессиональными терминами. Задача сопоставления упомянутого пользователем заболевания с конкретным медицинским термином называется нормализацией медицинских концептов. Сложность в том, что профессиональная медицинская лексика редко совпадает с повседневной, которую используют люди в общении. Чтобы решить эту проблему, российские исследователи использовали последовательное обучение рекуррентных нейронных сетей и семантическое представление однословных и многословных выражений.

В исследовании принимали участие ученые из Казанского федерального университета, НИЦ «Курчатовский институт», Первого МГМУ им. И. М. Сеченова, Санкт-Петербургского отделения Математического института им. В. А. Стеклова РАН и МФТИ. **ЭН**

Оригинальная статья: Quantum spin liquids unveil the genuine Mott state; A. Pustogow, M. Bories, A. Löhle, R. Rösslhuber, E. Zhukova, B. Gorshunov, S. Tomić, J. A. Schlueter, R. Hübner, T. Hiramatsu, Y. Yoshida, G. Saito, R. Kato, T.-H. Lee, V. Dobrosavljević, S. Fratini & M. Dressel, Nature Materials (2018)

Моттовский переход экспериментально

✍ Дмитрий Трунин



Международная группа ученых, в состав которой входят физики из МФТИ, впервые экспериментально изучила моттовский переход. Предсказанный теоретически, до сих пор он не был исследован на практике.

СПИНОВЫЕ ЖИДКОСТИ

Для изучения эффекта было решено взять вместо обычных металлов спиновые жидкости. Спиновая жидкость — магнитное состояние вещества, где намагниченные частицы взаимодействуют друг с другом, однако магнитный порядок не возникает. Отсутствие магнитного порядка в спиновых жидкостях и позволяет выделить эффекты, которые связаны со взаимодействием зарядов.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Для эксперимента ученые выбрали три материала, в которых электроны находятся в состоянии спиновой

жидкости. Это довольно сложные органические соединения, сокращенно обозначаемые как EtMe, AgCN и CuCN. Исследователи использовали методики инфракрасной и терагерцовой спектроскопии. На образцы направляли пучок электромагнитного излучения и фиксировали, какая часть этого излучения отразилась от исследуемого материала или прошла сквозь его достаточно тонкий слой. Физики изучили зависимость поглощения (называемого еще оптической проводимостью) электромагнитного излучения в EtMe, AgCN и CuCN от частоты. Диапазон частот при этом варьировался от 100 до 4000 обратных

сантиметров (обратный сантиметр — величина, обратная длине волны излучения в сантиметрах). Из полученных зависимостей ис-

Моттовский переход — превращение проводника в изолятор, обусловленное межэлектронным кулоновским отталкиванием

На рисунке: Точки, в которых спиновые жидкости превращаются из проводников в моттовские изоляторы: данные по разным материалам отмечены разными цветами. Теоретически рассчитанная линия Уидома разделяет цветную и белую области



ПРЯМАЯ РЕЧЬ

Борис Горшунов, заведующий лабораторией терагерцовой спектроскопии МФТИ, и **Мартин Дрессель**, адъюнкт-профессор и визит-профессор МФТИ:

— В данной работе впервые удалось реализовать ситуацию, позволяющую «в чистом виде» исследовать моттовский фазовый переход металл-диэлектрик и сопоставить его детали с теоретическими предсказаниями. Полученные результаты будут полезны в понимании свойств различных электронно-коррелированных систем, включая высокотемпературные сверхпроводники.

следователи извлекали значения кинетической энергии электронов W и кулоновской энергии взаимодействия между ними U .

ЛИНИЯ УИДОМА

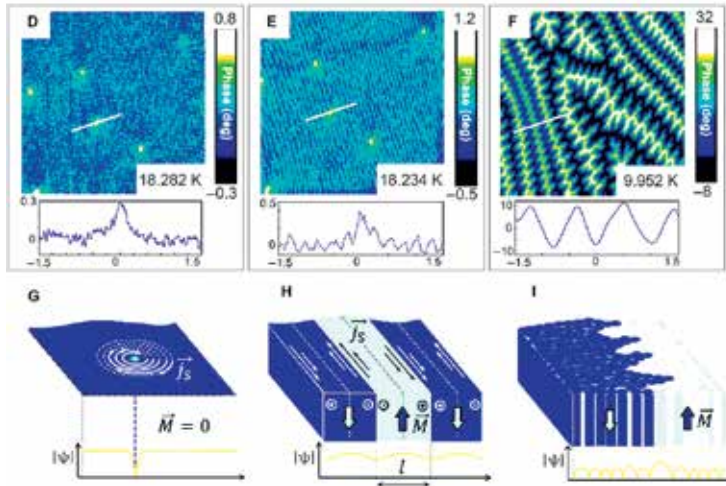
Полученные в эксперименте точки ученые отложили на фазовой диаграмме, т. е. на плоскости ($U/W, T/W$) (T — температура материала) и получили линию, которая разделяет фазы изолятора и проводника. Ее называют линией Уидома (quantum Widom line). В результате удалось поймать моменты превращения каждой из жидкостей в моттовский изолятор, отслеживая изменение их параметров при понижении температуры. Оказалось, что в рамках экспериментальных погрешностей построенная линия Уидома совпадает с теоретическими предсказаниями.

Таким образом, физики впервые в чистом виде экспериментально наблюдали моттовский переход. **эн**

Оригинальная статья: Domain Meissner state and spontaneous vortex-antivortex generation in the ferromagnetic superconductor $\text{EuFe}_2(\text{As}_{0.79}\text{P}_{0.21})_2$; Vasily Stolyarov, I. Veshchunov, S. Grebenchuk, D. Baranov, I. Golovchanskiy, A. Shishkin, N. Zhou, Z. Shi, X. Xu, S. Pyon, Y. Sun, W. Jiao, C. Cao, L. Vinnikov, A. Golubov, T. Tamegai, A. Buzdin and Dimitri Roditchev, Science Advances Vol. 4.

Сверхпроводимость против ферромагнетизма

✍ Алексей Тимошенко



Физики изучили вещество со свойствами сверхпроводника и ферромагнетика одновременно и обнаружили уникальные фазовые превращения.

ФЕРРОМАГНИТНЫЕ СВЕРХПРОВОДНИКИ

Исследователи изучили монокристаллы европия, железа и мышьяка, допированного фосфором, — $\text{EuFe}_2(\text{As}_{0.79}\text{P}_{0.21})_2$. При охлаждении до 24 К (−249,15 °С) они полностью утрачивали электрическое сопротивление, а при дальнейшем охлаждении ниже 18 К проявляли ферромагнитные свойства без потери сверхпроводимости: интересное с практической точки зрения сочетание. Кроме того, «не такие» сверхпроводники оказались в фокусе внимания изучающих природу сверхпроводимости физиков.

НОВАЯ ФАЗА МЕЙСНЕРА

Физики получили карты магнитного поля вблизи образца и увидели магнитные домены (при температуре ниже точки Кюри, ≈18 К) вме-

сте с характерными для сверхпроводника вихрями Абрикосова (при температуре 19–24 К). А при температурах 17,8–18,25 К (то есть чуть ниже точки Кюри) исследователи обнаружили состояние, названное «фазой мейснеровских доменов».

Переход материала из одной фазы в другую, в принципе, позволяет управлять вихрями Абрикосова в кристалле и создавать отдельные пары вихрь–антивихрь. А это, в свою очередь, может помочь в разработке электронных устройств на основе гибридных сверхпроводящих материалов. **эн**

Эффект Мейснера–Оксенфельда — выталкивание внешнего магнитного поля из сверхпроводника экранирующими (мейснеровскими) токами

На рисунке: магнитное поле (размер карт 8 × 8 мкм) образца при разных температурах. На иллюстрации D обычное для сверхпроводников второго рода вихревое состояние из вихрей Абрикосова, на E — состояние мейснеровских доменов, а F — вихревые домены. Схемы в нижнем ряду иллюстрируют те же случаи; j_S — сверхпроводящий ток, а M — магнитный момент. Изображение из статьи исследователей



ПРЯМАЯ РЕЧЬ

Василий Столяр, заместитель руководителя лаборатории топологических квантовых явлений в сверхпроводящих системах МФТИ, первый автор статьи:

— Впервые в мире мы продемонстрировали, что происходит на поверхности недавно открытых ферромагнитных сверхпроводников. Впервые обнаружены мейснеровские домены, а также фазовый переход от них к «вихревым доменам» — это происходит, когда в мейснеровских доменах начинают зарождаться спонтанные пары вихрей и антивихрей Абрикосова, компенсирующие экранирующие токи Мейснера в соседних доменах. Спонтанное зарождение пар вихрей и антивихрей Абрикосова в однородном сверхпроводнике ранее никем обнаружено не было, хотя их возможное существование было предсказано теоретически. Наши результаты открывают новую страницу в современной физике сверхпроводимости и дают почву для будущих фундаментальных теоретических и экспериментальных исследований процессов, протекающих в сверхпроводниках на атомном масштабе.

Оригинальная статья: *Ultrasensitive detection enabled by nonlinear magnetization of nanomagnetic labels*; M. P. Nikitin, A. V. Orlov, I. L. Sokolov, A. A. Minakov, P. I. Nikitin, J. Ding, S. D. Bader, E. A. Rozhkova, V. Novosad; *Nanoscale*, 2018, 10

Магнитные микродиски для исследования внутренних органов

Ученые разработали магнитные наноструктуры, регистрируемые в организме с помощью магнитно-резонансной томографии, а также методами МРQ и МРI с рекордной чувствительностью.

 Константин Шевченко

МАГНИТНЫЕ МИКРОДИСКИ

Ученые совместили разработанный ими ранее высокочувствительный метод детекции наночастиц МРQ (magnetic particle quantification) и микродиски нанометровых толщин из пермаллоя — сплава никеля и железа.

Геометрическая форма в виде диска приводит к вихреобразной структуре магнитных моментов частиц, в результате чего они приобретают особые свойства. В частности, такие диски не имеют остаточной намагниченности, не агрегируют в растворах и обладают сильной нелинейной зависимостью намагниченности от величины слабого магнитного поля.

Это обстоятельство позволило авторам уверенно обнаруживать от 39 пикограмм магнитного материала («пико-» в 1000 раз меньше «нано-») в широком линейном диапазоне чувствительности — 7 порядков. Проведенные опыты по дистанционной регистрации подобных наноструктур в организме лабораторных животных *in vivo* и *ex*

in vivo подтвердили перспективность использования данного подхода в биологии и медицине.

Полученные магнитные микродиски позволяют увеличить чувствительность и информативность различных методов визуализации органов и тканей. При этом для того, чтобы получать подобные сигналы, достаточно всего нескольких десятков пикограмм специально сконструированных наночастиц.

МАКРОПОТЕНЦИАЛ МИКРОЧАСТИЦ

Ученые провели ряд биофизических экспериментов по изучению динамики полученных наночастиц в кровотоке лабораторных мышей *in vivo* и их поведению в тканях различных органов *ex vivo*.

Включение внешнего магнитного поля небольшой амплитуды 15 Эрстед резко увеличивало МРQ-сигнал. Было изучено биораспределение магнитных микродисков. Исследователи обнаружили интересную зависимость: при воздействии внешним полем на диски

Иллюстрация проведения эксперимента: вся мышь (под анестезией) помещалась во внешнюю катушку, генерирующую постоянное магнитное поле при включении, а хвост мыши — в измерительную катушку МРQ-прибора



ПРЯМАЯ РЕЧЬ

Максим Никитин, заведующий лабораторией нанобиотехнологий МФТИ:

— В США в экспериментах *in vitro* была показана возможность подавления клеток глиомных опухолей человека с помощью микродисков при воздействии на них слабых низкочастотных магнитных полей. Это вызвало бурный интерес к разнообразным биомедицинским применениям подобных наноструктур. В нынешней работе мы продемонстрировали возможность их регистрации и топографирования в организме с ультравысокой чувствительностью с помощью портативных устройств со сравнительно малыми возбуждающими магнитными полями.

в разных органах получали разную степень увеличения сигнала МРQ. Ученые предположили, что это связано с непохожестью свойств различных тканей (вязкости, плотности, жесткости), что может быть, в свою очередь, использовано, например, для индукционного обнаружения опухолей в организме животных.

Разработка велась международной группой ученых из МФТИ, ИОФ РАН, МИСиС и Аргоннской национальной лаборатории (США). **ЭН**

Оригинальная статья: *Specific Drug Delivery to Cancer Cells with Double-Imprinted Nanoparticles against Epidermal Growth Factor Receptor*; Canfarotta, Lezina, Guerreiro, Czulak, Petukhov, Daks, Smolinska-Kempisty, Poma, Piletsky and Nickolai A. Barlev, *Nano Lett.*, 2018, 18 (8).

Антитела из полимеров

Исследователи показали принципиальную возможность создания нового класса противоопухолевых препаратов на основе nanoMIP — «пластиковых антител».

✍ Андрей Бабёнышев

ПРЕПАРАТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Основным недостатком большинства методов лечения онкологических заболеваний является их низкая специфичность и связанные с этим побочные эффекты. Наиболее распространенные препараты для химиотерапии поражают абсолютно все делящиеся клетки в организме независимо от их статуса. В то же время с получением новых знаний о молекулярных механизмах рака и наиболее важных участниках этого процесса начали создаваться лекарственные препараты нового поколения, нацеленные на специфические мишени и отличающие клетки опухоли от нормальных клеток организма.

Поскольку раковые клетки быстро делятся, то им постоянно необходимы дополнительные ростовые факторы. Эти факторы, поступающие из окружающей среды, узнаются соответствующими белками-рецепторами на поверхности клеток. Идет активация внутриклеточного сигналинга, который, в свою очередь, тоже направлен на усиление роста раковых клеток. Оказалось, что такие поверхностные белки-рецепторы часто синтезируются в избыточных количествах в различных формах твердых опухолей. В течение последних двух десятилетий были разработаны и успешно прошли клинические испытания несколько терапевтических препаратов, направленных как на подавление связывания ростовых факторов с соответствующими

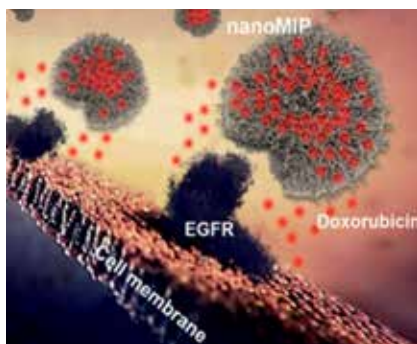


Схема связывания синтезированных nanoMIP с поверхностью клетки. Полимерные наночастицы специфично связываются с EGFR, в то время как доксорубин (показан красным) выходит из наночастиц и проникает через клеточную мембрану. Изображение: *Nano Letters*

рецепторами, так и непосредственно на их ферментативную активность. Соответственно, разработка новых синтетических лекарств против данной группы молекулярных мишеней является перспективным направлением молекулярной фармакологии и привлекает пристальное внимание исследователей во всем мире.

NANOMIP

Международная группа под руководством Николая Барлева показала принципиальную возможность создания нового класса противоопухолевых препаратов на основе nanoMIP (molecularly imprinted polymers — полимеров с молекулярными отпечатками). Это полимерный синтетический аналог антител с трехмерной структурой, способной связывать только определенный участок молекулы-мишени, то

есть обеспечивать высокую специфичность взаимодействия. Однако, в отличие от антител, nanoMIP также могут быть использованы в качестве носителя для противораковых лекарств. В рамках работы исследователи впервые продемонстрировали возможность синтеза nanoMIP, специфично связывающих аминокислотные последовательности белков-мишеней, а также возможность их использования для направленной доставки лекарственных средств в опухолевые клетки.

ДВЕ МОЛЕКУЛЫ-МИШЕНИ

Синтез полимерной наночастицы происходит в присутствии молекулы-мишени, что приводит к образованию в nanoMIP «отпечатков» молекулы-мишени. Этот процесс можно сравнить со снятием форм для отливки, при котором конеч-





ПРЯМАЯ РЕЧЬ

Николай Барлев, руководитель лаборатории регуляции клеточного сигналинга МФТИ:

— Нам впервые удалось получить полифункциональные nanoMIP, сочетающие в себе как специфичность узнавания белков-мишеней, так и возможность адресной доставки различных химических препаратов. Ранее это было невозможно, но использование технологии твердофазного синтеза помогло решить проблему. На очереди — создание ферромагнитных nanoMIP, которые позволят еще больше расширить функциональность «пластиковых антител».

УСПЕШНО IN VITRO

В рамках исследования ученые продемонстрировали умеренную и специфичную токсичность полученных наночастиц для раковых клеток. Причем это достигалось исключительно за счет добавления доксорубина при полимеризации. В клетках наблюдались множественные разрывы ДНК, характерные именно для воздействия доксорубина (на этом основан механизм его действия). Контрольные наночастицы, не несущие противоопухолевый препарат, никак не влияли на клетки. Наконец, связывание «пластиковых антител» с EGFR дополнительно приводило к уменьшению плотности рецепторов на поверхности клеток. Успешные результаты экспериментов *in vitro* свидетельствуют о перспективности использования nanoMIP.

Исследования проводились международной группой ученых из Университета Лестера (Великобритания), Университетского колледжа Лондона (Великобритания), Института цитологии РАН и МФТИ. **ЭН**

ный материал сохраняет очертания модели. Называется он импринтингом. При этом полученные «формы» приобретают способность специфично распознавать и связывать молекулу-мишень.

В проведенном исследовании в качестве мишени был выбран тирозинкиназный рецептор EGFR (epidermal growth factor receptor — рецептор эпидермального фактора роста). Его повышенное присутствие наблюдается в широком спектре опухолей — от колоректального рака, рака легкого и наиболее агрессивной формы рака молочной железы до опухоли мозга. В данной работе наночастицы были получены методом двойного импринтинга против двух молекул-мишеней — линейного эпитопа («эпитоп» — участок мишени, который узнается антителом при связывании) EGFR и цитотоксического лекарственно-

го препарата доксорубина. Таким образом, конечный продукт одновременно может связываться с EGFR и оказывать терапевтическое воздействие за счет модификации доксорубином.

Препараты на основе антител сложны в разработке и дороги в производстве. В терапии тех форм рака, в которых наблюдается избыточная экспрессия EGFR, успешно применяются специфические моноклональные антитела против этой мишени (сетуксимаб, или Erbitux®). Один такой курс для пациента стоит около 100 тысяч долларов. Синтетические аналоги антител, такие как nanoMIP, лишены этих недостатков, кроме того, в отличие от биомолекул, в целом их стабильность не зависит от таких условий среды, как температура и кислотность, а значит, шире спектр их возможного использования.

Оригинальная статья: *Temperature-dependent virus lifecycle choices may reveal and predict facets of the biology of opportunistic pathogenic bacteria*; Halil I. Egilmez, Andrew Yu. Morozov, Martha R. J. Clokie, Jinyu Shan, Andrey Letarov & Edouard E. Galyov, *Scientific Reports* 8.

Бактериофаги против

Ученые разработали математическую модель взаимодействия возбудителей опасного тропического заболевания и бактериофагов.

 Ася Макарова

ОПАСНАЯ БАКТЕРИЯ

Мелиоидоз — заболевание, протекающее в виде тяжелого сепсиса с образованием множественных гнойных воспалений в различных органах. Болезнь широко распространена в Юго-Восточной Азии, а также Индонезии, Австралии, Западной и Восточной Африке. Возбудителем является бактерия *Burkholderia pseudomallei* (бацилла Уитмора), которая особенно активна в воде и почве.

Ученые Университета Лестера в сотрудничестве с профессором МФТИ и МГУ Андреем Летаровым разработали несколько математических моделей сезонной и ежедневной динамики размера популяций бациллы Уитмора, связанных с зависимыми от температуры фагами, на рисовых полях в двух провинциях Таиланда. В качестве переменных использовались данные о температуре и уровне ультрафиолетового (УФ) излучения.

Мелиоидоз — острая инфекционная болезнь, приводящая к смерти в 40% случаев

ФАГ, ЖИВИ!

Результаты моделирования показывают, что наиболее опасен период с марта по сентябрь. Основным источником смертности бактерий — заражение фагами, то есть вирусами, которые поражают бактерии, — избирательно. Весной и летом, когда уровень ультрафиолетового излучения высок, фаги умирают, поэтому число бактерий растет. В то же время в богатой питательными веществами среде в том случае, если интенсивность УФ-излучения остается постоянной, решающую роль играет температура. Так, если она выше 35 °С, фаг переходит в состояние, когда он уничтожает клетки бактерии, что позволяет контролировать размер популяции патогена. Модель также показывает, что ко-

ПРЯМАЯ РЕЧЬ

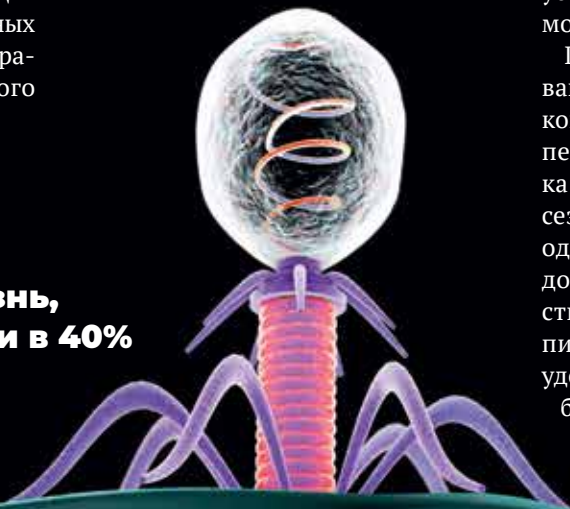


Андрей Летаров, заведующий лабораторией вирусов микроорганизмов Института микробиологии им. С. Н. Виноградского, профессор МФТИ и МГУ:

— В отличие от лабораторных условий, в природе у лизогена (бактерии, инфицированной фагом) и у патогенной бактерии есть ограничивающие факторы, от которых зависит размер их популяции. Чтобы сделать модель более реалистичной, мы измерили целый ряд реальных параметров фагов. Таким образом, модель предсказывает, при каком соотношении сезонных параметров повышается риск заражения мелиоидозом.

личество свободных от фагов бактерий максимально вечером (около 20:00) и минимально утром (около 09:00). Помимо УФ, негативное влияние на фаги имеют и удобрения. Недавние исследования показывают, что химикаты на основе меди убивают фаги, а это потенциально может быть опасно для человека.

Полученные результаты открывают целый ряд возможностей для контроля заболевания, начиная от пересмотра и определения графика полевых работ в зависимости от сезона, понимания опасных периодов, когда могут потребоваться дополнительные меры безопасности (например, специальная экипировка), и заканчивая тем, какие удобрения не вредят фагам и могут быть использованы для того, чтобы ограничивать популяцию патогенных бактерий. **зн**



Процесс введения ДНК бактериофагом в бактериальную клетку. © Kateryna Kon

Оригинальная статья: *Mechanisms of Channel Block in Calcium-Permeable AMPA Receptors*; Edward C. Twomey, Maria V. Yelshanskaya, Alexander A. Vassilevski, Alexander I. Sobolevsky; *Neuron* 99, September 5, 2018.

Яд как лекарство

Ученые показали, что яд паука-кругопряда *Argiope lobata* можно использовать для предотвращения гибели нервных клеток.

✍ Виктория Максимчук

ЛИШНИЙ КАЛЬЦИЙ

Нейроны нашего мозга передают сигнал друг другу с помощью специальных сигнальных соединений — нейромедиаторов. Главным возбуждающим нейромедиатором является глутамат. При заболеваниях нервной системы происходит излишняя активация глутаматных рецепторов, в особенности тех, которые хорошо проводят кальций. Большое количество кальция приводит к гибели нервных клеток, поэтому стоит задача разработки специальных блокаторов для регулирования этого процесса.

БЛОКАТОРЫ

Исследователи изучили молекулярную структуру комплекса глутаматного рецептора с тремя блокаторами, включая природный токсин аргиопин из яда паука-кругопряда *Argiope lobata* и два искусственных соединения. Химическая формула всех трех блокаторов состоит из двух частей: «головы», напоминающей остаток ароматической аминокислоты, и «хвоста» различной длины, включающего аминокислотные группы, соединенные алифатическими углеводородными линкерами. Наблюдения производились с помощью метода криоэлектронной микроскопии.

ПРОХОД ЗАКРЫТ

По словам руководителя исследования, выпускника МФТИ и заведующего лабораторией в Колумбийском университете (Нью-Йорк, США) Александра Соболевского, блокаторы проникают внутрь рецептора,

когда тот открывается при действии глутамата. При этом они помещают свой положительно заряженный хвост в узкую отрицательно заряженную часть ионного канала — его селективный фильтр, обуславливающий способность пропускать только катионы. Пройти канал насквозь блокаторам не позволяет их голова, застревающая во внутренней полости рецептора.

Токсины и их синтетические аналоги выборочно блокируют рецепторы, которые хорошо пропускают кальций. Полученные результаты помогут химикам спроектировать новые, более эффективные блокаторы. Они будут препятствовать проникновению в принимающие нейроны излишнего кальция во время заболеваний нервной системы. Например, это спасет нервные клетки от гибели при боковом амиотрофическом склерозе (болезнь Шарко), эпилепсии, ишемии и нейродегенерации при болезнях Альцгеймера и Паркинсона. **эн**

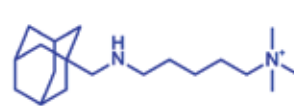


ПРЯМАЯ РЕЧЬ

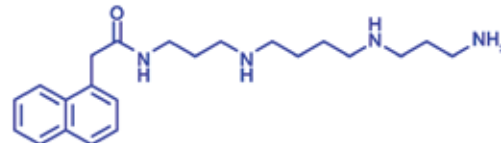
Александр Василевский, преподаватель МФТИ и заведующий лабораторией в Институте биоорганической химии им. академиков М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова РАН:

— Примечательно, что в работе мы использовали токсин паука, открытый академиком Евгением Гришиным в 1986 году. Получается, что те вещества, которые паук использует для убийства жертвы, мы применяем для исследования основ функционирования нервной системы, и они же помогут в создании новых лекарственных препаратов для лечения нейродегенеративных заболеваний.

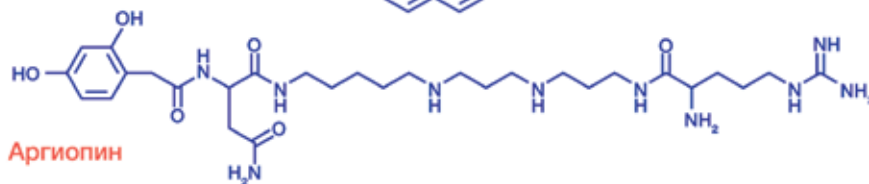
IEM-1460



NASPM



Аргиопин



Химические формулы блокаторов глутаматных рецепторов, использованных в работе

Шаги в космос

Общеизвестно, что космическая эра началась 4 октября 1957 года, когда СССР запустил первый небольшой спутник весом в 84 кг на орбиту вокруг Земли. Но мало кто знает, что одновременно на орбиту вышла и вторая ракетная ступень весом 7,5 тонн. Люди по всему миру слушали радиосигналы из космоса, а потом задирали головы и видели, как по небу летит искусственная звезда. Вот только радиосигналы посылал маленький спутник, а ярко блестела многометровая вторая ступень ракеты. В течение первых 15 лет после этого дня СССР и США соревновались в космической гонке — как в области пилотируемых полетов, так и в запуске автоматических межпланетных станций к Луне и ближайшим планетам: Венере и Марсу.

Космические исследования планет Солнечной системы продемонстрировали высокий уровень американского, европейского, советского и пришедшего ему на смену российского космического приборостроения.

И хотя прогнозы фантастов XX века еще далеки от осуществления, а на Марсе до сих пор не зацвели яблони, постепенное освоение объектов Солнечной системы уже начинается. Если сейчас это освоение проделывается исключительно роботами, в ближайшие десятилетия им на подмогу могут прийти люди.

Несмотря на то, что эпоха великих географических открытий в Солнечной системе по большому счету закончилась, интерес человечества к ближайшим планетам только набирает обороты.



Есть задачи, которые с помощью наземных или находящихся на земной орбите телескопов решаются лучше, чем космическими аппаратами. Однако именно благодаря межпланетным исследовательским миссиям представления ученых об устройстве планет Солнечной системы менялись наиболее радикально и стремительно. Про миссии уже состоявшиеся и еще только готовящиеся, про полученные *in situ* результаты и открытия, к которым они привели, и пойдет речь.

Автостопом по Солнечной системе

ЗА ПОЯСОМ АСТЕРОИДОВ

Исследования внешних планет Солнечной системы велись преимущественно NASA и начались 2 марта 1972 года с запуска американской автоматической межпланетной станции (АМС) «Пионер-10» весом в 259 килограммов. 4 декабря 1973 года станция пролетела возле Юпитера на расстоянии 132 000 км. Брат-близнец той станции «Пионер-11» стартовал 6 апреля 1973 года, приблизился к Юпитеру 2 декабря 1974 года на расстояние 43 000 км и отправился к Сатурну, мимо которого промчался 31 июля 1979 года на расстоянии 20 600 км от облачного слоя.

Сравнительно простые и легкие «Пионер-10» и «Пионер-11» доставили немало научной информации и доказали, что пыль в поясе астероидов не представляет опасности для космических аппаратов. Тем самым они проложили дорогу более совершенным и тяжелым аппаратам «Вояджер». Первый «Вояджер» весом в 825 кг стартовал 5 сентября 1977 года, достиг Юпитера 5 марта 1979 года и Сатурна — 12 ноября 1980 года. Его близнец «Вояджер-2» вылетел раньше — 20 августа 1977 года, но прилетел к Юпитеру лишь 9 июля 1979 года, а к Сатурну — через четыре года, приблизившись к его поверхности на 101 000 км.

«Вояджеры» отправили на Землю ошеломляющее количество информации, включая де-

сятки тысяч фотографий хорошего разрешения. В 1981 году я окончил университет и на 15 лет окунулся в море космических данных, присланных «Вояджерами». Сильнее всего впечатляли фотографии сатурнианских колец, которые показали их расслоенность на более узкие колечки с масштабом от одного километра до тысячи. Это был совершенно неожиданный феномен. Впрочем, как позже выяснилось, его предсказывал еще Иммануил Кант», — вспоминает ведущий аналитик компании «Science Systems and Applications» Николай Горькавый.

«Вояджер-2» сумел выдержать многолетнее путешествие настолько хорошо, что его направили к Урану, возле которого он проследовал 24 января 1986 года на расстоянии 81 500 км. Потом аппарат отправился к Нептуну, куда прибыл 25 августа 1989 года, скользнув над нептунианскими облаками на высоте всего 4951 км. Системы Урана и Нептуна давно интриговали ученых своими загадочными кольцами: у Урана еще в 1977 году было открыто 9 узких колец, стабильность и расположение которых были непонятны. А у Нептуна кольца вовсе оказались разорванными, что казалось

Первый «Вояджер» весом в 825 кг стартовал 5 сентября 1977 года

1 января 2019 года аппарат «Новые горизонты» должен сблизиться с малым телом пояса Койпера

немыслимым с точки зрения небесной механики. «Вояджеры» исследовали системы всех четырех планет-гигантов, открыв целый ряд новых спутников, разреженное кольцо Юпитера и арки Нептуна, серный вулканизм на юпитерианском спутнике Ио, а также получив прекрасные фотографии самих планет и их крупных спутников, включая Титан с густой атмосферой и Тритон с азотными гейзерами. Оба аппарата до сих пор функционируют, исследуя межзвездное пространство.

«Вояджеры» навсегда останутся в истории планетологии как самый успешный космический проект. Им на смену 18 октября 1989 года в зону внешних планет отправился «Галилео» — огромный аппарат весом в 2560 кг, который спустя шесть лет вышел на орбиту Юпитера, сбросив в его атмосферу спускаемый аппарат. Он проработал возле Юпитера до 2003 года и сгорел в юпитерианской атмосфере», — продолжает Николай Горькавый.

15 октября 1997 года к Сатурну был отправлен «Кассини», который вышел на орбиту Сатурна через семь лет. Посадочный зонд «Гюйгенс», построенный Европейским космическим агентством, отделился от «Кассини» и сел на Титан 14 января 2015 года, получив первые фотографии поверхности Титана, скрытой от внешних наблюдателей плотной атмосферой. «Кассини» проработал возле Сатурна, изучая его кольца и спутники, до сентября прошлого года, после чего закончил свою миссию, войдя в атмосферу.

Среди далеких давно известных людям объектов оставался неисследованным только Плутон. По официальной классификации сейчас Плутон не считается планетой, — это одно из тел пояса Койпера, которых известно уже несколько сотен. 19 января 2006 к далекой периферии Солнечной системы отправился аппарат «Новые горизонты». 14 июля 2015 он пролетел на расстоянии 12500 км над поверхностью Плутона, изучив геологию, атмосфе-

Титан, спутник Сатурна, первый объект в зоне планет-гигантов, на который была совершена мягкая посадка — ESA в сотрудничестве с NASA посадили зонд «Гюйгенс» больше десяти лет назад

ру и спутники этого далекого небесного тела. 1 января 2019 года аппарат «Новые горизонты» должен сблизиться с малым телом пояса Койпера с неофициальным названием Ультима Туле (с лат. — «край света») — двойным объектом с диаметром 30 км, расположенном на расстоянии 43,4 астрономических единицы от нас. По словам руководителя научной программы штаб-квартиры NASA Адрианы Окампо, прямую трансляцию этого сближения можно будет посмотреть на NASA TV 2 января 2019 года из-за многочасовой задержки сигнала, идущего к Земле от столь удаленного объекта.

5 августа 2011 года к Юпитеру отправился аппарат «Juno» («Юнона»), который в 2016 году вышел на орбиту вокруг самой большой планеты Солнечной системы и до сих пор продолжает работать. Фактически это первая за много лет миссия, которая целиком посвящена Юпитеру, а не системе его спутников.

Есть еще один объект, миссии к которому постоянно прорабатываются и обсуждаются, — Титан. На этом спутнике Сатурна размером примерно с Луну чрезвычайно интересная климатическая система: очень плотная азотная атмосфера, метановые озера и дожди, органическая дымка очень сложного химического состава. Это первый объект в зоне планет-гигантов, на который была совершена мягкая посадка — ESA в сотрудничестве с NASA посадили зонд «Гюйгенс» больше десяти лет назад.

Автоматическая межпланетная станция «Пионер-10»

СПРАВКА

Астрономическая единица — исторически сложившаяся единица измерения расстояний в астрономии. Исходно принималась равной большой полуоси орбиты Земли, которая в астрономии считается средним расстоянием от Земли до Солнца. На сегодняшний день астрономическая единица считается равной в точности 149 597 870 700 метрам.



ПО СЛЕДАМ ВОЙНЫ МИРОВ

«Среди миссий текущего десятилетия в первую очередь приходят на ум направленные на исследование Марса. Эта беспрецедентная эпопея началась в конце 80-х годов с пары неудачных запусков. В начале 90-х был утерян американский «Mars Observer». В 1996-м потерпел неудачу «Марс-96» — первая попытка постсоветской России и последний проект, сделанный еще в СССР. Был перерыв, после чего началась эпоха современного исследования Марса. За это время около полутора десятков аппаратов было запущено к нему. Стоит отметить миссию «Марс-Экспресс». Это фактически была реинкарнация миссии «Марс-96» на новом борту, но с очень схожими научными задачами», — рассказывает руководитель лаборатории прикладной ИК-спектроскопии МФТИ Александр Родин.

Миссия «Марс-Экспресс»

На аппарате «Марс-96» стояло несколько европейских приборов, и их руководители, огорченные неудачей запуска, попытались убедить ESA организовать другую миссию к Марсу, сохранив научную основу «Марс-96». Эта идея воплотилась в проект «Марс-Экспресс», который в 1997 году был принят Европейским космическим агентством, и в 2003 году аппарат уже был готов и стартовал с Байконура.

Научные задачи этой миссии перекрывали едва ли не все возможные области исследования: от поверхности до самых высоких слоев атмосферы. Это один из последних аппаратов, которые не фокусируются на какой-то определенной научной задаче.

«На «Марс-Экспресс» был установлен «Beagle-2» — посадочный аппарат с достаточно простой научной нагрузкой, однако это была первая попытка Европы осуществить посадку на поверхность Марса. Она была неудачной: связь с аппаратом была потеряна, и никто не знал, что произошло, потому что в процессе спуска не было никакой телеметрической ин-

«Марс-96» — первая попытка постсоветской России и последний проект, сделанный еще в СССР



На орбитальный модуль «Марс-Экспресс» установлена камера с разрешением порядка 10 метров для изучения марсианской поверхности



формации. Недавно американскому аппарату с камерой высокого разрешения удалось найти «Beagle-2» на снимках. И похоже, что он почти достиг цели: по-видимому, аппарат приземлился, но у него не открылись солнечные батареи», — вспоминает Project Scientist миссии «Марс-Экспресс», выпускник МФТИ Дмитрий Титов.

В то же время орбитальный модуль «Марс-Экспресса» уже в течение 15 лет успешно работает. Один оборот вокруг Марса занимает у него около 7 часов. Он исследует марсианскую поверхность, для чего на него установлена камера с разрешением порядка 10 метров и возможностью получать цветные стереоизображения. Это очень важно для исследования топографии и геологии поверхности. Также на орбитере есть картирующий спектрометр, который позволяет получить распределение различных минералов по поверхности Марса: глины, гипса, базальтов.

«На орбитальном модуле стоит мощный спектроскопический комплекс для исследования атмосферы: изучения температуры, газовых составляющих, пыли, аэрозолей, ледяных облаков», — рассказывает Дмитрий Титов. — Эти приборы работают в надири, то есть могут смотреть непосредственно на планету под космическим аппаратом. Также они проводят и затменные наблюдения: прибор смотрит на солнце, лучи заходящего солнца проходят через слои атмосферы на разных высотах, и фактически мы получаем высотный профиль того или иного параметра. Это может быть и плотность атмосферы, и содержание водяного пара, и высотное распределение пыли, и что-то другое».

Еще один прибор, стоящий на орбитере, — радар, который может как зондировать верхние слои марсианского грунта до глубины в несколько километров, так и определять плотность электронов в ионосфере. Плазменный комплекс дает возможность исследовать ионы и электроны, которые находятся в верхней атмосфере, что помогает определить, какой материал планета теряет, в каком количестве и в каких местах. И когда все эти данные обрабатываются, получается довольно большая статистика, благодаря которой можно уже заглянуть в прошлое планеты. Например, ответить на вопрос о том, как много воды потерял Марс за свою историю.



«*«Марс-Экспрессом» достигнуты очень важные результаты, которые позволили изменить взгляд на планету. Например, мы знали и раньше, что на Марсе существуют сухие русла древних рек. Нам удалось получить гораздо больше деталей, поскольку мы откартировали приблизительно 84% поверхности планеты. Подсчет кратеров позволяет определить возраст — поэтому геология поверхности фактически превращается в хронологию. То есть мы не только видим такие формы рельефа поверхности, как равнины, горы, плато, русла рек, но и можем определить, в какое время формировались эти геологические черты», — подводит итоги Дмитрий Титов.*

Согласно полученным данным, примерно 4 миллиарда лет назад Марс был достаточно влажным, потом постепенно происходило его высыхание и замерзание. Об этом говорят обнаруженные гидратированные минералы, которые могли образоваться только при наличии воды на поверхности красной планеты. Наличие сульфатов означает, что были эпизоды вулканической активности, в ходе которой вулканы выбрасывали сернистые газы, которые оседали из-за дождей и попадали в грунт. Постепенно Марс становился все более сухим и холодным. Последние 2,5 миллиарда лет поверхность планеты представляет собой сухую пустыню, модифицируемую ветрами и окислением присутствующего железа.

Таким образом, первое достижение миссии «Марс-Экспресс» — формирование новой картины эволюции планеты. Второе — исследование

Проект «Марс-Экспресс» был принят в 1997 году Европейским космическим агентством, и в 2003 году аппарат уже был готов и стартовал с Байконура

климатологии Марса: того, как год от года меняются условия в атмосфере. Это эволюция температуры и содержания пыли в атмосфере, циклы водяного пара и озона. Поскольку орбитер работает уже 15 лет, он обеспечил одно из самых длительных непрерывных наблюдений параметров атмосферы с орбиты. Благодаря этому можно проследить их сезонные изменения. Еще одно достижение — плазменные наблюдения верхней атмосферы, где процессы очень сильно зависят от активности солнца. 15 лет — это больше, чем солнечный цикл, который длится около 11 лет. Все процессы в верхней атмосфере очень сильно зависят от активности солнца. Поэтому продолжительные наблюдения «Марс-Экспресса» очень важны для понимания того, каким образом верхняя атмосфера планеты реагирует на изменение количества солнечных пятен, интенсивность ультрафиолетового излучения, магнитные бури и корональные выбросы массы.

«*Космический аппарат находится по-прежнему в хорошей форме. И сейчас мы работаем над научными задачами на следующие два года. Миссия уже продлена до конца 20-го года, но мы будем обсуждать ее продление и до конца 22-го года. Это нужно для того, подольше поработать вместе с «Trace Gas Orbiter» миссии «ЭкзоМарс» и с американской миссией «MAVEN» по исследованию верхней атмосферы», — делится планами Дмитрий Титов.*

РУССКАЯ ПЛАНЕТА

Миссия «Венера-Экспресс»

«*Следует также отметить миссию «Венера-Экспресс». Это аппарат, идентичный тому, который был отправлен к Марсу в рамках миссии «Марс-Экспресс», но адаптированный к условиям и специфическим научным задачам у Венеры. Было несколько самых разных предложений от научного сообщества, как использовать слегка модифицированного близнеца «Марс-Экспресса» — от исследования околосолнечной плазмы до астрофизических задач. Выиграла группа, идеологом которой был Дмитрий Титов и поддерживавшие его европейские специалисты. Они убедили ESA, что эта миссия может решить очень важные научные задачи и технически быть похожа на «Марс-Экспресс», — говорит Александр Родин.*

У аппарата укоротили в два раза солнечные панели, потому что Венера ближе к Солнцу, и сменили обшивку, чтобы он меньше грелся. В результате получилась очень продуктивная миссия, которая более 8 лет проработала на →

КСТАТИ

Продолжающийся в настоящее время совместный проект ESA и Роскосмоса «ЭкзоМарс» состоит из двух этапов. Первый этап — запуск орбитального аппарата «Trace Gas Orbiter», который в конце весны приступил к систематическим исследованиям планеты. Следующий пуск намечен на 2020 год. В рамках второго этапа российская платформа доставит на поверхность европейский марсоход. Эта миссия планируется как последняя чисто научная миссия ESA к Марсу. (Подробнее про миссию «ЭкзоМарс» читайте на стр. 40 — прим. ред.)

орбите Венеры и впервые за 20 лет позволила получить принципиально новые данные об «утренней звезде».

«Венера-Экспресс» оказался самым быстрым проектом в ESA: от момента принятия решения до запуска с Байконура прошло всего 4 года. Основными задачами миссии были исследование динамики и состава атмосферы, как подоблачной, так и надоблачной, а также исследование температурной структуры. Мы сделали небольшую камеру, которая в определенном спектральном интервале видела поверхность и подоблачную атмосферу ниже 50 км. Хотели провести еще и подповерхностное зондирование Венеры, но по разным причинам этого сделать не удалось», — рассказывает Дмитрий Титов.

Аппарат работал с 2006 года по 2015 год. За это время была исследована мезосфера: газовый состав, высотные профили, важные для построения химических моделей. Изучена морфология облачного слоя. Проведено наблюдение убегающих газов в верхней атмосфере. До этой миссии бытовало сложившееся представление, что магнитное поле, которое на Земле достаточно сильное, оберегает нашу планету от солнечного воздействия и связанной с ним интенсивной потери атмосферы. Данные по потере вещества из атмосферы натолкнули исследователей на один вопрос. «Когда мы начали измерять потерю газов атмосферой Венеры, — а эта планета не обладает магнитным полем, и атмосфера напрямую атакуется солнечным ветром, — с удивлением увидели, что она теряет меньше вещества, чем Земля. Получается, что наша планета, которая обладает магнитным полем, теряет больше вещества, чем Венера, такая же по массе и по размеру планета, но не обладающая магнитным полем», — продолжает рассказ Дмитрий Титов.

Остались и неразгаданные загадки. Например, неизвестный ультрафиолетовый поглотитель. В ходе миссии было получено его распределение, исследовано его поведение, но понять химическую природу этого вещества не удалось.

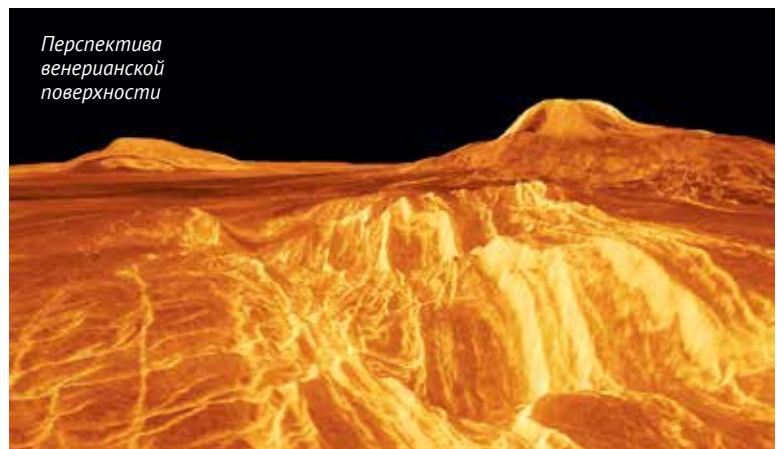
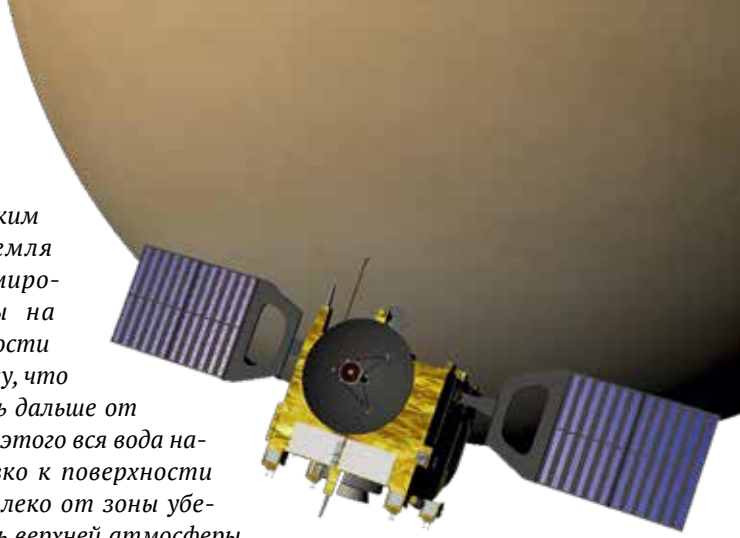
«Мы хотим понять эволюцию планеты. Мы видим убегание водорода и убегание дейтерия. По-видимому, раньше эти процессы должны были быть гораздо более интенсивными. На Земле океан — в среднем приблизительно трехкилометровая толща. А на Венере, если взять всю воду и собрать ее из атмосферы, мы наберем от силы несколько сантиметров. Это означает, что огромное количество воды было

потеряно. Каким образом? Земля смогла сформировать океаны на своей поверхности просто потому, что она была чуть дальше от Солнца. Из-за этого вся вода находилась близко к поверхности планеты и далеко от зоны убегающей, то есть верхней атмосферы. Венера, по-видимому, была по другую сторону от границы, где жидкая вода еще может существовать на поверхности. Поэтому произошли два взаимосвязанных процесса», — комментирует Дмитрий Титов.

Вся вода на Венере оказалась в атмосфере, из-за чего она была всегда очень близко к уровню убегания. Солнечный ветер «сдувал» эту воду из верхней атмосферы. И, как представляется, несколько миллиардов лет назад большое количество воды было потеряно и Венера фактически высохла. К тому же из-за отсутствия жидкой воды на поверхности планеты углекислый газ (CO_2) не смог уйти в осадочные породы. То есть, грубо говоря, вся двуокись углерода, которая была получена планетой при формировании, так и осталась в атмосфере. CO_2 — очень сильный парниковый газ, поэтому поверхность Венеры разогрелась до высоких температур и не смогла остыть.

На Венере, если взять всю воду, собрать ее из атмосферы, мы наберем от силы несколько сантиметров. Это означает, что огромное количество воды было потеряно

Основными задачами миссии аппарата «Венера-Экспресс» было исследование динамики и состава атмосферы, как подоблачной, так и надоблачной



Перспектива венерианской поверхности

КСТАТИ

«Венера-Экспресс» — не единственная миссия к Венере последних лет. Сейчас у планеты успешно работает японская миссия «Акацуки». Японцы показали себя настоящими самураями: из-за разрушения двигательной установки аппарат не удалось с первого раза вывести на орбиту Венеры в 2010 году. Вторая попытка, предпринятая через пять лет с использованием двигателей ориентации, была успешной, после чего аппарат мог работать и получать очень интересные данные.

«Акацуки» — довольно простой аппарат, но его орбита позволяет охватывать планету в целом. Для получения глобальной картины климатической системы планеты эта миссия оказалась интересной и продуктивной», — считает Александр Родин.

ВО ГЛУБИНЕ ПЛАНЕТНЫХ НЕДР

На сегодняшний день про недра планет Солнечной системы из-за нехватки экспериментальных данных известно очень мало. Сейсмические методы — единственные прямые методы, которые позволяют определить, что происходит внутри планеты. Такие эксперименты проводились на Луне и на Марсе, но практически безуспешно. Поэтому ученые вынуждены полагаться либо на теоретические модели, либо на какие-то внешние проявления внутренней структуры.

За последние годы был сделан гигантский рывок — теоретики научились, напрямую решая уравнения квантовой механики, рассчитывать свойства вещества при гигантских давлениях и крайне трудно реализуемых в эксперименте условиях, которые существуют в недрах планет. Важную роль в этом прорыве сыграла лаборатория компьютерного дизайна материалов МФТИ Артёма Оганова.

Сегодня у ученых вызывают большой интерес планеты-гиганты, которые состоят из водорода и гелия в жидком состоянии (Юпитер и Сатурн) или же из смеси воды, метана и аммиака (Нептун и Уран).

«Химия Нептуна и Урана очень сложная. Что там происходит, не совсем понятно. До сих пор

люди пытаются выяснить, почему Нептун излучает гораздо больше тепла, чем получает от Солнца. Превалирующей является гипотеза о том, что под давлением метан распадается с образованием алмаза и водорода. Кристаллы алмаза, опускаясь в жидкие недра Нептуна, за счет превращения потенциальной энергии в тепловую его разогревают. Это очень красивая и интересная гипотеза: огромное количество алмаза, тонущее в глубинах планеты. И если бы Нептун состоял только из метана, то так оно и должно было бы быть, но поскольку там большое количество воды и аммиака, ситуация может оказаться сложнее», — рассказывает Артём Оганов.

В случае Юпитера и Сатурна тоже имеется парадокс, связанный с тепловым потоком: на Сатурне он аномально большой, на Юпитере этот эффект выражен менее ярко, но тоже есть. Превалирующая точка зрения сейчас такова, что при высоких давлениях и температурах смесь водорода и гелия, из которой состоят эти планеты, становится несмесимой, от нее отделяется гелий в виде более тяжелых капель, которые падают в глубь планеты. И этот процесс, опять же, переводит гравитационную энергию в тепловую.

«Сегодня науки о планетах — очень живая и актуальная область геофизики. Фактически мы научились рассматривать Землю в контексте окружающих нас планет. Исследование объектов Солнечной системы приводит ко все новым результатам по мере появления новых технологических возможностей. Так, за последние 20 лет не было момента, когда на Марсе не работал ни один космический аппарат. Можно с полным основанием говорить, что Марс активно осваивается роботами. Думаю, что со всем нашим ближайшим космическим окружением рано или поздно это произойдет. Очень хотелось бы, чтобы наша страна и Физтех принимали в этом процессе достойное участие», — заключает Александр Родин. ЭН

Изнутри: как устроены NASA и ESA

«За последние пару десятилетий исследования Солнечной системы пережили бурный ренессанс. В турнирной таблице произошло перемещение игроков, для нашей страны не очень удачное, потому что Россия фактически потеряла второе место, которое занимал Советский Союз, соревнуясь на равных с Соединенными Штатами. В исследованиях Венеры мы лидировали, на Марсе были менее успешны, с планетами-гигантами мы практически не связывались. Сейчас почетное второе место наша страна уступила Европейскому космическому агентству, которое в советскую эпоху практически не имело самостоятельного выхода в дальний космос, и Европа осуществляла свою космическую программу, летая на советских аппаратах», — полагает руководитель лаборатории прикладной ИК-спектроскопии МФТИ Александр Родин.

Несмотря на то, что сегодня место России в космической гонке скромнее, чем в советскую эпоху, оно заметное и вполне достойное. И хотя утраченное лидерство — это в каком-то смысле потеря, наши ученые нашли свою нишу в новой кооперации, имея ограниченные возможности реализовать отечественные миссии. Попыток проведения национальных планетных миссий в России за последние 25 лет было две, к сожалению, обе неудачные. Но приборы, разработанные нашими специалистами, успешно работают на международных аппаратах. Это показывает не только научные амбиции, но и технологические возможности нашей страны, которые в ряде случаев существенно опережают зарубежных коллег.

Среди мировых космических агентств стоит выделить два — ESA и NASA, с которыми у России за последние годы появился богатый опыт сотрудничества и создания совместных проектов. И аспекты внутреннего устройства указанных организаций сегодня крайне важны для понимания, поскольку могут заметно повлиять на дальнейшее развитие российских планетных исследований.

Запуск спутника ESA
Earth Explorer Aeolus
с космодрома Европы
в Куру, Французская Гвиана,
22 августа 2018 года.
© ESA — S. Corvaja





ESA

Европейское космическое агентство (European Space Agency, ESA) — это международная структура, которая отвечает за имплементацию больших космических миссий. Здесь происходит менеджмент проектов, их техническое и научное сопровождение. Относительное число ученых в агентстве среди общего количества сотрудников гораздо меньше, чем в университетах или академических институтах.

«Задача ученых в ESA, — научная координация проекта. Мы должны понимать научные задачи миссии, будь то полет к Марсу или обсерватория для наблюдения рентгеновских источников. Кроме этого, project scientist должен понимать, как работает космический аппарат, и поддерживать тесную связь с теми, кто им управляет. Ученые в ESA осуществляют научное руководство проектами, следят, чтобы главные научные задачи не потерялись в технических проблемах, переделках в процессе имплементации миссий», — рассказывает выпускник Физтеха, project scientist миссии «Марс-Экспресс» Европейского космического агентства Дмитрий Титов.

Вторая задача project scientist — координировать работу научных команд, которые как раз и проводят исследования. Команды находятся в 22 странах-участницах ESA. Непосредственно наука и написание статей находятся в ведении лабораторий, институтов и университетов.

Агентство не только курирует изготовление космических аппаратов, но и занимается их управлением. Специальные центры управления заняты связью с аппаратами, отправкой команд, приемом и архивированием данных.

СТРУКТУРА МИССИЙ

Самые крупные миссии стоимостью больше 1 миллиарда евро — миссии L-класса (large). Их довольно немного, они делаются с периодичностью примерно раз в шесть лет. Эти миссии нацелены на получение многоплановой информации об объекте исследования для высококласной науки и находятся на грани технологических возможностей. Используются новые технологии, которые специально разрабатываются под каждую миссию. Именно поэтому подготовка к такого рода проектам не только занимает много времени, но и требует больших финансовых вложений. Например, JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer. Миссия ESA к Юпитеру и его спутникам) относится к классу L.

Второй тип миссий — M (medium), средний класс со стоимостью порядка 0,5 миллиарда евро, их обычно запускают примерно раз в три года. Это могут быть миссии, которые сфокусированы на каких-то конкретных задачах, требующих небольшого объема аппаратуры. Миссия «Марс-Экспресс» — это как раз аппарат типа M.

Наконец, существуют малые миссии, в которых Европейское агентство выступает партнером в проектах либо национальных космических агентств в Европе, либо NASA или JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency). Агентство вкладывает небольшие суммы от 50 до 100 миллионов евро и участвует в создании научной аппаратуры.

Важно понимать, что все миссии проходят очень жесткий отбор научным сообществом. То есть космическое агентство занимается имплементацией того, что считают важным европейские ученые.

ОТБОР МИССИЙ

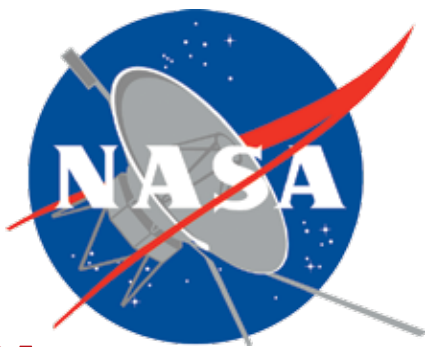
Каждая миссия проходит многоступенчатый отбор. Если говорить о миссиях M-класса, сначала агентство выпускает так называемый «Call for mission proposals». Это открытые запросы на предложения новых миссий с ограничением по стоимости в 0,5 миллиарда евро. Научные группы при поддержке инженеров разрабатывают проектные предложения, которые поступают в агентство, где они рассматриваются с точки зрения требуемой аппаратуры и актуальности научных задач, технической осуществимости и стоимости. Дальше происходит отбор в несколько ступеней.

«На последний запрос было дано более 30 предложений в разных областях науки, начиная от возврата материала поверхности с астероидов и заканчивая черными дырами. Из всех предложений было отобрано приблизительно 10–12, потому что некоторые просто граничили с фантази-

ями, а некоторые были вполне выполнимы с точки зрения существующих технологий. Затем из них были выбраны 3 кандидата, и уже после детальных исследований будет выбрана одна миссия, которая пойдет непосредственно в промышленность для изготовления космического аппарата. Это многоступенчатый, аккуратный и очень скрупулезный отбор того, на что будут потрачены 0,5 миллиарда», — поясняет Дмитрий Титов.

Главным в этой схеме взаимодействия является именно научное сообщество. Не агентство диктует, куда отправлять миссии и что исследовать. Научное сообщество формулирует задачи, а агентство вместе с промышленностью и инженерно-техническим персоналом, который находится вне ESA, оценивает возможность предложений. Уже после этого происходит выбор и принятие решения: да, мы летим к астероиду или запускаем обсерваторию для наблюдения черных дыр.





NASA

Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (National Aeronautics and Space Administration, NASA) — таков традиционный перевод в России, — это ведомство, относящееся к федеральному правительству США и подчиняющееся непосредственно вице-президенту США. В отличие от Европейского космического агентства, NASA отвечает за гражданскую космическую программу страны, а также за научные исследования воздушного и космического пространств и научно-технологические исследования в области авиации, воздухоплавания и космонавтики (по терминологии, принятой в США, — астронавтики).

ФОРМИРОВАНИЕ НОВЫХ ПРОЕКТОВ

У NASA есть хорошо апробированные исследовательские программы в различных областях — от гелиофизики до геофизики. И в рамках этих программ каждый год ученым рассылают приглашение представить свой проект создания научного спутника, межпланетной станции или отдельного инструмента. Каждая программа ориентируется на свой уровень технологической готовности: от общей идеи до почти готового прибора, которому остался один шаг до установки на спутник. Размах программы варьируется от модных кубсатов до крупных телескопов. Программы поддержки космических проектов существуют как в рамках всего NASA, так и в отдельных космических центрах. Какие проекты поддерживать? Что исследовать — Марс или Юпитер? Это решается голосованием ученых-экспертов, которые выбирают из предложенных вариантов космических телескопов или межпланетных станций самый перспективный проект. Есть и противоположный вектор деятельности: ученые NASA сами пишут заявки на финансирование предлагаемых проектов.

«Я с 2011 года работаю с данными лимбового сенсора спутника «Суоми». Этот сенсор

смотрит не в космос и не на Землю, а между ними — на лимб, на тонкий слой атмосферы, в котором часто разворачиваются удивительные события. В стратосферу всплывают облака горячих вулканических газов, в приполярной зоне на высоте более 80 км возникают загадочные мезосферные облака. А 15 февраля 2013 года над Челябинском взорвался астероид размером около двадцати метров. Он оставил облако пыли, которое я и обнаружил в данных лимбового сенсора, чувствительного к присутствию аэрозоля на больших высотах. Лимбовый сенсор «Суоми» — прекрасный инструмент, но и у него есть недостатки, в частности, он смотрит назад по траектории движения спутника и строит только три профиля свечения атмосферы, расположенных очень близко друг к другу. В 2014 году я предложил создать лимбовый сенсор нового типа, который имел бы 14 каналов, направленных в разные стороны, и мог бы быть установлен на кубсате», — приводит пример ведущий аналитик компании «Science Systems and Applications» Николай Горькавый.

Эта идея понравилась научному сообществу, получила много сторонников и в 2015 году была поддержана Центром космических полетов имени Годдарда NASA. Когда бумажный проект превратился в реальный прототип из стекла и металла, то он был профинансирован уже общей программой NASA, которая называется «Инкубатор инструментов». Возможно, через какое-то время он превратится в реальный спутник и станет началом новой серии лимбовых космических сенсоров.

Космический корабль Atlantis на стартовой площадке Космического центра Кеннеди на мысе Канаверал, штат Флорида.
Фото: NASA / Bill Ingalls



СТРУКТУРА АГЕНТСТВА

В NASA всегда есть глава проекта, который является государственным служащим, и есть подчиненные ему частные компании-контрактники, которые старательно и за минимальную цену выполняют его заказы. Однако ввиду того, что при всей эффективности этого агентства в NASA все-таки довольно много всевозможных инструкций, нарастает тенденция передачи космических программ из государственных центров в еще более эффективные частные компании, сотрудники которых обходятся казне дешевле.

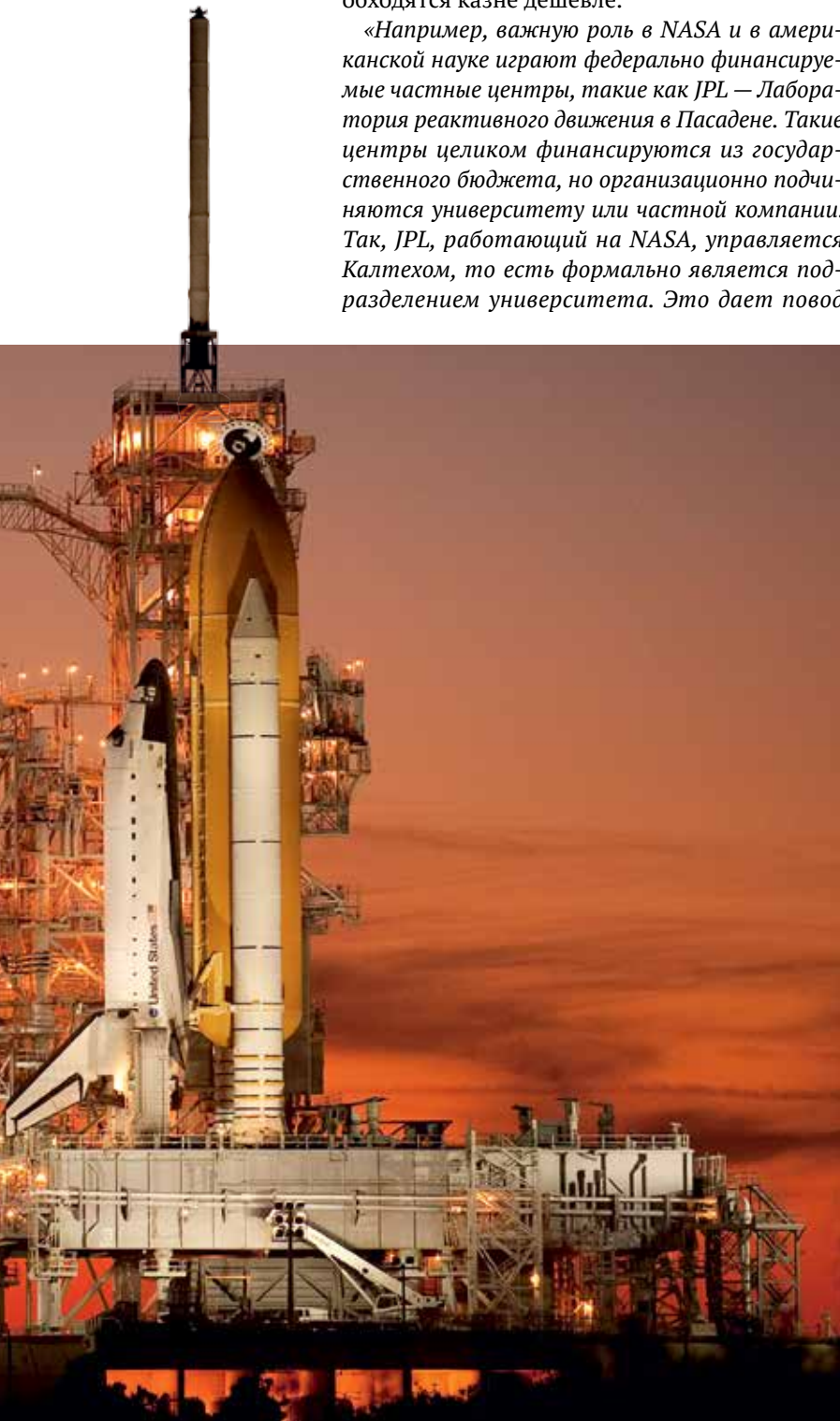
«Например, важную роль в NASA и в американской науке играют федерально финансируемые частные центры, такие как JPL — Лаборатория реактивного движения в Пасадене. Такие центры целиком финансируются из государственного бюджета, но организационно подчиняются университету или частной компании. Так, JPL, работающий на NASA, управляется Калтехом, то есть формально является подразделением университета. Это дает повод

некоторым российским политикам предлагать распустить Академию наук и “передать науку” в университеты, которые, как им кажется, на Западе успешно занимаются наукой», — продолжает Николай Горькавый.

Однако при более детальном рассмотрении подобных проявлений западной «университетской науки» картина сильно меняется. Калтех — небольшой университет: всего 2200 студентов и 300 преподавателей. Формально подчиненный ему JPL имеет 5900 сотрудников и бюджет 2,3 миллиарда долларов, что составляет примерно 400 тысяч долларов в год на одного сотрудника. Сотрудники JPL изготавливают для NASA межпланетные станции и марсианских роботов полный рабочий день, не отвлекаясь на преподавание, педагогические отчеты и прочие прелести учебного процесса. Для сравнения: весь бюджет NASA в 2018 году — 20,7 миллиарда долларов, а общее число сотрудников-госслужащих — 17 400. Всего же у американского космического агентства 10 крупных центров и частный JPL. Если учесть число работников-контрактников из коммерческих компаний вроде Boeing, которые делают для NASA ракеты и спутники, то общую численность сотрудников, занятых в проектах агентства, можно увеличить в несколько раз.

Говоря о сотрудничестве с университетскими лабораториями, стоит отметить работу NASA со школьниками и студентами. Существующие программы позволяют показывать подрастающему поколению, как работает агентство, под руководством сотрудников NASA можно поучаствовать в отдельных проектах. Пусть глубоко вникнуть в научную или инженерную задачу за отведенные пару месяцев стажировки едва ли получится, но это, скорее всего, повлияет на дальнейший выбор профессии. И это лишь одна из многих вех активной популяризации своей деятельности, которой занимается NASA. И результат налицо: это самое известное космическое агентство, которое пользуется равным уважением среди ученых, политиков и обывателей.

Среди особенностей работы в NASA, ожидающих потенциальных сотрудников, можно выделить нетипичную для Европы систему найма. Для работы на это космическое агентство не нужно заключать рабочий контракт. В этом есть свои плюсы: можно в любой момент уволиться. С другой стороны, могут точно так же и уволить без явной причины, например, если закончится выделенный на проект бюджет. **ЭН**



Лунная гонка

С 60-х годов прошлого века внимание человечества было приковано к соревнованию двух стран. Первый спутник, первый человек в космосе, первый человек на Луне. Эти вехи навсегда останутся в истории. Как остается и вопрос: почему же космические агентства отвернулись от Луны, хотя внимание научного сообщества и по сей день приковано к ней? И на наших глазах начинается новый виток лунной гонки с новыми участниками.

ДВА ФРОНТА ЛУННОЙ ГОНКИ

История исследования Луны по драматичности поспорит с шекспировскими сюжетами. Широко известна гонка, которая развернулась между космическими лунными программами СССР и США. Сначала в ней лидировал Советский Союз. В 1959 году советская станция «Луна-2» доставила на наш естественный спутник вымпел с гербом СССР, а станция «Луна-3» сфотографировала обратную сторону Луны, невидимую с Земли. В 1966 году «Луна-9» впервые совершила мягкую посадку и передала панораму лунной поверхности.

Но огромные финансовые вливания в американскую космическую программу сделали свое дело: считается, что к концу 60-х годов США обогнали СССР и в итоге победили в космической гонке. С 1970 по 1976 год СССР доставил на Луну два дистанционно управляемых «Лунохода» и осуществил три возврата лунных образцов на Землю станциями «Луна-16,20,24». Американцы ответили шестью экспедициями «Аполлон», в ходе которых на Луне с 1969 по 1972 год побывало 12 астронавтов. Однако стоит сделать одну существенную оговорку.

«Американцы привезли с Луны 380 килограммов грунта, а советские станции доставили всего 324 грамма. Зато американцы не смогли сохранить свои образцы в герметичности, а советские исследователи смогли. В результате именно советские образцы привели к эпохальному открытию: обнаружению на

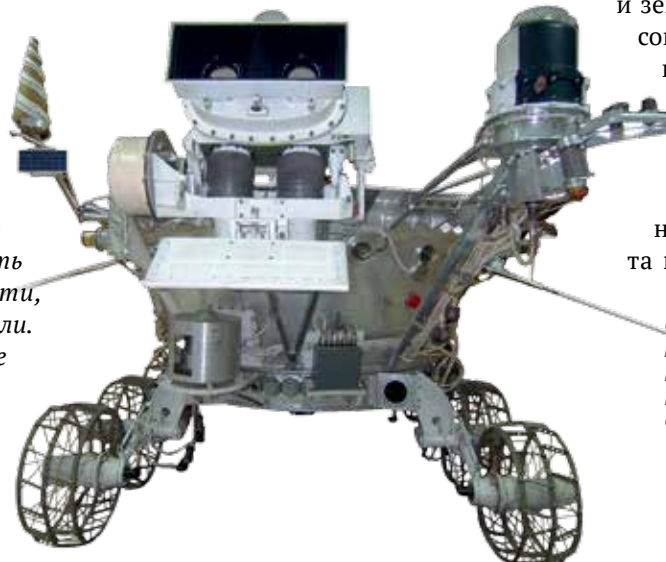
Луне воды. Если посмотреть на результаты советской и американской лунных программ с высоты прошедшего полувека, то станет понятным, что именно советская программа, уступая в сенсационности, была более эффективна и перспективна. Пилотируемые полеты слишком дороги и рискованны, поэтому мировая планетология ныне идет по советскому пути создания дистанционно управляемых роверов и возвращаемых на Землю образцов. Чрезвычайно досадно, что лунная советская программа была надолго свернута и только сейчас с трудом восстанавливается», — рассказывает ведущий аналитик компании «Science Systems and Applications» Николай Горькавый.

В вопросе происхождения Луны соревнование между советской и американской моделями развернулось с 70-х годов. Согласно модели, развиваемой группой Шмидта–Сафронова в Институте физики Земли, Луна возникла из аккреционного диска, который вырос вокруг Земли из-за притока астероидов с гелиоцентрических орбит. Согласно модели Хартмана–Дэвиса, основанной на первых результатах анализа лунного грунта, Луна образовалась в результате мегаимпакта — мощнейшего удара планеты Теи о Землю. Материал Теи и сорванной ею земной мантии вышел на орбиту Земли и собрался в Луну.

МУЛЬТИ- ВМЕСТО МЕГА-

«В 2007 году я опубликовал новую модель образования Луны, которая была синтезом аккреционной теории и модели мегаимпакта. Согласно новой модели, Луна выросла из аккреционного диска, масса которого многократно увеличилась за счет переноса вещества из мантии Земли. Этот перенос похож на тот, который использует теория мегаимпакта, но идет не одним мегаударом, а множеством гораздо менее катастрофических событий. Аналогичный механизм отвечает и за образование спутников астероидов», — вспоминает Николай Горькавый.

Вскоре было показано, что изотопный состав кислорода из лунных образцов и земной коры практически совпадает. А по теории мегаимпакта Луна состоит в основном из пород Теи, у которой был свой изотопный состав. Однако сторонники теории мегаимпакта продолжали отстаивать



Советский «Луноход-3» — полностью готовый экземпляр, так и не доставленный на Луну. Музей НПО им. С. А. Лавочкина. Фото: Д. Войнаровский



Астронавт-геолог Харрисон Шмитт исследует скалу на Луне 13 декабря 1972 года. Справа – лунный автомобиль экспедиции «Аполлон-17». Фото: NASA/«Аполлон-17»/Юджин Сернан

свою позицию, пока это окончательно не потеряет связь со здравым смыслом.

В январе 2017 года израильские ученые сумели опубликовать в Nature-Geoscience статью о мультиимпактном образовании Луны. Об этой работе зашумела мировая пресса, и теория мегаимпакта наконец перестала быть научным мейнстримом. Теория образования Луны стронулась с мертвой точки.

РОССИЙСКАЯ ЛУННАЯ ПРОГРАММА

Сегодня фактически начинается новый виток лунной гонки, к ней подключились развивающиеся страны — Индия и Китай. Более того, Китай заявил о планах создания на Луне постоянного поселения. Это заставило США и Россию расконсервировать свои лунные программы.

Двумя ключевыми событиями в отечественной лунной программе должны стать высадка российских космонавтов на поверхность Луны в 2030 году и начало регулярных полетов на Луну с 2032 года.

«Первый этап приходится на 2020-е годы. В этот период мы планируем отработать ряд критических технологий, обновить и дополнить информацию о поверхности Луны. Для решения этих задач туда будут доставлены автоматические аппараты «Луна 25–28» и последующие робототехнические комплексы. На этом этапе предполагается отработка пилотируемых транспортных кораблей, а также систем лунных аппаратов на низкой околоземной орбите, в том числе на МКС», — комментирует научный сотрудник Центра пилотируемых программ ЦНИИмаш Мария Данилова.

Второй этап начнется по готовности средств доставки экипажей на поверхность Луны — предположительно, с 2030 года. На начальной стадии этого этапа планируются краткосрочные экспе-

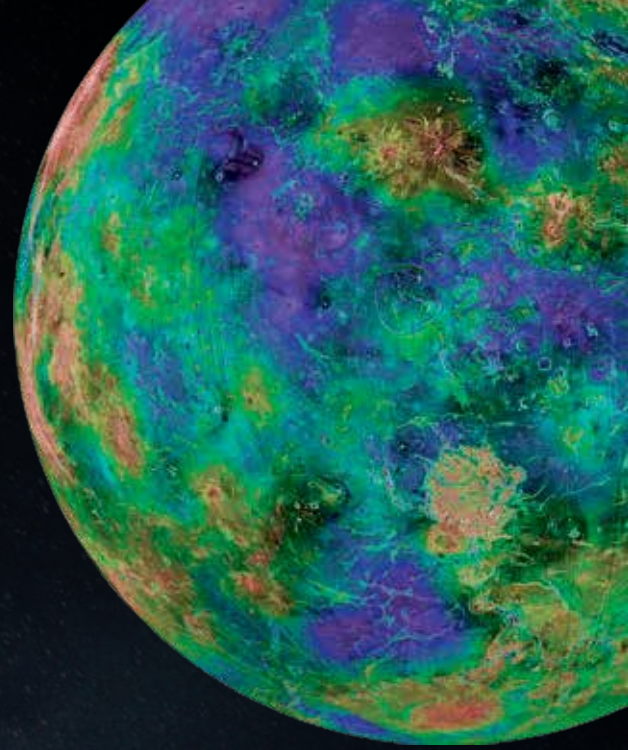
диции на поверхность спутника Земли продолжительностью в 1–2 недели с численностью экипажа до четырех человек. Им будет нужно проверить работу транспортных систем, систем жизнеобеспечения и робототехники.

С 2032 года предполагается перейти к более продолжительным экспедициям длительностью до тридцати суток. К этому моменту должны быть разработаны универсальный модуль лунной базы и средства передвижения по поверхности. По результатам второго этапа должны быть определены оптимальные места для размещения будущей лунной базы и уточнены требования к ее характеристикам.

Третий этап ориентировочно начнется в 2035–36 годы. Основная задача — начало полномасштабного освоения Луны. Длительность экспедиций будет достигать уже двух месяцев. В это время стартует строительство крупногабаритных сооружений с использованием местных ресурсов, оснащение научных и промышленных установок аппаратурой и оборудованием, формирование инфраструктуры, обеспечивающей жизнедеятельность и производственные возможности.

«Российская программа освоения Луны потребует привлечения значительных финансовых и производственных ресурсов. Она должна максимально использовать возможности международного партнерства. Интерес представляет кооперация с ESA, JAXA и другими агентствами, целью которых являются полеты на поверхность Луны. Одним из возможных вариантов такого сотрудничества является участие в совместном проекте ESA, JAXA и CSA «HERACLES» по созданию и отработке автоматического лунного взлетно-посадочного комплекса, лунохода и робототехнических средств. Задачи этого проекта во многом совпадают с задачами первого этапа российской лунной программы», — продолжает Мария Данилова.

NASA пока в меньшей степени проявляет интерес к операциям на поверхности Луны и планирует создание окололунной орбитальной платформы Gateway, основной задачей которой должна стать подготовка к продолжительным пилотируемым миссиям в дальнем космосе. **ЭН**



Вид Венеры
с центром в 0°
восточной
долготы

Миссия «Венера-Д», как и многие исследовательские космические проекты России, уходит корнями в прошлое. После успешных посадок на Венеру в 80-х годах станций, проживших на поверхности до двух часов, появилась идея долгоживущей станции, но на время она была забыта из-за работы над проектом ВЕГА. В 2003 году миссия «Венера-Д» была предложена для включения в Федеральную космическую программу России Василием Ивановичем Морозом — одним из основателей советской планетологии. Однако по ряду причин миссия не была реализована. В 2013 году была создана Объединенная научная рабочая группа ИКИ/Роскосмос–НАСА по проекту «Венера-Д». Целями группы были детальное изучение этого проекта, сопоставление научных задач с дорожной картой изучения Венеры НАСА и выявление областей для потенциального вклада НАСА. Что же представляет из себя современная реинкарнация миссии «Венера-Д»?

«Венера-Д»: первая долгоживущая миссия к Венере

✍ Вячеслав Мещеринов

ПОЧЕМУ ВЕНЕРА?

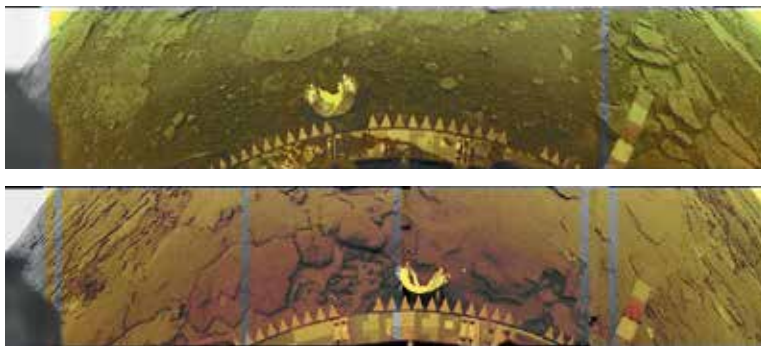
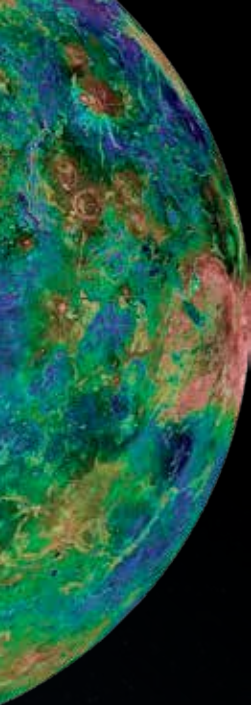
Венера — планета-близнец Земли. Близкие радиус и масса, разумно ожидать увидеть тот же состав поверхности. При образовании обе планеты получили одинаковый состав протопланетного материала. Но с какого-то этапа своего развития они пошли разными эволюционными путями, и в результате мы имеем две планеты с поразительно непохожим климатом: комфортные условия на Земле и «адские» — на Венере.

Каким-то образом Венера лишилась воды. Современное соотношение дейтерия и водорода на Венере в 150 раз выше, чем на Земле. Значит, легкий изотоп первого элемента периодической таблицы исчез с поверхности и из атмосферы в ходе какого-то процесса. Стало быть, ушла обычная вода. Этот наблюдательный факт — главный аргумент в пользу того, что когда-то на Венере были обширные океаны или океан. Но как именно Венера лишилась

воды — до сих пор не существует окончательного ответа.

«Поскольку на Венере почти нет воды, там не действует водная эрозия. К тому же там нет и выветривания. Рельеф и геология на этой планете связаны с деятельностью вулканизма и тектоники. Поэтому рельеф на Венере стабилен долгое время. В период от 1 миллиарда до 500 миллионов лет назад там происходили мощные вулканические извержения. Потoki лавы накрывали обширные поверхности. Какую-то часть их ломало тектоническими силами. Однако тектоника венерианской поверхности такова, что есть предположение о единой целостной литосферной плите, в отличие от нескольких литосферных плит на Земле», — рассказывает член рабочей группы по проекту «Венера-Д», заведующий лабораторией сравнительной планетологии ГЕОХИ РАН Михаил Иванов.

На заре той геологической истории Венеры, которую можно отследить сегодня, уже



Снимок поверхности посадочным аппаратом «Венеры-14».
Источник: <http://mentallandscape.com/jpg>

существовали обширные высокогорные плато высотой примерно 1–2 км. В некоторых местах они поднимаются до 6 км, есть на Венере и горная цепь, подобная земным, — плато Лакшми. Вокруг этого плато находится оторочка из высоких гор — до 11 км. В основном же Венера — достаточно плоская планета. Поэтому не залитыми лавовыми потоками остались лишь гористые участки поверхности, и именно они могут хранить историю об эволюции.

Венера очень важна для человечества в связи с процессом глобального потепления на Земле, поскольку это естественная лаборатория для изучения парникового эффекта. Температура на поверхности — 460°C, давление — почти 100 атмосфер, причем на 96,5% атмосфера состоит из CO₂ — одного из парниковых газов. Изучение Венеры важно и для понимания устройства экзопланет, так как открываемые «землеподобные» экзопланеты похожи скорее на Венеру, чем на Землю. Атмосфера Венеры совершает полный оборот очень быстро — всего за 4 дня. При этом сама планета медленно вращается вокруг своей оси: один год на Венере длится 224 земных дня, а солнечные сутки составляют 117 земных суток. Получается, что период обращения атмосферы в 60 раз быстрее периода обращения планеты. Это явление называется суперротацией.

И не стоит забывать, что именно за Венерой закрепилось название «русской» планеты. Советские аппараты совершили 10 посадок на ее поверхность — при том, что в то время она не была картирована, а ведь рельеф планеты

очень сложный. Больше же ни одна страна не посадила свой аппарат на поверхность Венеры.

СУДЬБА ПРОЕКТА

«Индекс “Д” в названии миссии “Венера-Д” означает “долгоживущая”. Но когда мы начали работать над этим проектом, быстро стало понятно, что высокотемпературной элек-

троники, которая сможет действительно долго проработать на поверхности Венеры, у нас нет. Поэтому основным элементом миссии решено было сделать посадочный аппарат типа “Венера-ВЕГА”, который изготавливался НПО им. Лавочкина. Стоит отметить, что в НАСА не запускали исследовательские миссии к Венере с начала 1990-х. Оказалось, что научные задачи проекта “Венера-Д” согласуются с дорожной картой исследования Венеры, прорабатываемой НАСА. Американское агентство предлагает дополнить проект своими аппаратами и научными приборами. Миссия получается очень сложной и дорогостоящей, но когда она осуществляется совместно двумя агентствами, это удешевляет ее для каждой из сторон», — говорит сопредседатель рабочей группы по миссии «Венера-Д» с Российской стороны, заведующий лабораторией спектроскопии планетных атмосфер ИКИ РАН Людмила Засова.

В 2013 году была создана объединенная рабочая группа Роскосмос/ИКИ-НАСА по проекту «Венера-Д». С тех пор идет совместная работа по проработке миссии. К сожалению, после 2014 года проект «Венера-Д» был исключен из Федеральной космической программы России. Он был фактически закрыт. Но в 2015 году работа над проектом возобновилась, и в августе 2018 года в Москве прошла уже восьмая встреча рабочей группы.

На сегодня в состав проекта входят орбитальный и посадочный аппараты (Роскосмос), последний проживет на поверхности около двух-трех часов. Также на поверхность Венеры →

СПРАВКА

В 1950–60-х годах, изображая поверхность Венеры, художники рисовали джунгли. Толщина облачного слоя в атмосфере этой планеты — 20 км, он простирается по высоте от 50 до 70 км, поэтому в видимой области спектра невозможно разглядеть, что же скрывается под облаками. В связи с этим до начала космических исследований этой планеты было много экзотических гипотез о том, что же находится на поверхности Венеры. Например, когда ученые узнали, что CO₂ — основной компонент атмосферы, стали считать, что там могут быть озера нефти.

будет спущена долгоживущая станция (НАСА) — она проработает на поверхности не менее 60 суток благодаря высокотемпературной электронике, которая сможет работать при 500°C. Предполагается включить еще 1–4 долгоживущих станции, некоторые из которых проработают на поверхности до 120 дней (НАСА). Возможно также включение аэростатного зонда с контролируемой высотой плавания.

В планы ученых входит создание воздушной платформы для более точного исследования атмосферы Венеры. Речь идет либо об атмосферном баллоне с переменной высотой, либо о большом баллоне размером до 7 метров. Также прорабатывалась концепция надувного «самолета» на солнечных батареях с размахом крыльев до 30 м, способного свободно перемещаться в облачном слое.

Предполагаемый запуск межпланетной космической станции намечен на интервал с 2026 по 2031 год. В это время будет четыре подходящих момента для запуска станции: в 2026, 2028, 2029 и 2031 годах, когда в пути от Земли до Венеры придется преодолеть наименьшее расстояние, что связано с относительным движением двух планет.

НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ

«Венера — планета загадок. Это определение очень подходит для нее. Суперротация; загадочный “неизвестный” ультрафиолетовый поглотитель, ответственный за темные полосы в атмосфере планеты, которые видны в УФ-диапазоне. У планеты отсутствует собственное магнитное поле. Воды на Венере на пять порядков меньше, чем на Земле, хотя при образовании они получили близкое количество воды. В первый миллиард лет после формирования планет Солнце было менее ярким, Венера тогда находилась в обитаемой зоне, и на ней мог быть океан. Она могла быть первой планетой в Солнечной системе, на которой возникла жизнь, поскольку на Земле тогда было еще слишком холодно. Примерно 500–700 млн лет назад на Венере был период гигантских вулканических извержений, и 80% поверхности было залито лавой. Поэтому интересно исследовать области поверхности, где можно обнаружить выход древнего материала — вероятнее всего, это горные районы, так называемые тессеры», — продолжает Людмила Засова.

Впрочем, ученые признают, что в настоящее время наличие жизни на поверхности Венеры маловероятно. Но признаки жизни есть шанс обнаружить в облачном слое, поскольку на высоте 50 км — в нижнем облачном слое — примерно земные условия. Там есть вода, так как облака состоят из капелек серной кислоты, в которых содержится около 20% воды. На Земле известен целый ряд бактерий, способных жить в концентрированном растворе кислоты. И аппаратуру для обнаружения признаков жизни в рамках миссии «Венера-Д» планируется установить на спускаемом модуле.



Возможный облик орбитального аппарата миссии «Венера-Д»

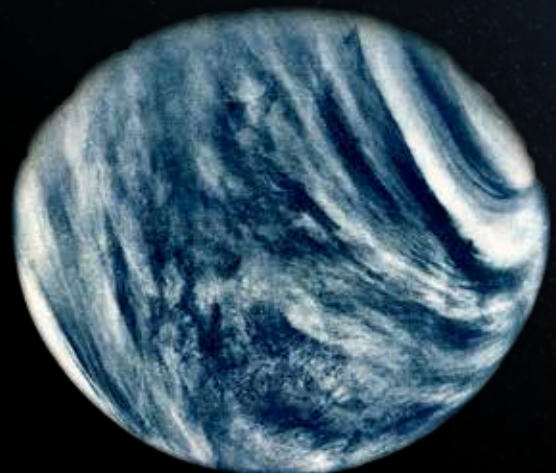
Основными же задачами миссии «Венера-Д», согласно публикуемым отчетам, являются объяснение причин суперротации атмосферы, изучение и отождествление ультрафиолетового поглотителя и описание эволюции атмосферы.

МЕСТО ПОСАДКИ

«При выборе места посадки в первую очередь нужно соблюсти условия безопасности, чтобы посадочный аппарат не разбился. Второе: нужно выбрать место, которое будет наиболее представительным для изучения поверхности Венеры, поскольку мы имеем одну точку опробования на долгие годы. В-третьих, поскольку мы собираемся мерить состав пород на поверхности, мы должны попасть в такую местность, которая не будет сложена из разных типов пород. Иначе интерпретировать состав поверхности будет очень сложно», — рассказывает Михаил Иванов.

Среди подходящих типов местности есть обширные пологие лавовые поля, которые покрывают примерно 35–40% поверхности планеты и формировались примерно одинаковым способом. Источником материала для излияния лавы может быть верхняя мантия Венеры. В таком случае эти равнины представляют собой пробу верхней мантии, состав которой очень важно знать для понимания устройства недр планеты.

Другой тип местности — это покровы мелкозернистого материала, выброшенного из ударных кратеров. При попадании метеорита в поверхность Венеры он выбрасывает в атмосферу очень большое количество вещества поверхности. Значит, это вещество выбросов представляет собой



Полученная аппаратом Mariner 10 фотография Венеры

Фотографии поверхности Венеры.
Источник: <http://mentallandscape.com>



хорошую пробу верхней коры планеты. Таким образом, перед учеными стоит выбор между двумя типами материала для исследования.

НА БОРТУ

На орбитальном модуле и на воздушной платформе будут установлены приборы для исследования облачного ультрафиолетового поглотителя, над загадкой которого ученые бьются уже почти полвека. Ультрафиолетовая камера и ультрафиолетовый спектрометр, установленные на орбитальном модуле, и анализатор частиц на воздушной платформе, спускаемой в облачный слой, должны будут пролить свет на природу этого вещества. Ученые возлагают на это загадочное вещество ответственность за еще одну венерианскую особенность — суперротацию атмосферы. Оно поглощает 50% солнечной энергии в очень узком диапазоне высот верхнего облачного слоя — около 10 км.

«Будут установлены и совершенно новые приборы, благодаря которым мы рассчитываем получить стерео-панорамную съемку места посадки во время спуска и микросъемку места забора грунта, который будет изучен приборами внутри гермоотсека», — комментирует член рабочей группы по проекту «Венера-Д», старший научный сотрудник лаборатории спектроскопии планетных атмосфер ИКИ РАН Николай Игнатьев.

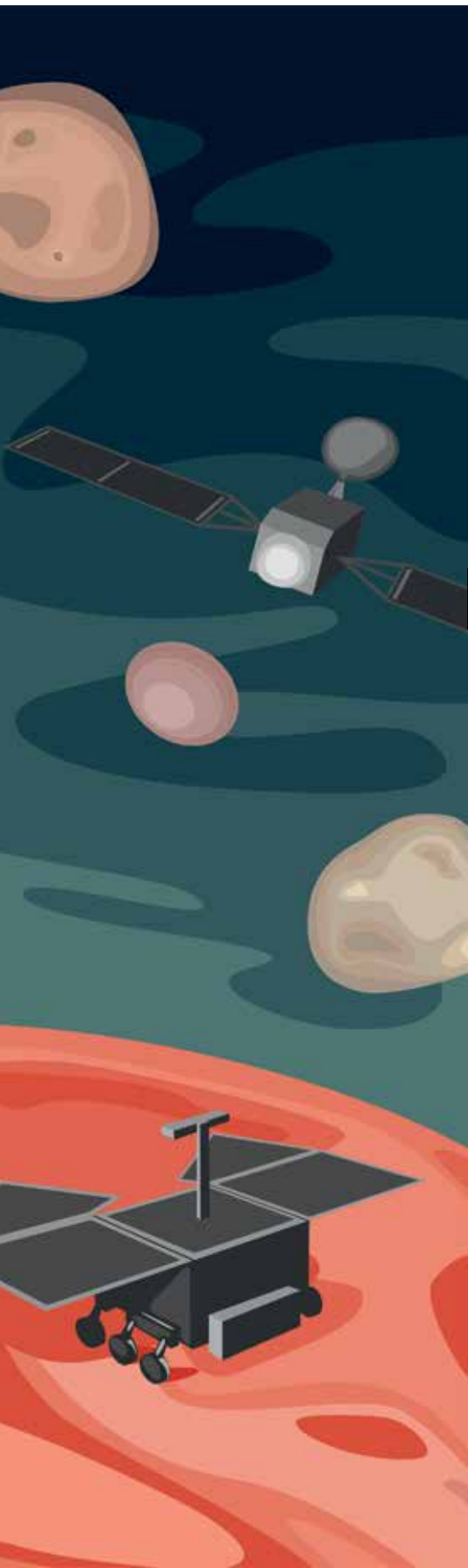
Долгоживущие малые станции, которые планируется посадить на поверхность планеты, смогут в течение двух месяцев наблюдать за метеорологией в местах посадки: измерять скорость ветра, плотность и состав атмосферы. Это очень важная часть миссии, потому что состав нижней атмосферы Венеры — слоя толщиной примерно 10 км над поверхностью — практически неизвестен. Скорости ветров, дующих в приповерхностных областях, важны в метеорологическом отношении, так как дадут представление об активности ветрового переноса, о перераспределении материала поверхности ветром и о процессах обмена моментом между атмосферой и поверхностью — ключевом вопросе для понимания суперротации. Возможно, на малые станции будут установлены сейсмометры.

Сейсмозондирование — это единственный способ исследовать структуру планетных недр. В случае сейсмического события ударная волна распространяется с разными скоростями в разных типах вещества, отражается на границах внутренних структур и в результате показывает строение планетных недр. Но для качественного понимания структуры внутреннего строения при помощи сейсмометра нужно много ударных событий. И хотя Венера — довольно сейсмически активная планета, вероятность того, что за отведенные два месяца случится достаточное число сейсмических событий, не очень велика.

Другая важная задача, которая стоит перед исследователями Венеры, — создание верифицированной модели глобальной циркуляции атмосферы, что позволит понять природу суперротации атмосферы на этой планете. Николай Игнатьев уточняет: *«Для моделей общей циркуляции атмосферы нужны скорости нагрева и охлаждения в атмосфере, то есть нужен суммарный поток излучения. При спуске в атмосферу радиометр сможет измерить поток солнечного излучения или теплового излучения планеты. Необходимы и измерения профиля температуры, который предполагается промерять на дневной и ночной сторонах на высотах от 5 до 100 км, используя также температуру вблизи поверхности, которая будет измеряться долгоживущей станцией. Пока же моделям не хватает наблюдательных данных и понимания механизмов, которые в эти модели должны быть заложены».*

Отдельным вопросом для ученых является эволюция атмосферы Венеры. Для ее изучения потребуются измерения благородных газов и их изотопов. Для этого на орбитальном модуле будет установлен затменный спектрометр, который позволит наблюдать атмосферу планеты на просвет — на Солнце или на звезды. С помощью этого прибора можно будет также измерять поглощение и уточнять отношение содержания «тяжелой» и «легкой» воды на Венере. Измерения же ключевых для эволюции и происхождения атмосферы изотопных соотношений будут производиться на посадочном аппарате.

«“Венера-Д” благодаря составу элементов миссии, а также планируемым научным экспериментам является прорывным проектом в изучении Венеры. Сложные современные приборы требуют достаточно длительного времени и значительных средств для разработки и тестирования. Поэтому необходимо начинать финансирование разработки научной аппаратуры как можно скорее», — заключает Людмила Засова. ■



В «космической гонке» университетов Физтех, безусловно, играет в высшей лиге. Еще одно доказательство этому — первый разработанный российским вузом научный прибор, который должен достигнуть поверхности другой планеты. Многоканальный марсианский диодно-лазерный спектрометр, или М-ДЛС, как он значится в технической документации, отправится к Красной планете в составе комплекса научной аппаратуры посадочной платформы «ЭкзоМарс» в 2020 году.

Мы будем исследовать Марс

✍ Александр Родин

Эта история началась почти десять лет назад, когда Физтех стал участником программы развития Национальных исследовательских университетов, позволившей закупить собственное оборудование и создать в кампусе научные лаборатории мирового уровня. Следующий шаг был сделан в 2011 году, когда по результатам конкурса Минобрнауки РФ совместными усилиями с ИКИ РАН на Физтехе была создана лаборатория инфракрасной спектроскопии планетных атмосфер высокого разрешения. Тогда ее руководителем стал Владимир Краснополяский — один из самых цитируемых в мире планетологов. В 2016 году в результате реорганизации она получила современное название — лаборатория прикладной инфракрасной спектроскопии (сокращенно ПИКС), — а ее заведующим был назначен Александр Родин.

С самого начала лаборатория работала над улучшением спектроскопических методов анализа атмосфер планет с предельно высоким спектральным разрешением. Правда, на

момент ее создания повысить разрешение «классическими» оптическими методами было уже практически невозможно, и специалисты обратились к новым методам лазерной спектроскопии. Если кратко, в ходе подобных исследований среда облучается монохроматическим (проще говоря, одноцветным) лазерным излучением, частота которого специальным образом перестраивается вблизи представляющего интерес квантового перехода. Такая подстройка позволяет заметить самые тонкие особенности спектра излучения и определить не только молекулярный, но и изотопный состав вещества, а также его температуру, давление и даже скорость потока.

Разработанный и впервые в мире реализованный в лаборатории ПИКС метод гетеродинной лазерной спектроскопии сверхвысокого разрешения позволяет измерять характеристики среды не только в экспериментальной кювете прибора, но и дистанционно — например, по спектру прошедшего сквозь атмосферу излучения Солнца.

Таким образом можно, например, исследовать механизмы глобальных изменений климата и контролировать выбросы парниковых газов, проверяя данные спутникового мониторинга. Конкуренция в этой области очень жесткая, и ближайшие соперники Физтеха из Центра космического полета НАСА имени Годдарда, с которыми наши сотрудники встречаются на конференциях, не скрывают своего интереса к результатам, полученным в Долгопрудном. Именно междисциплинарный характер исследований и разработок, которые ведет лаборатория, а также полученные ею результаты мирового уровня убедили руководство проекта «ЭкзоМарс» в научной значимости, а главное — в возможности реализации эксперимента по исследованию атмосферы Красной планеты при помощи лазерного спектрометра.

«ЭкзоМарс» — первый крупный проект по исследованию дальнего космоса, который реализуется в нашей стране совместно с Европейским космическим агентством. Это сотрудничество опирается на давние научные связи, сложившиеся еще в советскую эпоху. Сейчас это может вызывать удивление, но в пору холодной войны участие иностранных специалистов в разработке научных приборов, отправлявшихся к другим планетам на борту советских межпланетных станций, было обычной практикой. В дальнейшем успешный опыт сотрудничества с ЕКА позволил нашей стране продолжить исследования дальнего космоса в тяжелые времена после развала СССР. Несмотря на неудачи с проектами «Марс-96» и «Фобос-Грунт», разработанные российскими специалистами приборы успешно отработали на межпланетных аппаратах ЕКА «Марс-экспресс» и «Венера-экспресс», аппаратах НАСА «Марс Одиссей» и MRO, марсоходах «Spirit», «Opportunity» и «Curiosity». Поэтому равноправное партнерство Роскосмоса и ЕКА в миссии «ЭкзоМарс», начало которой было положено в 2016 году запуском к Марсу орбитального аппарата TGO с российским комплексом инфракрасных спектро-



Стажер из Японии Косуки Таками, ведущий по эксперименту М-ДЛС Сергей Зеневич и заведующий лабораторией ПИКС Александр Родин с прототипом лазерного гетеродинного спектрометра на крыше КПМ МФТИ

метров ACS на борту, стало вполне закономерным продолжением этого сотрудничества.

Следующим этапом миссии будет запуск европейского марсохода «Пастер», который доставит на поверхность планеты российская посадочная платформа. Именно в составе комплекса научной аппаратуры этой платформы, которая после высадки марсохода продолжит автономное существование в качестве исследовательского зонда, будет работать задуманный на Физтехе спектрометр «М-ДЛС». Прибор разрабатывается в кооперации с ИКИ РАН, который изготавливает прибор «в железе» и стыкует его с посадочной платформой в НПО имени А. С. Лавочкина. Физтех разрабатывает самую ответственную часть, по сути, мозг прибора — управляющую электронику и программное обеспечение, в котором «зашифрована» вся физика эксперимента. Кроме того, Физтех поставил в ИКИ ключевые элементы специализированного рабочего места, где после тщательного контроля и сертификации будет проходить финальная сборка аппаратуры перед отправкой на Марс.

В научные задачи эксперимента входит высокоточное измерение изотопного состава углекислого газа — основной составляющей марсианской атмосферы — и паров воды, которые в силу низких температур присутствуют там в следовых количествах, однако все-таки сказываются на марсианской погоде. Изотоп-

ные методы считаются в геохимии самыми точными и достоверными, они помогают восстановить историю формирования планеты и ее климатической системы в геологическом прошлом. В то же время для успешного применения этих методов измерения должны осуществляться с беспрецедентной точностью, и именно поэтому было принято решение о включении в состав миссии лазерного спектрометра, не имеющего конкурентов по чувствительности. И, несмотря на то, что в силу ограничений по массе от наиболее интригующей задачи в современных исследованиях Марса — детектирования метана — было решено отказаться, авторы эксперимента уверены, что он сделает весомый вклад в достижение главной цели миссии «ЭкзоМарс» — выяснение условий существования примитивных форм жизни на Красной планете.

Бортовой прибор на межпланетном аппарате в составе международного исследовательского проекта — это не только амбициозная научная и инженерная задача, но и отличная реклама возможностей Физтеха. Разработчики прибора уверены, что вслед за известностью в международных научных кругах они приобретут устойчивые деловые связи в высокотехнологичной промышленности, где задачи прецизионного химического и изотопного анализа пока решаются за счет зарубежных технологий. ■

Космический Физтех

Какие эксперименты Физтех готовит для МКС? Каким должно стать образование, чтобы быть актуальным для отрасли? Что важнее освоения космоса? Чтобы ответить на эти и другие вопросы, редакция журнала «За науку» встретила за круглым столом с людьми, которые сейчас являются частью космического настоящего Физтеха.

— Одна из причин создания Физтеха — отвечать на вызовы времени. Как развивалось партнерство МФТИ с космической и аэродинамической отраслями нашей страны?

Сергей Негодяев: В 1978 году, когда я мечтал поступить на Физтех, была эра максимального развития космических успехов нашей страны. Все прекрасно помнили Гагарина и Королёва, интенсивно развивались программы «Союз–Аполлон» и «Буран». Поскольку решались очень сложные технические задачи, требовался сплав фундаментального и прикладного образования для создания современной техники. Физтех этим задачам удовлетворял.

Базовыми кафедрами, которые сотрудничали с МФТИ и факультетом аэрофизики и космических исследований, до сих пор являются главнейшие предприятия космической отрасли России: Центр им. Келдыша, который раньше назывался Институтом тепловых проблем, РКК «Энергия», ЦНИИмаш, предприятие «Комета».

Все мальчишки, которые мечтали стать космонавтами, поступали на наш факультет, чтобы получить фундаментальное образование в МФТИ. Мы считаем, что, несмотря на все флуктуации общественного сознания, экономики, потребность в кадрах высшей квалификации, связанных с работой в области космоса, сохраняется. Несколько лет назад мы начали инициативно заниматься космическими исследованиями прямо в кампусе МФТИ, и то, что начинали

как инициативу, превратилось в несколько лабораторий, которые имеют постоянный приток заказов от космической отрасли для решения научных, прикладных и фундаментальных вопросов. Например, Юрий Борисов работает в лаборатории ЭЛФОКС над созданием оптического прибора для гиперспектральных методов дистанционного зондирования Земли, а Иван Завьялов руководил экспериментально-теоретическим обоснованием вопросов теплового охлаждения в одном из крупнейших амбициозных проектов космической направленности по заказу Центра им. Келдыша.

Иван Завьялов: Это очень крупный проект, который идет до сих пор, по созданию ядерной энергодвигательной установки на орбите. Цель — создать космический корабль, в котором энергия будет получаться не от солнечных батарей, а от ядерного реактора. По идее, он будет гораздо более долговечным, потому что солнечные батареи со временем выходят из строя, и в нем будет намного больше энергии — 2 мВт мощности. Сейчас мощность на космическом корабле может быть 10, 15, 30 кВт.

Такая энергетическая система сразу ставит задачу, куда это тепло девать после совершения полезной работы. Все в технической термодинамике работает с конечным КПД, и оценки по массам сразу показывают, что у корабля с ЯЭДУ полумегаваттного класса половина массы — панели тепловых излучателей.

У наших заказчиков появилась идея отказаться от панелей совсем. Берем теплоноситель, как из душа, выплескиваем его наружу, он летит

капельками в открытом космосе и в конце полета собирается снова в охладительный тракт. Лететь должен далеко — примерно 20 м — и медленно, чтобы охладиться за счет излучения как можно сильнее. Но возникает проблема. В открытом космосе все капельки заряжаются электрически под действием излучения разной природы и начинают разлетаться, поэтому капельный поток будет расширяться. Я руководил проектом по созданию программного комплекса, который обсчитывает до 108 частиц с попарным дальним взаимодействием, и сделал лабораторный эксперимент по моделированию движения заряженных капельных потоков на Земле: проверил программу в сравнении с численным моделированием и предложил методы борьбы с этим разлетом. Выяснили: можно бороться с разлетом частиц, можно определить, как полетит капельный поток. Сейчас в Центре Келдыша делается уже крупный стенд в натуральную величину — 20-метровая установка, где под вакуумом должны будут исследовать эту ситуацию по-настоящему.

Сергей Негодяев: Это один из выдающихся примеров приложения физтеховского образования для решения практически важной задачи для России в целом. Думаю, что для будущего человечества, освоения космоса — тем более.

Еще одна задача, над которой работает молодой научный коллектив в МФТИ, — разработка систем математического моделирования поведения в космосе сложноорганизованных систем. На орбите вокруг Земли уже существует огромное



*Сергей Негодяев,
директор
Физтех-школы
аэрокосмических
технологий МФТИ*



*Герман Щелик,
зам. директора
ФАКТ МФТИ*



*Иван Завьялов,
научный сотрудник
лаборатории
перспективных систем
управления*



*Наталья Завьялова,
зав. лабораторией
моделирования
механических систем
и процессов*



*Юрий Борисов,
научный сотрудник
лаборатории
моделирования
механических систем
и процессов*

облако из созданных человечеством космических объектов: спутников, аппаратов различного назначения. Они снуют на разных орбитах. Кто-то делал оценки, что среднее расстояние между этими космическими объектами — 100 км. Чтобы не упасть на Землю, все они должны летать с первой космической скоростью — 8 км/с, 10–15 секунд достаточно, чтобы один объект догнал другой, если не контролировать их движение.

Существует целая хорошо финансируемая российская программа обеспечения защиты дорогих космических аппаратов и МКС от нежелательных сближений и столкновений. Но в связи с возросшим количеством аппаратов и космического мусора здесь требуется уже новая математика, новые алгоритмы контроля и реагирования. У нас есть лаборатория, которая приступила к решению этой задачи. Пока «космическими» успехами похвастаться нельзя, мы отрабатываем необходимые для космоса алгоритмы управления и реагирования на беспилотных летательных аппаратах воздушного типа, таких как, например, всем давно знакомые дроны, квадрокоптеры. Это моделирование позволит все выявленные закономерности и правила управления сложными системами в будущем перенести в космос.

Также мы участвуем в одном из важнейших космических экспериментов — отработке оптико-электронной аппаратуры наблюдения Земли с помощью гиперспектральных оптических систем.

Юрий Борисов: Сегодня Физтех является одним из немногих вузов, которые активно участвуют в на-

учно-прикладных работах на МКС. Разрабатываемая гиперспектральная оптическая система, о которой упомянул Сергей Серафимович, предназначена для мониторинга состояния подстилающей поверхности Земли. Такая система обеспечивает получение высококачественных изображений поверхности Земли в более чем ста спектральных каналах видимого и ближнего инфракрасного диапазона одновременно. При этом решается целый комплекс задач: от создания аппаратуры, управляемой космонавтом МКС, до разработки интеллектуальных методов идентификации состояния наземных объектов по их спектральным образам. Такая космическая система для нашей страны с ее величественной территорией крайне важна и эффективна, потому что позволяет оперативно контролировать состояние обширных территорий, например, бескрайних лесных угодий, определяя пространственную и временную эволюцию лесов, текущее состояние лесов, почвы, стадию вегетации сельскохозяйственных культур. Физтех руководит кооперацией по созданию как самой аппаратурной части — инструмента, так и методов обработки и анализа данных и доведения их до потребителя. Это большая народно-хозяйственная задача, и решают ее совместно студенты, аспиранты, сотрудники и выпускники Физтеха.

Наталья Завьялова: Сейчас ФАКТ занимает ведущее место в МФТИ по объему выполняемых НИОКР, при этом в структуре доходов Школы объем внебюджетных, заказанных промышленностью работ намного превышает объем

грантовых субсидий. Началось все в 2008 году, когда небольшая группа сотрудников ФАКИ выполняла работы по созданию электронного носа. Коллектив был молодым, активным, и вскоре на него начали обращать внимание наши космические предприятия, заинтересованные в развитии на Физтехе современного приборостроения. В 2009 поступил крупный заказ от РКК «Энергия» на создание испытательного стенда для управляющих бортовых комплексов для разных типов КА. Постепенно объем заказных работ увеличивался, дополнительные направления работ появлялись. На сегодняшний день у нас работают разные коллективы, занимающиеся микроэлектроникой, космическими задачами, математическим моделированием, физикой плазмы, газовой динамикой, физикой Земли. В каком-то смысле 2018 год станет для ФАКТ значимым — в этом году мы впервые пробуем выйти на международный рынок для вхождения в коллаборации и выполнения научных работ мирового уровня.

— Сейчас уже идут изменения в программах ФАКТ. Вы будете двигаться к новым профессиям, новым компетенциям?

Герман Щелик: Я считаю, что образование прежде всего должно быть современным, отвечающим текущим запросам отрасли. Время идет, задачи, методы меняются. И наш образовательный процесс должен быть адаптирован к новым реалиям. Если раньше очень многое опиралось на физику и математику,

то в настоящее время принципиальной частью каждой программы становится информатика. Это вычислительные системы, методы математического моделирования, цифровое проектирование.



На многих наших кафедрах и в факультетском цикле, и в базовом появляются курсы, которые готовят специалистов к использованию современных вычислительных ресурсов и методов.

То, что сейчас популярно в других направлениях, прогрессирует и у нас. Новые подходы в программировании, применение нейросетей, машинного обучения, методов работы с большими данными — все это вводится в учебный процесс, в первую очередь, на уровне базовых кафедр.

Второй вектор — усиление важнейшей составляющей образования, инженерной. В этом году открывается программа по технической физике в иностранном бакалавриате — Aerospace engineering. Надеюсь, что осенью следующего года будет запущена русскоязычная программа по этому направлению. Сейчас она находится в разработке.

— Насколько будет гибкой система образования Физтеха, чтобы компетенции человека, поступившего сейчас, не устарели через шесть лет?

Сергей Негодяев: Хороший вопрос. Поведение космических тел описывается давно всем известными законами. Их должен знать любой человек, который связывает жизнь с космосом. В первую очередь, это законы небесной механики, термодинамики и даже биофизики. Нужно знать, как защищаться от радиации, потерь тепла, как сохранять воду, углерод. Чтобы эксплуатировать наши форпосты в космосе — предполагаемую базу на Луне, имеющуюся базу на МКС, — почти

все необходимые научно-исследовательские работы сделаны, созданы соответствующие технические средства и системы жизнеобеспечения, надо просто их поддерживать в актуальном состоянии. Система подготовки кадров для обслуживания космической деятельности существует в каждой космической державе. Для того, чтобы человек на МКС был здоровым, существует Федеральное медико-биологического агентство. Чтобы на борту были кислород и вода, есть соответствующие службы и предприятия при «Роскосмосе».

Надо ли что-то срочно менять в походах к созданию современной космической техники? Я бы побоялся на эту тему фантазировать, потому что экономически и научно все, что требуется для поддержания жизни на орбите, давно исследовано, нужно сохранить эти знания и достижения прошлых лет. В то же время при появлении принципиально новых задач наши кадры, наши выпускники должны быть готовы к их решению. Чтобы адекватно этим новым задачам обеспечивать качество нашего образования, важно понимать, что мы не должны замыкаться в собственной среде, которую мы называем Системой Физтеха, нужно взаимодействовать с другими системами. Из-за того, что мы по каким-то причинам будем долго оставаться в изолированном анклаве (дефицит финансирования, санкции и т.п.), мы можем пропустить что-то важное, что существует и быстро развивается в окружающем нас мире, где те же самые задачи могут решаться совсем по-другому.

Иван Завьялов: Действительно, в образовании есть много элементов, которые не меняются от древних греков и древних египтян. Эту фундаментальную часть образования трогать особого смысла нет. Из нее, может быть, надо иногда убирать некоторые элементы и другие добавлять, но в целом единственное, что там надо изменить, — использовать больше электронных ресурсов при образовании. Сейчас видеолек-

С фундаментальным образованием в твоей голове тебя никуда не возьмут, никому ты не нужен, потому что все реальные вещи делаются руками

ции намного лучше дают вклад в образование студентов, чем мел, доска и традиционный преподаватель.

Кроме изменения самого образования, надо менять менталитет тех, кто это образование получает. Помимо технологий, как давать знания, надо как-то заставить студентов эти знания брать. Если на лекцию студентов можно палками загонять, то на видеолекцию я не знаю, как их агитировать. Для взрослых людей, которые сами делают выбор, что им надо учиться, это, безусловно, лучше, но для вчерашних школьников, которые только-только отселились от родителей, вопрос не такой очевидный.

Вторая проблема: только с фундаментальным образованием в твоей голове тебя никуда не возьмут, никому ты не нужен, потому что все реальные вещи делаются руками при помощи приемов, инструментов, приборов, которые меняются, но, конечно, не раз в шесть лет. Меняются не столько сами методы, сколько задачи. Задачу второй раз решать не надо. Тут нужен опыт работы, и его нужно получать при написании магистерских и бакалаврских работ. Студент должен со своим научруком на переднем крае науки решать настоящую научно-техническую задачу. Однако очень часто на бакалаврские и магистерские дипломы студентам ставят задачу, которая на самом деле не стоит на переднем крае науки и не является важной. Решит ее студент, не решит — неважно. А это уже не то, что увлечет студента и сделает из него Исследователя с большой буквы.

— Вы говорите о задачах, которые могли бы перед нами поставить и поставят со временем. Можете назвать пару задач, которые сегодня стоят перед Физтехом, которые вы и ваши коллеги будете решать для человечества?

Сергей Негодяев: Мы большая страна с большим населением, которого достаточно, чтобы переживать различные катаклизмы экономического, политического и конъюнктурного характера.

Однако не везде мы как страна технологические основы для нашей независимости сумели в свое время заложить, и сейчас на эти вызовы суверенитету России в космической деятельности приходится парировать срочными действиями. Например, такой ресурс, как электронная компонентная база для бытовых и промышленных сложных систем: процессоры, память. Понимая, что нужно делать более дешевые и производительные микросхемы, мы понимаем и то, что пока зависимы в этом вопросе от поставок из-за рубежа. Микроэлектронная промышленность в принципе должна их выпускать по современным технологиям и начала выпускать, но для следующего технологического уровня в условиях санкций мы должны рассчитывать только на собственные силы, и мы проводим соответствующие НИОКРы в лабораториях МФТИ. Занять свою часть рынка России нужно будет, преодолевая могучее сопротивление не только в области экспорта стали и углеводородов, но и во всех других отраслях, особенно высокотехнологичных, наукоемких. Стра-

Наши зарубежные оппоненты не понимают, что монополия останавливает их развитие

ны, которые на этом делают бизнес, строят свое благосостояние, естественно, не заинтересованы в том, чтобы у России появились собственные современные технологии. Наши зарубежные оппоненты не понимают, что монополия останавливает их развитие. Не надо монополизировать — надо соревноваться. Я уверен, что виток санкций, которые в области высоких технологий на нас накладываются, приведет к тому, что мы обгоним высокотехнологичных архитекторов современного мира, которые думают, что они нас заставят отказаться от той или иной линии деятельности в области высоких технологий.

— Есть ли такая задача, которой сейчас не уделяют должного внимания, хотя она может быть важнее многих других?

Сергей Негодяев: Наука и образование — неисчерпаемый источник вдохновения. Чтобы это хотелось делать, надо учиться думать. Это только кажется, что люди рождаются умными: ими становятся, общаясь с другими умными людьми. Высокая концентрация на Физтехе талантливых преподавателей и студентов является очень важным компонентом нашего образования, одним из факторов лидерства МФТИ в подготовке научных работников для наукоемких отраслей страны.

Еще один важный тезис: не так много научных учреждений в России и мире занимается исследованием Земли как сложного физического объекта. Это кажется очень далеким от реальных потребностей людей, живущих сегодняшним днем: изменение климата, ледниковые эпохи... В масштабах человеческой цивилизации мы живем очень мало. Все, что мы знаем по исследованиям и геологическим ископаемым, — это 10–20 тыс. лет. 100 тыс. лет — неандертальцы и кроманьонцы. Это одна секунда в истории развития планеты. Но не

учитывать возможное влияние планеты Земля как физического объекта на нашу цивилизацию нельзя. Например, до сих пор не решена задача объяснения природы магнитного поля Земли. Я лично знаю три описания, откуда оно берется, но никто не может достоверно сказать, что одно из них верное. Частицы космического излучения убьют все живое на Земле, если исчезнет магнитное поле.

Планету Земля как объект изучения нужно сохранить в образовательном процессе нашего института, несмотря на временное ослабление интереса к этой тематике. Как это сделать, мы пока не знаем. Это вызов перед университетскими педагогами и учеными, и не только Физтеха.

Мы за симбиоз на Физтехе прикладных и фундаментальных наук, за сотрудничество и симбиоз российских учреждений с зарубежными. Задачи современной прикладной и фундаментальной науки сложны, численность населения растет, экологические катастрофы стучатся в дверь, времени настолько мало осталось, что пытаться их решить без объединения ресурсов разных стран невозможно. Тяжелые в экономическом смысле времена пройдут, а умные и образованные выпускники Физтеха останутся умными и инициативными в любой стране. Мы на них на всех очень рассчитываем. На тех, кто остался в России, и на тех, кто уехал в Англию, в Аргентину, в Америку, в Германию... Их там много.

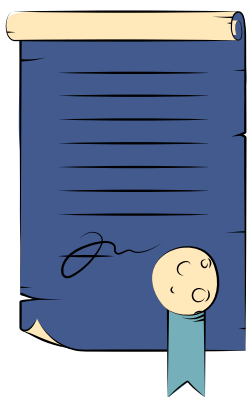
Надеемся, что школа отношения к жизни и к своему предназначению, заложенная в наших аудиториях, в общении с потрясающе умными людьми, позволяет им сейчас мыслить точно так же, как в жарких физтеховских дискуссиях, находясь в любой точке Земли. Если они прочитают это интервью, хотелось бы им передать привет — мы все еще здесь и такие же, как и 20, и 30, и 70 лет назад:

Per aspera ad astra! **зн**

✍ Елена Хавина



4 октября 1957 года был запущен первый искусственный спутник Земли. 12 апреля 1961 первый полет человека в космос совершил Юрий Гагарин. Так началась новая эпоха в истории человечества — эпоха освоения космоса. За прошедшие 60 лет люди запустили множество летательных аппаратов как в околоземное пространство, так и к другим планетам Солнечной системы. Луноходы, Марсоходы, «Вояджеры», «Пионеры», «Розетта», «Кассини» — все они неживые первопроходцы новой эры.



Исследование космоса стало неотъемлемой частью деятельности человеческой цивилизации. Непременным спутником любой активности цивилизации является закон, или, если мягче, — правила поведения социума. Так возникает потребность в формулировании принципов поведения в космическом пространстве. Как должно вести себя человечество при обнаружении планет, на которых есть необходимые условия для развития земной жизни, и как действовать при обнаружении других заселенных планет — вопросы этики, а не техники. Попробуем порассуждать.

СЛОВО ЮРИСТОВ

Первые полеты в космос были не частью исследования Вселенной, но элементом гонки вооружений. В холодной войне были хороши все средства. Задумывалось ли человечество как единое целое об этике освоения космоса, велись ли такие разговоры на уровне чиновников, или же они поднимались только в научном сообществе — остается догады-

ваться. Известно, что 19 декабря 1966 года Генеральной Ассамблеей ООН был принят «Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела», или, как его чаще называют, «Договор о космосе».

Документ был подписан в Лондоне, Москве и Вашингтоне представителями соответствующих государств 27 января 1967 года. Он содержит базовые принципы освоения космоса. Договор исключает размещение в космическом пространстве любых орудий массового поражения, а также использование любых космических объектов в немирных целях. Текст не допускает национальное присвоение космического пространства, гарантирует, что исследование космоса ведется во благо и в интересах всех стран, а также определяет космонавтов как посланцев человечества в космос и предполагает оказание им всемерной помощи в аварийных ситуациях всеми странами-подписантами. Таким образом человечество зафиксирова-

ло, казалось бы, очевидный факт: в вопросе освоения космического пространства нам придется действовать не как представителям государств-соперников, но как представителям единого целого — человечества.

За Договором о космосе последовал ряд других документов. «Конвенция о международной ответственности за ущерб, причиненный космическим объектам» (1971 г.), «Конвенция о регистрации объектов, запускаемых в космическое пространство» (1974 г.), «Соглашение о деятельности государств на Луне и других небесных телах» (1979 г.), «Принципы, касающиеся дистанционного зондирования Земли» (1986 г.), «Декларация о международном сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства на благо и в интересах всех государств, с особым учетом потребностей развивающихся стран» (1996 г.) — эти и другие документы, разработанные ООН, направлены на разумное регулирование освоения космоса и обеспечение мирного его использования. Они хорошо описывают взаимоотношения стран-участниц освоения космоса, но практически не затрагивают вопросы этики и не регламентируют поведение космонавтов в случае обнаружения, например, внеземной жизни или разумной цивилизации.

СПРАВКА

Последний принятый ООН документ по тематике космического пространства — «Декларация по случаю пятидесятой годовщины первого полета человека в космос и пятидесятилетия создания Комитета по использованию космического пространства в мирных целях» (2011 г.). С середины 90-х годов до второй половины 2000-х по вопросу освоения космоса не принималось никаких документов.

МОЖНО ЛИ БЫТЬ БОГОМ?

В книге Станислава Лема «Звездные дневники Ийона Тихого» описывался случай, когда в далеком прошлом некоторые безобразники, лишённые всякого чувства прекрасного, вылили на скалы безжизненной Земли изрядное количество разносортных забродивших помоев, содержавших органику. Перемешав все скособоченной влево лопатой и скрученной туда же кочергой,

умельцы сбежали подальше. В результате описанного будущие белки всех земных существ стали левовращательными.

Возможность и право человечества на заселение других планет не регламентированы подробно международными соглашениями или конвенциями. Понятно, что в такой формулировке это вопрос этический. Сформулировать тот же вопрос можно иначе — в терминах биологического загрязнения. В этом случае речь идет уже не о возможности стать богом на новой, пригодной для жизни планете, а о Планетной защите (Planetary protection). А вот это, в свою очередь, давно и активно прорабатывается научным сообществом и космическими агентствами.

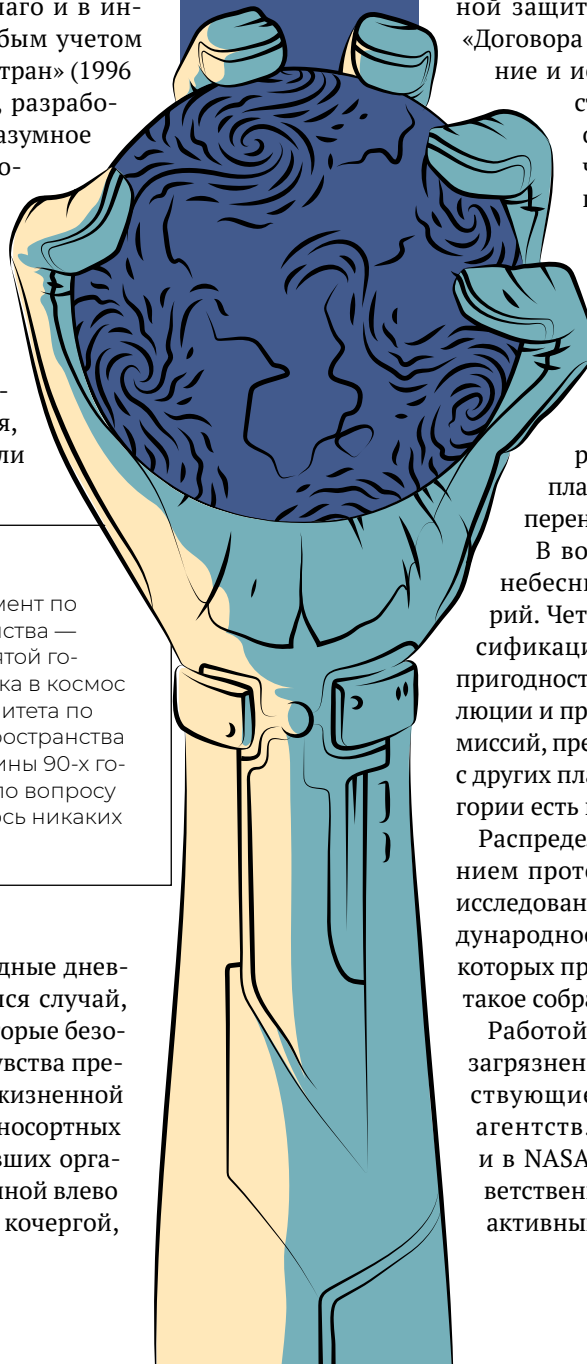
Правовой базой для обсуждения Планетной защиты служит 9 статья все того же «Договора о космосе». Согласно ей, изучение и исследование космического пространства и небесных тел должно осуществляться таким образом, чтобы избежать их вредного загрязнения, а также неблагоприятных изменений земной среды вследствие доставки внеземного вещества.

Принято считать, что существует два типа межпланетного биологического загрязнения: техногенная панспермия — перенос земной жизни на другие планеты — и обратное загрязнение — перенос чужеродной жизни на Землю.

В вопросах Планетной защиты все небесные тела разделяют на 5 категорий. Четыре группы выделены для классификации небесных тел по степени их пригодности для изучения химической эволюции и происхождения жизни, пятая — для миссий, предполагающих доставку образцов с других планет на Землю. Для каждой категории есть подробные протоколы работы.

Распределением по категориям и созданием протоколов занимается Комитет по исследованию космоса — COSPAR. Это международное сообщество ученых, собрание которых проходит раз в два года. Последнее такое собрание состоялось в июле.

Работой по защите от биологического загрязнения «на местах» заняты соответствующие департаменты космических агентств. Planet protection office есть и в NASA, и в ESA. Эти отделы несут ответственность за Планетную защиту всех активных и планируемых миссий.



→ Описанная структура выглядит красиво на бумаге. На практике работа по предотвращению биологического загрязнения включает дорогостоящую обработку исследовательских аппаратов перед запуском миссий, а также иные возможные действия по предотвращению заселения других небесных тел.

Ярким примером последнего можно считать Большой финал миссии Кассини (Cassini's Grand final, NASA). 15 сентября 2017 года космический аппарат намеренно утопил в атмосфере Сатурна после более 20 лет успешной работы по исследованию планеты и ее спутников. Решение о завершении миссии и уничтожении аппарата было принято после обнаружения на Энцеладе и Титане условий, достаточных для существования земной жизни. После того, как стало понятно, что Кассини в ближайшем времени исчерпает запасы топлива, а значит, станет непригодным, руководство миссии приняло решение о его уничтожении в атмосфере Сатурна, чтобы избежать попадания потенциально выживших на поверхности аппарата бактерий на один из спутников.

«Речь тут о Планетной защите... Они оба (спутники Сатурна Энцелад и Титан — прим. ред.) предположительно обладают достаточными условиями, в которых может существовать жизнь. Поэтому мы должны были быть абсолютно уверены, что предотвратим возможное заселение этих планет нашей собственной жизнью, чтобы будущие миссии по изучению этих планет не обнаружили там только нашу собственную жизнь, занесенную разбившимся Кассини. Это значило, что необходимо убрать Кассини подальше от системы Сатурна любым возможным способом, даже путем уничтожения зонда в атмосфере планеты», — объяснил на презентации Эрик Стерм, инженер миссии Кассини. (Mr. Eric Sturm, JPL Systems Engineer, NASA, презентация Planning Cassini's Grand Finale).

Кроме Кассини, в атмосфере планеты-гиганта в 2003 году был утоплен аппарат Галилео, работавший на орбите Юпитера. В обоих случаях ученым пришлось на практике ответить на вопрос: можно ли допустить заселение нового небесного тела.

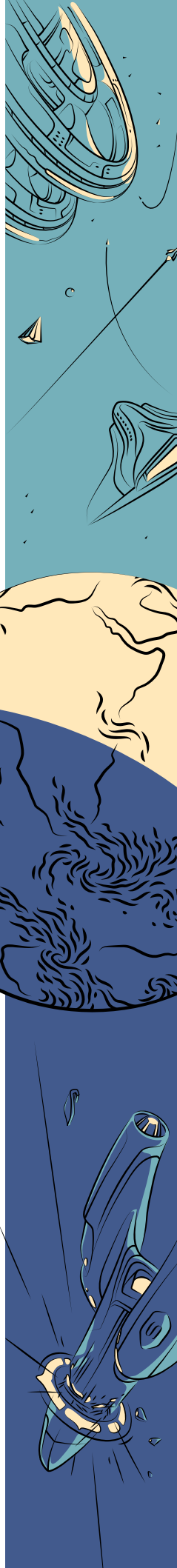
Пока человечество делает первые шаги в освоении космоса, решение не рисковать, а значит, всячески ограничивать возможности заселения других небесных тел оправданно. Из-за редкости и дороговизны межпланетных полетов процесс переноса жизни пока относительно легко контролировать. Но если предположить, что Земля — это только колыбель разума и учесть, что нельзя вечно жить в колыбели, то чем дальше мы улетим, тем чаще будет возникать вопрос права на заселение других планет. И в какой-то момент волей случая или намеренно человечество совершит необратимое. Тогда возникнет новая серия вопросов: как вести себя по отношению к заселенной планете, несет ли человечество ответственность за все формы жизни, которые в итоге получатся, имеет ли право человечество вмешиваться в естественный ход истории заселенной планеты и последнее — не является ли жизнь на Земле следствием такой же ошибки другой цивилизации в далеком-далеком прошлом.

ЧЕЛОВЕК С ЗЕМЛИ

Согласно Договору о космосе, «участники рассматривают космонавтов как посланцев человечества в космос и оказывают им всемерную помощь в случае аварии, бедствия или вынужденной посадки на территории другого государства — участника Договора или в открытом море». Проще говоря, космонавт — это в первую очередь не представитель какого-то государства или народа, а Человек с Земли. И в вопросах обеспечения безопасности любого космонавта всякие межгосударственные проблемы отходят на второй план.

Если подумать о далеком будущем, в котором люди путешествуют между мирами других планет, возникнет вопрос: что произойдет с самоидентификацией отдельного индивидуума Homo sapiens? Попробуем порассуждать.

Сейчас люди легко путешествуют из города в город, из страны в страну. Многие — на машине. Независимо от того, где человек получал водительское удостоверение, в любой стране мира он легко садится за руль и едет, ориентируясь по дорожным знакам, разметке, а на заправке выбирает нужную



марку бензина — арабские цифры знают все. Независимо от народности и места рождения водитель — везде водитель. Все водители понимают друг друга на дороге, помогают друг другу в беде.

По аналогии, сложно представить себе человечество, живущее с той высокой степенью разобщенности, какая есть сейчас, и путешествующее с планеты на планету. В идеальном случае широкое распространение полетов в космос, долгое проживание на кораблях в космосе и потенциальная колонизация планет в какой-то момент приведут к тому, что стиль мышления, язык общения и качество базового образования на Земле выровняются. Рано или поздно люди перестанут идентифицировать себя с народами или расами и перейдут к самоидентификации на уровне вида и планеты рождения.

В противовес мирному сценарию можно представить негативный, в котором человечество попытается по инерции вслед за поверхностью Земли поделить безграничный космос на регионы влияния. Закончится это при первой крупной аварии, в которой число потенциальных жертв будет исчисляться не несколькими конкретными космонавтами, а сотнями, тысячами или сотнями тысяч людей разного происхождения, возраста и пола. Когда у одной из конкурирующих сторон случится нештатная ситуация и надо будет выбрать между спасением с помощью соперника или самостоятельностью, совмещенной с трагедией, в зависимости от выбранного пути либо закончится противостояние, либо эра освоения космоса так навсегда и останется привилегией меньшинства, превосходящего большинство по уровню образования, финансовой стабильности и технологического развития.

Кажется очевидным, что первый сценарий куда лучше и привлекательнее второго. В его пользу говорят и уже заключенные международные соглашения. Однако как все сложится — покажет только время.

Аналогично, хорошо бы понять, стоит ли и правомерно ли ограничивать право на полеты за пределы Земли для какой-то категории людей, например, преступников. Справедливо ли и необходимо ли это? Стоит ли

ожидать введения общего законодательства на планете? В какой момент это станет востребованным и уместным?

ЭФФЕКТ ПРИСУТСТВИЯ

Представьте себе, что человечество находит на далекой планете цивилизацию, уровень развития которой на порядок ниже уровня развития человечества. Можно ли вмешиваться в процесс развития этой планеты? Допустимо ли вмешательство в естественный ход истории цивилизации? А если это единственный способ остановить какое-то ужасное событие, например, геноцид или вымирание разумного вида из-за болезни?

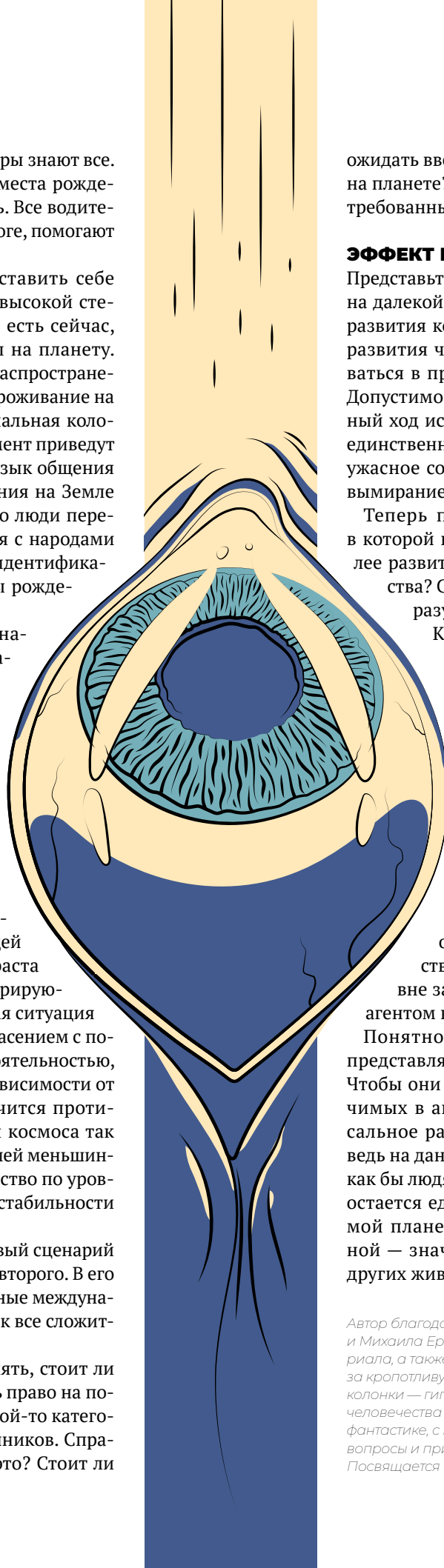
Теперь представим другую ситуацию, в которой нашу цивилизацию находит более развитая. Хотим ли мы ее вмешательство? Стоит ли ее бояться? А если таких разумных цивилизаций несколько?

Как вести коммуникацию с ними? Возможно ли это?

Все перечисленные вопросы — это базовые вопросы этики поведения носителя знания. Перед аналогичной неопределенностью оказывается ученый, открывший перспективную при мирном использовании, но крайне опасную в недобрых руках технологию. Забавно и то, что только обладатель знания несет ответственность за все последствия распространения технологии вне зависимости от того, выступит ли агентом конкретных действий.

Понятно, что сейчас все эти вопросы представляют множество гипотетических. Чтобы они перешли из потенциально значимых в актуальные, необходимо колоссальное развитие социума и технологий, ведь на данном этапе развития технологий, как бы людям ни хотелось обратного, Земля остается единственной известной обитаемой планетой во Вселенной. Единственной — значит, недостижимо удаленной от других живых миров. **зн**

Автор благодарит собеседников J.D. Harrington (NASA) и Михаила Ерохина за помощь при подготовке материала, а также иллюстратора Константина Давыдова за кропотливую работу. Статья написана в формате колонки — гипотетических рассуждений о месте человечества в космосе, в жанре, близком к научной фантастике, с целью задать научному сообществу вопросы и призвать к дискуссии, а не обидеть кого-то. Посвящается памяти Б. С. Хавина.





✍ Николай Горькавый,
советский и российский астрофизик,
ведущий аналитик компании «Science
Systems and Applications», автор
серии научно-популярных книг
и научно-фантастической трилогии
«Астровиянка».

Три столпа науки: популяризация, свобода и доверие

ТРОЕ ПРОТИВ ТРИДЦАТИ ТРЕХ

Последние 35 лет в космологии доминирует теория инфляции, согласно которой Вселенная возникла из микроскопического объема и подчиняется квантовым законам. По этой теории, мировую динамику, кроме гравитации, определяют два гипотетических поля: «инфлантон», вызвавший ускоренное расширение Вселенной в начальный момент времени, и «темная энергия», обеспечивающая слабое современное ускорение Вселенной. В феврале 2017 года три автора, которых стали обозначать аббревиатурой ISL, — Анна Иджас, Пауль Стейнхардт и Абрахам Лоеб — по приглашению редакции научно-популярного журнала *Scientific American* опубликовали статью с критикой современной теории инфляции. Все трое — профессионалы в науке: Анна защитила докторскую диссертацию и работает в Принстонском университете, в котором Стейнхардт является Эйнштейновским профессором, то есть занимает место Эйнштейна. К слову, Стейнхардт — один из отцов-основателей теории инфляции, разочаровавшийся в своем детище. Лоеб возглавляет кафедру астрономии в Гарвардском университете. ISL заявили, что теорию ин-



фляции нельзя опровергнуть наблюдениями. В ответ на любой неожиданный экспериментальный результат теории задним числом подкручивают свободные параметры, которых в теории инфляции предостаточно, и объявляют согласие теории и эксперимента. Это, по мнению ISL, выводит теорию инфляции за рамки научности, определяемой по критерию фальсифицируемости Карла Поппера. Вскоре в том же журнале было опубликовано ответное письмо, подписанное 33 видными космологами, в котором доводы ISL оспариваются.

Эта дискуссия осветила важные аспекты взаимодействия науки и общества. Ряд ученых расценили статью ISL как «вынесение сора из избы» и нарушение цеховой этики. Ведущий научный сотрудник Государственного астрономического института им. Штернберга Сергей Попов в «Газете.ру» высказался так: *«Мне кажется неправильным, когда, по сути, ученые начинают апеллировать к широкой публике, т.е. к людям, не являющимся экспертами в определенной сложной теме, по сугубо академическим вопросам»*. Ведущий научный сотрудник Института ядерных исследований РАН и Астрокосмического центра ФИАН Борис Штерн в статье в «Троицком варианте» отметил, что *«Стейнхардт с <...> соавторами обращается к широкой публике на страницах Scientific American с критикой теории инфляции уже на уровне популярных метафор. Это считается не очень хорошим приемом: не убедив профессионалов, апеллировать к публике. <...> В данном случае сыграла роль застарелая проблема — недостаток культуры взаимодействия ученых с широкой публикой. Тут явно были нарушены некие правила “хорошего тона”, которые, увы, недостаточно ясно “прописаны” в сознании научной общественности»*. Борис Штерн, полагая, что в научных спорах апеллировать к публике некультурно, одновременно поддерживает «культурные» публичные дискуссии, но тоже не прописывает: каковы правила хорошего тона при их ведении? Нельзя употреблять метафоры? Или надо сначала убедить профессионалов в тайных кулуарах, а потом разыграть дискуссию для публики? Так поступали цирковые борцы, у которых были истинный, тайный «гамбургский счет» и имитационные публичные бои. Шон Кэрролл, американский участник дискуссии из списка 33-х, придерживается противоположного мнения: *«Лично я не возражаю против того, что ISL написали свою статью, даже если я не согласен с некоторыми из ее главных утверждений. В отличие от некоторых деликатных душ я вполне согласен с тем,*

что реальные научные споры ведутся на глазах широкой публики. В конце концов, общественность платит значительную часть зарплат и исследовательских бюджетов заинтересованных сторон».

ПОСТСОВЕТСКАЯ МОДЕЛЬ VS. ЗАПАДНАЯ

В противоречии точек зрения Попова–Штерна и Кэрролла видно столкновение постсоветской и западной парадигм взаимодействия науки и остального социума. Американские ученые прекрасно понимают механику кругооборота денег: налоги, собираемые с обычных продавцов, фермеров и водителей грузовиков, поступают в правительство, где чиновники и конгрессмены делят их, оглядываясь на мнение избирателей. Поэтому НАСА и другие научные агентства активно пропагандируют свои достижения среди политиков и широкой публики, используя метафоры, анимацию, художественные фильмы, научную фантастику и даже комиксы. Американские конгрессмены, не будучи учеными, активно «режут» научные проекты, которые вызывают их сомнения, например, выходом за рамки начального бюджета. Попробовал бы им кто-нибудь заявить, что они — не эксперты и не должны лезть в научные вопросы! В 1993 году конгрессом США был закрыт проект огромного ускорителя в Техасе, на который уже было потрачено 2 миллиарда долларов. Чуть не был «зарезан» крупнейший космический телескоп имени Вебба, но общественность поднялась и отстояла этот уникальный инструмент, который будет запущен в 2021 году.

Мировое сообщество вкладывает в изучение космологической темной энергии и темной материи многие миллиарды долларов, идущие из кармана налогоплательщиков. Сюда входят как невидные деньги, расходуемые на под-



Популяризационные постеры НАСА

Популяризация науки на Западе — это серьезное дело, на которое только в США ежегодно тратится полтора миллиарда долларов прямых расходов из федерального бюджета



готовку ежегодных 2,5 тысяч статей, связанных с «темными» субстанциями, так и явные расходы на космические проекты, наземные телескопы и подземные лаборатории. Поэтому наивно считать космологические споры «сугубо академическими». Публикация ISL в *Scientific American* вызвала столь энергичный ответ именно потому, что она сыплет песок в шестеренки налаженной системы космологических проектов, включающей пропагандистскую машину с раскруткой сомнительной концепции «мультивселенных» и теории инфляции, которая гипнотически часто называется «элегантной» и «прекрасной».

Популяризация науки на Западе — это серьезное дело, на которое только в США ежегодно тратится полтора миллиарда долларов прямых расходов из федерального бюджета. Общество, состоящее из неспециалистов, имеет полное право знать, что происходит в науке: какие там есть достижения и какие разногласия — ведь оно платит ученым зарплату и должно быть достаточно информированным, чтобы поддержать или не поддержать то или иное направление. Это слабо понимается учеными постсоветского пространства, потому что в советское время денежная манна шла с небесных верхов, и мнением простых обывателей о науке можно было легко пренебречь. Так как Россия перестраивает свою политическую систему, науку и образование на новый лад, то стоит внимательнее присмотреться к взаимодействию западной науки и социума.

На постсоветском пространстве с пропагандой науки дело обстоит плохо. В условиях де-

фицита научного бюджета никого из руководителей науки не заботит какая-то несолидная популяризация, что как раз и вызывает дальнейшее сокращение научного бюджета. Если обычный гражданин не совсем уверен, Солнце ли вокруг Земли вращается, или Земля вокруг Солнца, то будет ли он требовать от своих депутатов поддержать науку? Скорее, наоборот. Популяризация науки в России остается уделом одиночек-энтузиастов.

НАУЧНАЯ (НЕ)СВОБОДА

Почему ISL обратились к широкой публике со своей критикой теории инфляции? Потому что внутри научного мира голос меньшинства легко игнорируется. Если сравнить структуру обычного социума и научного сообщества, то различие очевидно: в обычном обществе есть три ветви власти, которые должны уравновешивать друг друга, и СМИ как четвертая власть. Такого квазидемократического равновесия в научном сообществе нет. Если в XIX веке гувернантка не могла найти работу без рекомендации от своих предыдущих хозяев, то в XXI веке молодой западный ученый должен предъявить для получения должности как минимум три, а то и пять безупречных рекомендаций. В западном научном обществе большие проблемы с обеспечением права ученых на независимое мнение и на плюрализм взглядов. Научная журналистика, которая должна быть важной частью взаимодействия науки и общества, рассматривается чаще всего как инструмент популяризации, хотя она должна поднимать острые темы так же, как это дела-

СПРАВКА

Дебютная научно-фантастическая книга Энди Вейра «Марсианин» о трудностях выращивания марсианской картошки прогремела и была экранизирована Голливудом. НАСА энергично поддержала съемки этого фильма, делая для него (и для себя) эффективную рекламу. Директор НАСА пригласил артистов в Хьюстонский космический центр и устроил собрание, посвященное этому фильму. «Марсианин» стал популярен и заработал более 600 миллионов долларов, как и научно-фантастический «Интерстеллар», который был спродюсирован Кипом Торном, видным ученым, получившим в 2017 году Нобелевскую премию за открытие гравитационных волн. Для поддержания имиджа науки и космонавтики НАСА занимается всеми видами популяризации: от школьной науки до выпуска научно-популярных книг и фильмов, сувениров и плакатов. Эта постоянная работа приносит свои плоды: престиж НАСА в глазах как простых американцев, так и политиков очень высок.



The martian.
Источник:
www.imdb.com



Карикатура «Под грузом рекомендаций»

ет журналистика в обычном социуме. В этом смысле редакция Scientific American, пригласив оппонентов теории инфляции высказаться, поступила, безусловно, правильно.

В постсоветском пространстве, где существуют Академия наук и стабильные научные ставки, с научной свободой все еще заметно лучше, чем на Западе. Но, двигаясь к мировым научным обычаям и грантовой системе, где рулят представители лидирующих теорий, постсоветская наука утрачивает это преимущество. Вот уже оказывается, что есть «неправильные» научные споры. С моей точки зрения, научные дискуссии не могут быть неправильными: неправильным может быть только отсутствие научных дискуссий. Нужны политкорректные научные споры, которые никого не обижают? Но таковых в природе не существует. Поэтому в политкорректном западном обществе острые дискуссии практически вымерли. Выступление антиинфляционистов ISL — редчайший случай, отчего он и вызвал столько эмоций. Не секрет, что в западной науке никто ни с кем открыто не спорит, все счета сводятся «под ковром», исподтишка, например, в виде необъективных, предвзятых рецензий на статьи и грантовые заявки.

Математик Питер Войт, выпускник Гарварда, который получил докторскую степень в Принстоне и ныне преподает в Колумбийском университете, написал книгу «Даже не неправильно» с критическим взглядом на господствующую в фундаментальной физике теорию струн и предложил ее издательству Кембриджского университета. Вскоре ему показали анонимный отзыв одного из струнных теоретиков. Войт пишет в своей книге, которая была опубликована в 2006 году, но в другом издательстве: «Прежде чем я увидел этот отзыв, я слегка беспокоился о некоторых вещах, которые я написал, чувствуя, что слишком близко подошел к обвинению струнных теоретиков в интеллектуальной нечестности. Увидев этот отзыв, я перестал беспокоиться об этом. Оче-

видно, что уровень такой нечестности и нежелание многих теоретиков струн признать проблемы своего предмета далеко превзошли мои первоначальные ожидания».

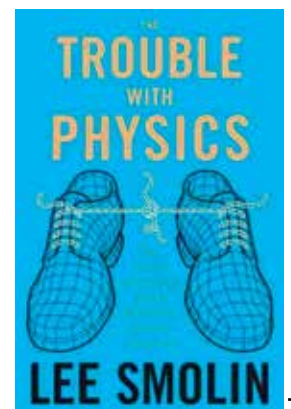
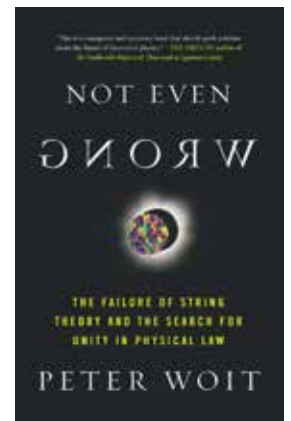
В первой трети XX века теоретиков было гораздо меньше, чем сейчас, но они совершили научную революцию, создав атомную теорию и ядерную физику, специальную теорию относительности и современную теорию гравитации, квантовую механику и космологию. Ли Смолин в своей книге «Проблемы с физикой» задается вопросом: «Почему, несмотря на такие усилия тысяч самых талантливых и хорошо подготовленных ученых, так мало сделано в фундаментальной физике за последние двадцать пять лет?» Книга Смолина вышла в 2006 году, сейчас можно уточнить: «за последние тридцать пять лет».

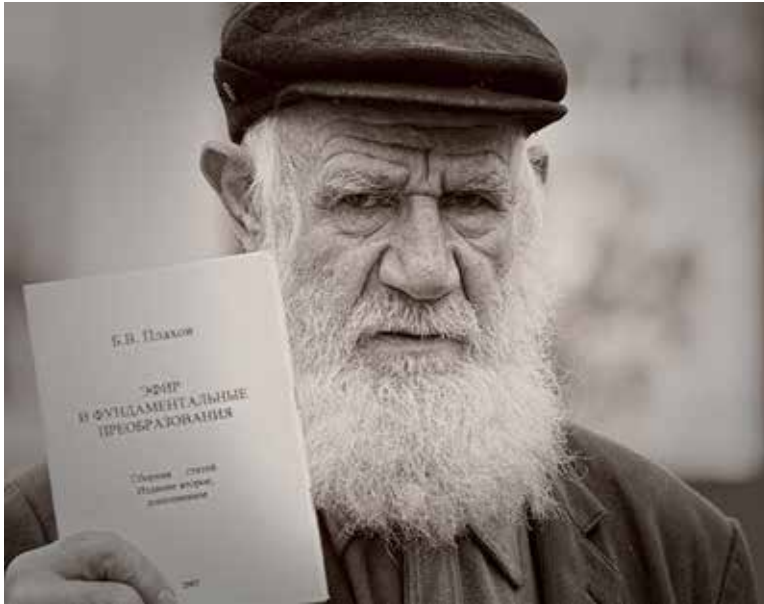
Полагаю, что это научное бесплодие связано с потерей независимости ученых. Современный теоретик, чтобы выжить в гуще претендентов на должности и гранты, примыкает к самой популярной теории и старается дружить со всеми, особенно вышестоящими мэтрами: именно от них зависят его будущая карьера и публикации. В книге Питера Войта в адрес тесного круга ученых вокруг лидирующей теории, которые вытесняют из науки всех несогласных, прозвучал термин «мафия»; в книге Ли Смолина этот же феномен деликатно называется «социологические проблемы в науке». Как ни лавируй, очевидно, что фундаментальная наука без фундаментальной свободы обречена на пробуксовку.

ТАК УЖЕ БЫЛО

В письме 33-х, где критикуются взгляды ISL, упоминается, что публикацией статей в области теории инфляции занимаются девять тысяч ученых. Подтекст понятен: разве может быть неверной теория с таким числом сторонников, среди которых мировые корифеи? Но история науки, которой я много занимаюсь, неопровержимо доказывает: на переднем крае науки мнение большинства чаще

Обложки к книгам «Даже не неправильно» (сверху) и «Проблемы с физикой» (снизу)





→ Эфир и фундаментальные преобразования.
Источник: wiki.mephist.ru

всего неверно. Новые теории всегда создаются небольшими группами научных революционеров или даже одиночками. Примеров множество: например, теория светоносного эфира, выдвинутая Декартом в начале XVII века, просуществовала триста лет. Она была глубоко обоснована и математически развита. Ею занимались такие титаны, как Гюйгенс, Юнг, Френель, Навье, Стокс, Коши, Максвелл и Томсон. Менделеев оставлял в своей таблице химических элементов пустую клетку для мирового эфира. В него верило не просто большинство, а практически все ученые — за исключением редких одиночек вроде Фарадея. Но опыт Майкельсона и Морли доказал, что эфира не существует, а физик вне научного мейнстрима (в то время — патентный клерк) Эйнштейн построил теорию относительности, которая окончательно выбросила эфир из космического пространства в музейное. Видна явная аналогия с теорией инфляции: вполне возможно, что меньшинство, например, группа ISL, право и «элегантная» теория инфляции, любимая большинством теоретиков, окажется так же далека от реальности, как и «прекрасная» теория эфира.

Интересно, что если в планетологии или звездной астрофизике ученый попытается объ-

яснить непонятное явление с помощью нового измерения или неизвестного физического поля, то его профессиональная репутация будет безнадежно загублена. В космологии — наоборот, мейнстримом является генерация самых экзотических гипотез. Наука, управляемая мнением большинства, обречена на застой, потому что большинство, представляющее господствующую парадигму — неважно, реалистическую или фантастическую, не заинтересовано в ее смене. Слом старой парадигмы — это исключительная прерогатива меньшинства. Демократическое голосование, перенесенное из политики в науку, оказалось гильотиной для новых научных идей и вызвало застой в развитии фундаментальных теорий.

ДОВЕРИЕ К НАУКЕ

Сабина Хоссенфелдер из Франкфуртского института передовых исследований, работающая в области физики элементарных частиц и квантовой гравитации, в апреле 2017 года опубликовала в журнале Nature комментарий, заголовок которого можно перевести так: «Наука должна заслуживать доверие». Она пишет: «Я теоретик в физике элементарных частиц, но я сомневаюсь в теоретической физике элементарных частиц. <...> Я боюсь, что публика имеет веские причины не доверять ученым и — печально, но правда — мне тоже все сложнее им доверять». Она называет это кризисом фундаментальной науки, поясняя: «Мы создаем гигантское количество новых теорий, и ни одна из них никогда не была подтверждена экспериментально». Приводится уже ставший знаменитым пример: в декабре 2015 года группа ученых, работавшая на Большом адронном коллайдере, сообщила о признаке существования новой частицы, которая не укладывалась в Стандартную теорию. Результат имел невысокую достоверность, и в августе 2016 года та же группа сделала вывод, что приборы просто показали статистическую флуктуацию. Но для объяснения существования этой несуществующей частицы за эти восемь месяцев теоретиками было опубликовано 600 научных статей, включая публикации в самых престижных физических журналах. Как отметила Сабина Хоссенфелдер, ни одна из этих теоретических публикаций «не описывала реальность».

Она подчеркнула, что такая же ситуация складывается в астрофизике, а также в космологической теории инфляции: «Существующие наблюдательные данные не позволяют сделать выбор между космологическими моделями. И если даже обнаруживаются новые данные,

Абсолютным злом в организации науки является значительная плата за публикации, которую берут с ученых большинство журналов

остаётся бесконечно много моделей, о которых можно писать статьи. По моим оценкам, сейчас в литературе описано несколько сот таких моделей. <...> Вероятность того, что любая из этих моделей описывает реальность, бесконечно мала. Но, согласно существующим критериям качества, это первоклассная наука. Такой же поведенческий синдром возник в астрофизике, где теоретики придумывают поля для объяснения космологической постоянной <...> и предлагают все более сложные “невидимые сорта” частиц, которые должны входить в состав темной материи». Сабина Хоссенфелдер делает заключение: «Нетрудно понять, как мы попали в такую ситуацию. Нас судят по количеству публикаций <...>, и более строгие критерии качества для новых теорий обрежут нашу продуктивность».

Действительно, судить о научном прогрессе по числу публикаций — это как оценивать эффективность паровозов по свистку: сначала, вроде, получается неплохо, но как только машинисты узнают, что их зарплата зависит только от громкости гудка, паровозы прекращают перевозить грузы и превращаются в неподвижные оглушительные сирены. Весь пар уходит в свисток. Абсолютным злом в организации науки является значительная плата за публикации, которую берут с ученых большинство журналов. Это немедленно вызывает появление множества мусорных журналов, которые хотят заработать на ученых, и еще больше подстегивает публикационную гонку.

Не уверен, что ученый мир, который находится под сильным давлением критерия Хирша и сложившихся научных социальных страт, найдет в себе силы для самостоятельного реформирования критериев продуктивности в сторону поощрения альтернативных идей и ужесточения критериев научности работ. Для введения новых оценок фундаментальных исследований, возможно, понадобится вмешательство общества, которое нуждается в эффективной науке. Трое авторов ISL, которые называют себя «независимыми исследователями», так ответили своим 33 оппонентам: «Мы выступаем против непререкаемых авторитетов и за открытое признание недостатков нынешних концепций, за активные усилия по решению этих проблем и непредвзятое изучение новых идей. Мы твердо стоим на этих принципах». С этим нельзя не согласиться. Проблема в том, как сделать эти принципы нормой научной жизни.

Неизмеримо выиграет в научном отношении та страна, которая создаст специальный

Научное сообщество, озабоченное поиском денег, а не поиском истины, перестает быть научной организацией

научный фонд и журнал для независимых молодых теоретиков, которые смогут спокойно работать без грантовой лихорадки и чумки Хирша, не оглядываясь на мнение корифеев, а прислушиваясь только к законам природы и к музыке математики (простите за метафору!). Аналогичные идеи высказывает Ли Смолин, который на деле помог организовать в Канаде теоретический институт, ведущий независимые исследования, отличающиеся смелостью и оригинальностью. По-настоящему свободные теоретики могут вызвать новую научную революцию, которая скажет свое веское слово по поводу хронических неудач в поиске гипотетических частиц темной материи, нарастающего числа признаков анизотропии во Вселенной, которой полагается быть изотропной, а также острых противоречий между доминирующей моделью мегаимпакта для образования Луны и изотопными данными. Эти и многие другие проблемы не решаются, потому что научное сообщество, озабоченное поиском денег, а не поиском истины, перестает быть научной организацией. Остается надежда только на непредвзятых ученых и остальной социум, которые должны обеспечить высокий уровень популяризации, широту научных дискуссий и подлинную свободу исследований в науке. Только тогда ей можно будет доверять. **ЭН**



Канадский институт теоретической физики Perimeter, организованный при содействии Ли Смолина

«Космос — работа, где нужно трудиться, романтики в ней нет»

✍ Анастасия Сваровская

Частная космонавтика в России — дело не очень простое. Нужно пробивать себе дорогу и закрепляться на своих позициях, чтобы не откатиться назад и не рухнуть. Тем не менее, в России достаточно стартапов, которые связаны с ракетно-космической деятельностью. Не все из них превращаются в большие компании. Нам удалось поговорить с генеральными директорами двух самых крупных космических проектов в нашей стране — Павлом Пушкиным, который основал «КосмоКурс», и Сергеем Соповым — генеральным директором S7 Space. Они представили свой взгляд на создание компании в космической отрасли и поделились тем, какие проблемы их волнуют.

КОСМОКУРС

Основана в сентябре 2014 года.

Основатели: Павел Пушкин — генеральный директор компании «КосмоКурс», 10 лет отработавший в государственном космическом научно-производственном Центре имени М. В. Хруничева. Александр Тукацинский — предприниматель и бизнесмен, в разные годы был членом совета директоров Уральской горно-металлургической компании (УГМК), «Кузбассразрезугля», «Трансмашхолдинга» и «Трансгрупп».

Расположение: Москва.

Число сотрудников: около 40 человек.

Стоимость компании: весь проект (от первого этапа проектирования до первого туристического полета) оценивается от 150–200 \$млн. По состоянию на март 2018 года в «Космокурс» было вложено несколько десятков миллионов рублей. Финансирование осуществляется полностью за счет частных средств.

Главный проект: реализация проекта суборбитального космического комплекса — от постройки ракеты и космического аппарата до космодрома, чтобы возить туристов на орбиту.

Сайт: www.cosmocourse.com

Как это было

— С основания компании прошло 4 года. В 2014 году инвестор хотел что-то ракетное сделать, а я это мог. Мы встретились, поговорили и решили делать этот проект. Компания начала свой путь с трех человек, потому что было очень сложно привлечь людей. Многие, кого я звал, отказывались. По прошествии четырех лет я наконец могу сказать, что мы смогли нарастить команду специалистов, которые выполняют серьезные задачи. За это время мы открыли офис и сейчас расширяем

его. Как оказалось, это достаточно сложно и отнимает много времени. Ты особо не думаешь об этом, когда открываешь компанию. Нам удалось серьезно проработать проект, у нас практически готов аванпроект и даже эскизный проект.

Мы попытались поработать со многими и поняли теперь, с кем взаимодействовать при создании стартового комплекса, с какими предприятиями можно работать, а с какими нет. Мы перевернули свое мышление и во многих вопросах стали рассчитывать на собственные силы, а не на кооперации по ракетно-космической отрасли.



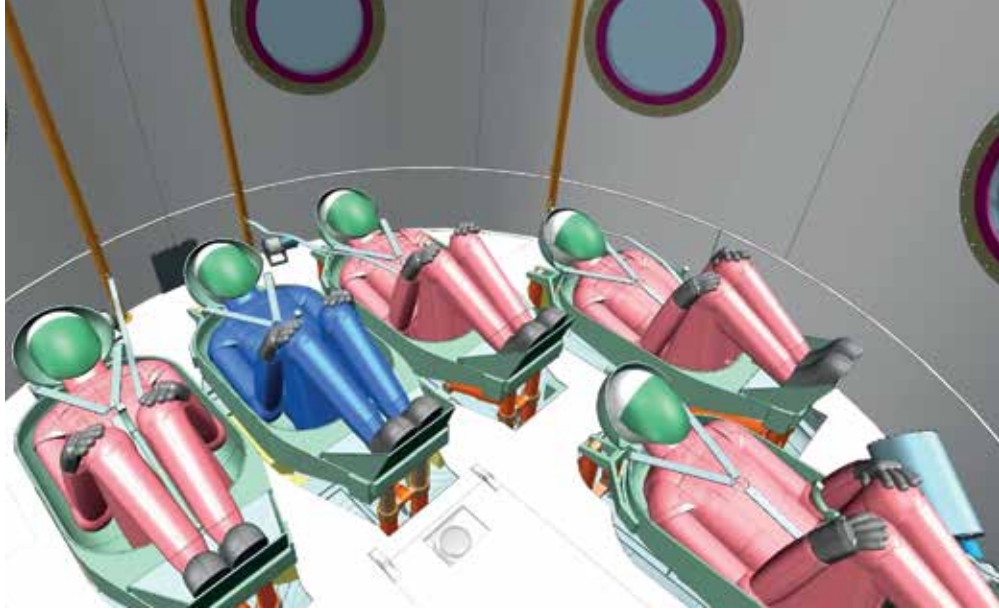
Павел Пушкин,
генеральный директор
компании «КосмоКурс»

Поэтому теперь мы частично делаем свое производство — испытательную базу и первое «железо», которое будет проходить испытания. Об этом даже не думали в самом начале. На самом деле за 4 года мы прошли достаточно большой путь познания. Раньше у нас были фантазии на тему того, как надо все делать. Раньше, когда я работал в космической отрасли на государственной стороне, все было легко. Я звонил нужным людям, и все делалось, а теперь такого нет. Теперь мы стали понимать, как, кто, за какие сроки и деньги выполнит твою задачу. Сейчас мы уже не боимся делать многое сами и делаем.

Трудности на пути

— Трудности у нас такие же, как у Илона Маска. Первая проблема — кадры. Много времени уходит на то, чтобы их найти. Большинство людей несвободные, привязаны к своему месту, менталитет не дает им бросить все и начать работать на нас. При устройстве на работу нас спрашивают: где вы находитесь? Не хочу далеко ездить. Не рухнет ли ваша компания? Даете ли вы обязательства, что через 10 лет я буду на вас работать, а вы будете платить мне зарплату? Очень сложно находить нужных людей, когда многие задают такие вопросы. То есть сложный менталитет и при этом невысокая квалификация.

Вторая проблема — поставщики не готовы нормально работать. Они спокойно обманывают по срокам и деньгам, но самое главное — качество выдают очень невысокое, причем это касается не только государственных предприятий, но и коммерческих. Обычно стараются тебе впихнуть то, что им интересно, а не то, что тебе надо. Поэтому приходится делать самим, но на это уходит куча времени, ведь искать специалистов, обучать их, создавать кооперацию внутри компании — это трудно. Если бы поставщики делали заказы в срок, хорошего качества и за нормальные деньги, я бы сам не делал.



Участники полета в космическом корабле при запуске

Третья проблема — мы много не знали и много боялись. Вместо того, чтобы взяться и делать, мы больше обсуждали, насколько это будет сложно. Это ментальная проблема.

Чем плохи поставщики и почему лучше делать самому

— Пользуясь тем, что в инженерном деле сложно сформулировать, что такое качественная работа и некачественная, они делают вторую и говорят, что она первая. В суде сложно доказать, что хорошо сделано, а что нет, потому что нужно заказывать для этого стороннюю техническую экспертизу. Ее проводит конструкторское бюро, которое обладает опытом в данной области, и не факт, что оно будет незаинтересованным лицом. Поэтому поставщики понимают: авось, купят. Не купят — пойдем на уступки и сделаем скидки. У нас такое на самом деле было. Это все тоже отнимает деньги и силы, но главное — время.

Бывает ли легко в таком деле

— Легко было один раз: когда мы договорились впервые с инвестором, что будем делать такой проект. Больше никогда и ничего нам быстро и хорошо не давалось, все идет со скрипом, даже ремонт туалета в новом помещении. Везде приходилось преодолевать и прорываться через что-то. Мы ввязались в драку

4 года назад, и до сих пор идет мордобой. Космос — это работа, когда нужно трудиться, романтики тут нет. Только серьезно работать и преодолевать каждый день, причем везде: в общении с налоговой, Роскосмосом, ФСБ, да со всеми. Тут надо просто брать и делать, если ты хочешь чего-то добиться. Да, все время уставший, зато хотя бы есть результат, за который не стыдно. У нас нет барьеров для развития, все решаемо, просто это опирается в затраты времени.

Что будет дальше

— Осенью этого года планируем защитить аванпроект. Мы пройдем экспертизу и поймем, все ли правильно сделали, что надо доработать. В ближайшие месяцы мы планируем окончательно выбрать площадку для космодрома, сейчас переговоры активно ведутся. В течение месяца-полутора могут начаться испытания элементов двигателя уже в «железе», а не на бумаге. Сегодня для этого в нашей компании ведется изготовление стендовой и производственной базы, организовывается производство некоторых частей ракет. В следующем году планируем начать проводить серьезные испытания. Надеюсь, выйдем на огневые испытания двигателя, строительство сооружений космодрома и организацию полного производства ракеты и капсулы. В следующем году должно быть весело и «железно», а не бумажно.



→ **S7 SPACE**

Основана в марте 2016 года.

Основатели: Владислав Филёв — генеральный директор группы компаний S7. Восемь лет прослужил в ракетных войсках на спутниковой системе «Кристалл». Сергей Сопов — генеральный директор S7 Space, проходил службу на космодроме Байконур, участвовал в наземных испытаниях ракетно-космического комплекса «Алмаз», советской многоцветной транспортной космической системы «Буран», в 1991 году создал Агентство космических исследований Республики Казахстан.

Расположение: Россия, США.

Число сотрудников: почти 130 человек (100 в российском и 30 в американском офисах).

Стоимость компании: по словам основного владельца S7 Group Владислава Филёва сумма инвестиций в проект составляет 150 миллионов долларов. Финансирование идет полностью за счет частных средств.

Главный проект: эксплуатация космодрома «Морской старт». Коммерческая компания предоставляет полный цикл услуг по запускам космических аппаратов с использованием ракет-носителей «Зенит». В задачи компании также входит оказание поддержки в эксплуатации космического ракетного комплекса «Зенит-М» (проект «Наземный Старт») на космодроме Байконур.

Сайт: s7space.ru



Сергей Сопов, генеральный директор S7 Space

Формирование команды

— Команда подбиралась под решение задачи возрождения уникального в техническом плане проекта «Морской старт». Сначала я пригласил тех, с кем лично знаком по службе на космодроме Байконур, кто давно работает в ракетно-космической отрасли. Им далеко за 50, а то и 60 лет, но они знают свое дело. Эти специалисты высшей категории составляют костяк нашей команды. На втором этапе мы пригласили молодежь. Это амбициозные, целеустремленные, жизнерадостные люди 30 лет. Их около 60% от общей численности сотрудников. Благодаря такому подходу в S7 Space, наверное, самый молодой коллектив в российской ракетно-космической отрасли: средний возраст

в компании — 38–40 лет. Всего в S7 Space сейчас работает порядка 130 человек: 100 в российском и около 30 в американском офисе. Совместно мы прошли большой путь: начиная от организации покупки «Морского старта» и завершения сделки до получения лицензий в разных странах-участницах проекта.

Трудно ли делать космическую компанию

— Когда ты делаешь компанию, которая занимается решением космических задач, трудности возникают те же самые, что и в обычной жизни. Это все рутина: туда пришел, здесь позвонил, в итоге все решил. Эта задача ничем не отличается от организации предприятия в любой другой отрасли. Создать с нуля нефтяной или высокотехнологичный бизнес ничем не проще, чем космический. Нужно найти специалистов, освоить технологии, выйти на должный уровень качества работы. Все твои старания оцениваются органами лицензирования: уровень квалификации сотрудников, наличие финансовых средств, технического оборудования, возможности проведения конкретных работ. Без их согласия ни одна компания не начнет работу. Так происходит не только в космическом бизнесе, а и в любой другой высокотехнологичной сфере.

Медленная бюрократическая работа — это нормально

— Каждый из нас в жизни сталкивался с бюрократией. Естественно, она не обошла стороной и нашу компанию. Не нужно думать, что, как только становится известно о визите представителей S7 Space, перед нами открываются все двери. Но если где-то мы сталкиваемся с задержками, это не стоит воспринимать как попытку помешать, просто конкретно в российской ракетно-космической отрасли привыкли работать не спеша и с большой дотошностью.

Если сравнивать бюрократию в России, США и Европе, то среднестатистический чиновник во всех странах схож: каждый решает только тот вопрос, за который отвечает, а значит, для решения комплексной проблемы необходимо долго и много побегать. Такие хождения от одного чиновника к другому тянутся месяцами.

Например, разрешение на возобновление работы «Морского старта» в США мы получали примерно полтора года. Сейчас более восьми месяцев пытаемся получить разрешение российского правительства на поставку в Украину комплектующих для сборки ракет-носителей «Зенит», поскольку только этот носитель может стартовать с «Морского старта». Между Россией и Украиной нет взаимных санкций или каких-либо ограничений в международных проектах, только в госу-

дарственных. Мы, частная компания с офисами по всему миру, тем не менее, не можем получить в России разрешение на поставку частей ракеты-носителя «Зенит», хотя уже заказали их изготовление на Украине. Сейчас для нас это главная проблема — решить вопрос с российскими властями по возобновлению проекта. После этого останется еще немного: поставить комплектующие, доделать ракеты, перевезти их в США и начать осуществлять пуски. Ирония в том, что сделка заключалась при одном правительстве и руководстве Роскосмоса, а теперь нам приходится проходить все инстанции заново. Обычного человека это может взбесить, и он просто опустит руки. Но я стараюсь относиться к этому более-менее спокойно.

Молодежь выбирает частный космос

— Частные компании привлекательны для молодых специалистов тем, что они живые и не рождают иллюзий. Бизнес не может себе позволить фантазий, потому что не живет на государственном бюджете. Коммерческим структурам нужны прорывные идеи и технологии, но реализуемые здесь и сейчас. Мы в полной мере своими кошельком и головой отвечаем за наши космические планы, в то время как

Частные компании привлекательны для молодых специалистов тем, что они живые и не рождают иллюзий

программы космических агентств и госкорпораций строятся на десятилетия вперед, когда уже и спросить о достигнутых результатах не у кого: руководство поменялось, специалисты разошлись. За последние 30 лет начинались крупные проекты, на них были потрачены большие государственные ресурсы, как материальные, так и человеческие, а результата как не было, так и нет.



Мы до сих пор летаем на ракетах «Союз», которые создавались еще Сергеем Павловичем Королёвым. Я еще будучи молодым специалистом слышал о работах над проектом «Ангара», но прошло столько лет, а ракеты до сих пор нет. Заканчивается эра легендарной тягловой лошади, «Протона». Оглядываясь назад, так и хочется спросить: «А что создано за последние 30 лет?» Ничего, а старое уже успели растерять.

Я очень хорошо отношусь к нашим стартапам, потому что они устремлены к одной цели. Таким командам единомышленников в дальнейшем предстоит продолжать наше дело. Со временем уйдут неповоротливые махины ракетно-космической отрасли, их

место займут молодые и бойкие. Именно среди них сейчас формируются будущие лидеры

ракетно-космической отрасли нашей страны. Мы можем только создать условия для развития, помочь им встать на ноги, а дальше они сами будут решать, что делать с российским космосом. Таких специалистов мы и набираем к себе.

Им же мы интересны тем, что открываем перед ними новые направления, нацеленные на международный рынок и позволяющие реализовать себя.

Частный космос в России и в США

— Если посмотреть со стороны, то происходящее в России выглядит достаточно плачевно. Мы начинаем бессмысленные проекты, урезаем бюджеты, сокращаем программы. Я полагаю, что без частной инициативы, только за счет государственных денег, Россия вряд ли сможет добиться прорыва. Это показал опыт США. Частный сектор там давно работал на рынке космических услуг, но затем им придали новое дыхание — допустили в сферу коммерческих услуг, пилотируемую космонавтику, транспортное обеспечение Международной космической станции, создание и запуск ракет-носителей. Там частный космос допущен ко всем сферам, кроме военной. Результаты мы с вами можем видеть сами: Илон Маск словно бульдозером смел Россию с рынка пусковых услуг. Со следующего года мы потеряем монополию на доставку людей на орбиту. А что у нас? Ничего.

Цели S7 Space совпадают с целями российского государства — вернуть нашему космосу достойное место на мировой арене, восстановить промышленность и начать, наконец, зарабатывать на космических услугах. Только инвестиции частного бизнеса смогут вновь вернуть нашему космосу что-то замечательное и великое, на шее государственного бюджета эту задачу не решить. **ЭН**



A photograph of a laboratory bench. In the foreground, there are several white plastic containers and a rack of small vials with blue caps. A yellow biohazard sign is visible on the left. In the background, there is a blue fume hood and other laboratory equipment. The lighting is somewhat dim, and the overall tone is professional and scientific.

✍ Анна Дзарахохова

Белки — наше все

Молодые, талантливые, перспективные, амбициозные — это все про команду лаборатории структурного анализа и инжиниринга мембранных систем МФТИ. Она существует с 2016 года и входит в Центр исследований молекулярных механизмов старения и возрастных заболеваний. Несмотря на то, что лаборатории всего два года, ребятам уже есть чем похвастаться. И ясно, почему. В распоряжении молодых ученых современное оборудование, сотрудничество с Исследовательским центром Юлиха и Институтом структурной биологии (Гренобль) и возможность стажироваться в Европе у ведущих ученых. Что же придумали в лаборатории и чем это поможет человечеству — рассказываем в нашем материале.



Руководитель лаборатории – Иван Гуцин – окончил Факультет общей и прикладной физики МФТИ в 2011 году, потом три года учился в аспирантуре в Гренобле (Франция), после защиты почти год провел в Исследовательском центре Юлиха (Германия) и в 2016 вернулся на Физтех, где выиграл грант на открытие молодежной лаборатории.

«Во время учебы в МФТИ я работал в лаборатории Валентина Ивановича Горделия. Но в то время такой большой науки, как сейчас, здесь не было, поэтому лаборатория была маленькой. У Валентина Ивановича также были лаборатории в Юлихе и Гренобле, была возможность учиться в аспирантуре и там, и здесь. Так я оказался в Германии, а потом и во Франции, – рассказывает Иван. – В Гренобле есть супермощный синхротрон, и находится он в ста метрах от научного института, поэтому эксперименты можно делать очень быстро и проводить их очень много. Там я освоил кристаллографию. Туда и сейчас довольно регулярно ездят ребята из нашей лаборатории, потому что Россия входит в консорциум стран, которые финансируют этот синхротрон. После увлекся биологией, связанной с бактериями и клетками, и уехал этим заниматься в Юлих».

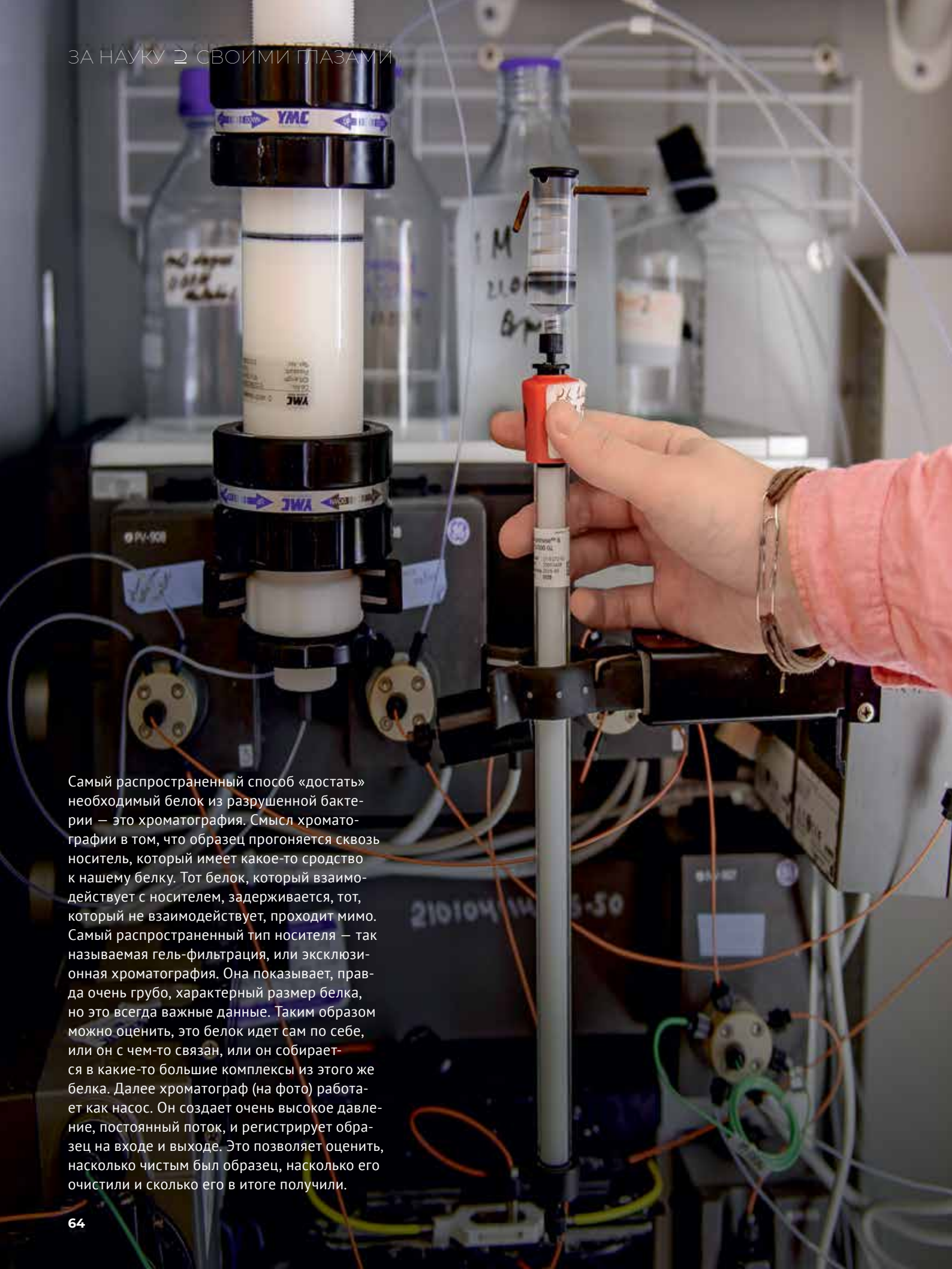


В лаборатории три основных блока работы. Первый — это родопсины, цветные мембранные белки, которые под действием света выполняют свою функцию. Очень широко используются в оптогенетике. Второе направление — это двухкомпонентные сигнальные системы. Первая компонента — сенсор, сидящий в мембране живой клетки. Вторая — белок, который передает сигнал от сенсора куда-то внутрь клетки, где этот сигнал должен быть получен. «Это направление нас очень привлекает тем, что есть множество натуральных сенсоров. У бактерии тысячи сенсоров для тысяч разных сигналов. Интересно научиться делать на их основе искусственные сенсоры разнообразных сигнальных химических молекул», — поясняет Иван Гушин.

В процессе работы над этим блоком родилось третье направление — флуоресцентные белки, так называемые LOV-домены, которые могут работать в отсутствие кислорода (это важно при изучении анаэробных процессов). Флуоресцентные белки необходимы для того, чтобы наблюдать клеточные процессы: какие белки в клетке образуются, с кем они взаимодействуют, сколько они живут,

как они рождаются, как умирают, как на клетку действуют лекарства, какие изменения эти лекарства вызывают.

Главное достижение лаборатории сегодня заключается в том, что получилось идентифицировать очень термостабильный и фотостабильный белок, который флуоресцирует в отсутствие кислорода. За короткое время студенты и аспиранты Физтеха смогли найти этот белок, охарактеризовать и решить структуру. На базе этих данных получилось заняться дизайном белков — тем, ради чего все замышлялось. Удалось сделать мутанта со смещенным спектром и получить структуру очень высокого разрешения. И сейчас в лаборатории работают над более хитрыми устройствами на его основе, например, сплит-белками, когда белок разделяется на две части. «Мы делим белок на две части и можем повесить одну часть на один белок в клетке, уже присутствующий, а вторую часть — на другой белок, — объясняет Иван. — Если мы теперь будем наблюдать за свечением, мы будем понимать, что эти два белка подошли друг к другу, и в этой клетке в данный момент времени они взаимодействуют. Таким образом, мы можем сказать, что там запустился какой-то клеточный процесс».



Самый распространенный способ «достать» необходимый белок из разрушенной бактерии — это хроматография. Смысл хроматографии в том, что образец прогоняется сквозь носитель, который имеет какое-то сродство к нашему белку. Тот белок, который взаимодействует с носителем, задерживается, тот, который не взаимодействует, проходит мимо. Самый распространенный тип носителя — так называемая гель-фильтрация, или эксклюзионная хроматография. Она показывает, правда очень грубо, характерный размер белка, но это всегда важные данные. Таким образом можно оценить, это белок идет сам по себе, или он с чем-то связан, или он собирается в какие-то большие комплексы из этого же белка. Далее хроматограф (на фото) работает как насос. Он создает очень высокое давление, постоянный поток, и регистрирует образец на входе и выходе. Это позволяет оценить, насколько чистым был образец, насколько его очистили и сколько его в итоге получили.



За почти два года существования лаборатория крепко встала на ноги. По словам Ивана, поначалу было очень тяжело с людьми: *«Сначала сложно выработать идею — такую, которая бы нравилась и мне, и студентам, и при этом за свою бакалаврскую и магистерскую работу они бы успевали сделать что-то законченное и полезное для науки. Поэтому сначала довольно много людей приходило-уходило. Сейчас схема набора студентов довольно проста. Я с ними говорю, даю им какие-то маленькие задания. Если им нравится то, что они делают, если мне нравится то, как они это делают, и нам нравится друг с другом работать, то мы приглашаем их делать бакалаврскую работу».*

Неформально люди делятся в лаборатории на экспериментаторов и теоретиков. Например, Алина Ремеева работала с Иваном в Гренобле, а после — в университете Гента в Бельгии, сейчас является заместителем зав. лабораторией по экспериментальной части. Здесь же работают два аспиранта: Иван Гончаров и Вера Назаренко. Павел Буслаев, защитившийся буквально в конце сентября, возглавляет компьютерную группу. С ним работают Халит Мустафин, который сейчас уехал на стажировку в Гренобль, и Ольга Новицкая, которая успела поработать в эксперименте, но потом ей стало интересно компьютерное моделирование, которым она занимается уже больше года.

Также часть времени в лаборатории проводит Анна Юденко, аспирантка Санкт-Петербургского академического университета. Есть и студентки-бакалавры: Настя Смоленцева и Дарья Мелихова. И наконец, в лаборатории работает Максим Дидин, который выиграл Международную олимпиаду по математике не только среди школьников,

но и среди студентов буквально в этом году. Вообще лаборатория богата на медалистов: Иван Гушин и Павел Буслаев завоевывали золото Международной олимпиады среди школьников по физике.

У молодых ученых далеко идущие планы. Сейчас все исследования, как это принято говорить, проводятся «на столе». Но, как поясняет Иван, скоро будет сделан шаг к тому, чтобы начать применение достижений «вживую»: *«В сотрудничестве с лабораторией перспективных исследований мембранных белков МФТИ в ближайшее время мы собираемся тестировать наш белок на настоящих живых человеческих клетках. Это одно направление. Второе — это биотехнологии. Некоторые химические вещества синтезировать очень сложно, поэтому используют бактерии. Но чтобы бактерия их хорошо синтезировала, нужно уметь их отбирать. И это вторая наша идея — создать инструмент, помогающий отбирать бактерии, которые потом будут производить даже из отходов что-то полезное, например, те же аминокислоты, которые используются для кормления скота в агротехнике. За этим будущее: что может быть натуральнее? Бактерия берет свет, берет отходы, производит полезное вещество полностью натуральным способом. Ей не нужны полезные ископаемые или еще что-то особенное».* Этот проект ведется совместно с Институтом молекулярных энзимных технологий (Institute of Molecular Enzyme Technology) Исследовательского центра г. Юлих и Институтом биотехнологии Аахенского университета (RWTH Aachen University), и в будущем поможет перейти к коммерциализации достижений и разработок лаборатории.

СЛУЧАЙНЫЙ КОСМОС

О случайных открытиях, инженерных задачах и способах их решения, о космической медицине и многом другом корреспондент журнала «За науку» поговорила с известным популяризатором космонавтики и инженером-конструктором космического приборостроения Центрального научно-исследовательского института робототехники и технической кибернетики (ЦНИИ РТК) Александром Хохловым.



Александр Хохлов

— **Расскажите, пожалуйста, о каком-нибудь «случайном» открытии или наблюдении в области изучения космоса.**

— Мой самый любимый пример — это реликтовое излучение. Оно было предсказано, но его долго не могли найти. В итоге впервые явление наблюдали два инженера, совершенно случайно. Они работали с антенной, настраивая ее для других целей, и неожиданно зафиксировали помехи непонятного происхождения. Оказалось, что это действительно то самое реликтовое излучение, и они получили Нобелевскую премию за открытие. Так что этот пример совершения астрофизического открытия инженерами — очень показательный случай столкновения приборостроения и науки.

— **Почему совершение астрофизического открытия инженерами — это что-то необычное?**

— Обычно инженеры просто делают аппаратуру по техническому заданию ученых. Основная схема: ученые-теоретики что-то предсказывают, ученые-практики придумывают схему прибора с учетом предполагаемых параметров явления, инженеры создают по этой схеме прибор, а ученые-наблюдатели с помощью нового прибора пробуют зарегистрировать предсказанное. То есть инженеры — очень важный элемент цепочки совершения астрофизического открытия. Тем не менее, статьи пишут ученые, а не инженеры. Поэтому мне так нравится пример с реликтовым излучением: в этой истории очень значимое открытие прошло по цепочке вдвое быстрее.

Важно понимать: ученые исследуют мир, который есть, а конструкторы создают то, чего нет

— **Случалось ли такое, что какие-то заблуждения ученых-астрофизиков серьезно влияли на приборостроение или космонавтику?**

— Само слово «космонавтика» придумал известный популяризатор Ари Штернфельд. Он вложил в это понятие все, что связано с полетами космических аппаратов в космосе. И тут очень важно понимать: ученые исследуют мир, который есть, а конструкторы создают то, чего нет. Информация о физике небесных тел, не управляемых человеком, появилась гораздо раньше космических аппаратов. Поэтому да — каждая теоретическая выкладка ученых-астрофизиков напрямую влияла на то, что создавали инженеры. Но та область астрофизики, знания из которой обеспечивают теоретическую базу, существует так давно, что все заблуждения были развеяны до первых полетов в космос.

Другое дело — предсказания о том, что до полетов проверить не было практически никакой возможности. Например, наблюдения в области космической медицины. Первые космонавты думали, что самое страшное — это перегрузки, а невесомость может привести к помешательству. Но оказалось, что перегрузки можно спокойно выдержать в штатных условиях полета, и на психологическое состояние невесомость не влияет. Зато сюрпризом оказалось влияние длительного пребывания в невесомости на мышечную ткань. Так, когда в июне 1970 года полетел экипаж Союза-9 (Андриан Николаев и Виталий Севастьянов), по возвращении оказалось, что их мышцы атрофировались, в том числе мышечная ткань сердца. Экипаж едва спасли, у Андриана Николаева были два микроинфаркта сердца. К этому ученые готовы не были.

— **Получается, что одно случайное наблюдение стимулировало развитие целого раздела космической медицины?**

— Да, после этого стали думать, как воспроизвести невесомость на Земле, чтобы подробнее исследовать ее последствия. Одной из моделей стала модель сухой иммерсии: бассейн, покрытый водонепроницаемой пленкой большой площади, в котором нагрузка на тело распределяется настолько равномерно, что это очень близко к настоящей невесомости. Испытуемый лежит в этой ванне несколько суток, и медики отслеживают состояние ключевых систем организма. Я как раз недавно принимал участие в таком эксперименте в качестве испытуемого. (Эксперимент проходил в марте-апреле 2018 года в ИМБП РАН — прим. ред.)

Так, разобравшись с влиянием невесомости в лабораторных условиях, ученые придумали, как ее компенсировать: спортивные тренировки, специальные костюмы, использование электростимуляции. Все эти методы позволили увеличить срок безопасного пребывания в невесомости со случайно открытого предела в 17 дней до 14 месяцев. Тем самым было подтверждено, что мы можем лететь на Марс. И таких мелких сюрпризов было много.

— А если говорить об областях науки, из которых в космонавтику приходят не данные, а уже готовые инженерные решения? Материаловедение, химия — было ли такое, что предварительные испытания нового материала прошли успешно, а потом оказалось, что на практике он не пригоден?

— Да, такое было. К примеру, была попытка делать космические аппараты из титана. Но оказалось, что он подходит для обшивки хуже, чем более «привычный» алюминий. А потом уже стали появляться композитные материалы, и замену алюминию стали искать не среди металлов и сплавов, а среди углепластиков.

Тем не менее, инженерия — это рутинная работа. Случайно появляющиеся и выявляемые дефекты инженерных решений могут иметь очень серьезные последствия, вплоть до гибели людей, но глобально важнее не сам факт полета, а те астрономические данные, которые мы в итоге получаем.

— Как вы считаете, возможно ли «случайное» открытие или появление какого-либо заблуждения в наши дни, если говорить об астрономии и космонавтике? Кажется, что с ростом точности и мощности оборудования вероятность почти нулевая, но так ли это?



— Случайностей все меньше и меньше. Все чаще происходит так, что вкладываются огромные бюджеты и создаются огромные команды специалистов и дорогое оборудование с узким диапазоном чувствительности для поиска чего-то, что было предсказано, как, например, в случае с Большим адронным коллайдером и бозоном Хиггса. А все сюрпризы в таких экспериментах оказываются ошибкой измерений.

— То есть даже такие ситуации, как в случае с реликтовым излучением, больше невозможны?

— Случайные открытия в области каких-то фундаментальных законов скорее невозможны, чем вероятны. Но, с другой стороны, стало гораздо проще говорить о случайных наблюдениях. Сейчас стандартный обзор неба, выполняемый многими инструментами, настолько обширен, что больше не нужно выжидать определенную комету для регистрации ее полета или настраивать аппаратуру специально для поиска сигналов внеземной цивилизации: любой сигнал и так будет зафиксирован в штатном режиме. Главное — интерпретировать. Есть замечательный пример астрономического наблюдения 2017 года: космическое тело Оумуамуа, пролетевшее мимо Солнца, поменявшее траекторию и улетевшее дальше в космос. Его зафиксировал телескоп на Гавайях, выполнявший полное сканирование неба для других целей. Сначала думали, что это просто астероид или комета, но потом, когда рассчитали траекторию, оказалось, что тело не из Солнечной системы, и это первый зарегистрированный случай. И, конечно, любое значимое случайное наблюдение становится основой для продолжения научного цикла в виде новых гипотез, новых технических заданий, новых специализированных приборов и набора новых данных; цикл никогда не прекращается. **зн**

Во время эксперимента по изучению влияния невесомости на человека



Фото: Виталий Котляр

Полную версию интервью с Михаилом Лукиным читайте на сайте mipt.ru/newsblog/

Магический русский алмаз в Гарварде

✍ Ксения Цветкова

Михаил Лукин — один из самых титулованных ученых современности. Американский и российский физик, член Американской академии наук, профессор Гарвардского университета, выпускник МФТИ, один из основателей Российского квантового центра. Михаил Лукин встретился с редакцией журнала «За науку» в Бостоне и поговорил о Гарвардском образовании, Ландавщице, алмазных кубитах, экспериментах, теории и даже о ремонте физтеховских общежитий в студенческие годы.

В Гарварде я преподаю один курс в семестр. В основном это спецкурсы для аспирантов, сейчас — электродинамика. Здесь несколько уровней: вводный — на уровне книги Парселла, я же преподаю более продвинутый — что-то среднее между Сивухиным и Ландавщицем.

Ландавщица здесь знают, но не особо используют. По моему мнению, это хорошая книга, но немного устаревшая. Например, все современ-

ные курсы с самого начала используют формализм векторов бра и кет для описания квантовых состояний. Первый квантовый том Ландавщица об этом не упоминает.

Чтобы получить степень бакалавра по физике, нужно пройти всего несколько курсов: механика, электричество, термодинамика и волны. При этом есть много курсов высокого уровня. Те, кто идет в аспирантуру, берут аспирантские курсы еще в бакалаврские годы. Здесь нет потолка, если есть интерес.

В Гарварде число предметов намного меньше, чем на Физтехе в 1-й год обучения, — там их было, наверное, десять. В Гарварде их четыре в семестр, но при этом они более интенсивные и в них часто включают проекты, выполняемые в лаборатории.

Говорят, что Физтех смоделирован по образу MIT, но я в этом не уверен. Калифорнийский технологический институт (Caltech) больше похож на Физтех. Там все берут вначале одни и те же курсы.

В 1998 году невозможно было даже мечтать о том, чтобы стать профессором в Гарварде. Здесь есть

довольно необычные постдокские стипендии — полная свобода, делай что хочешь. У тебя нет своей группы, однако ты можешь выбрать, с какой группой работать, а можешь работать сам. Стипендию не просто получить, но если удастся — считай, стал свободным художником. Я получил одну из них.

За три года на позиции постдока мы стали развивать интересные идеи, в частности, придумали эксперимент по остановке света. Этот процесс позволяет когерентно записать информацию о фотонном импульсе в атоме, а потом считать. Мы не только развили теорию, но и сделали эксперимент на ее основе, который получил широкую известность. По окончании трехлетнего срока в 2001 году мне предложили позицию assistant professor.

Моя группа раз в несколько лет начинает разрабатывать новое направление. Из-за этого наша лаборатория довольно необычная, потому что мы не работаем в какой-то одной области. Для ученого очень важно время от времени менять направление. Это поддерживает научную молодость, заставляет думать, изучать новые вещи.

30 человек из моих выпускников уже стали профессорами, хотя обычно малая часть аспирантов остается в науке, в основном идут работать в крупные компании. В целом я считаю, что уход ученого в компании тоже делает мир лучше.

В 2004 году мы начали использовать алмазные примеси как кубиты. Тогда у меня была толковая работающая аспирантка, которая занималась теорией. Мы стали думать, как построить твердотельные квантовые компьютеры или квантовые сети. В какой-то момент она пришла ко мне и сказала: «Никто не будет читать наши теоретические статьи, нужно сделать эксперимент». Тогда я только начинал, у нас была всего одна маленькая комната-лаборатория, и мой коллега одолжил нам место — уголок в его

лаборатории три на три метра. Как потом оказалось, это был исторический, счастливый уголок, потому что в нем было совершено много важных открытий. Мы построили там два маленьких эксперимента. В течение пяти лет было восемь статей в Science и Nature — так началась алмазная кубитная деятельность.

Есть легендарная история. В одном из московских институтов был найден алмазный образец с уникальными свойствами для экспериментов: он был очень чистый. Его разделили на четыре кусочка: два достались нам, два — Штутгарту, где работала другая группа. Долгое время все эксперименты делались именно с этим алмазом. Сейчас, конечно, уже можно вырастить искусственные алмазы, которые по чистоте превосходят russian magic diamond — магический русский алмаз.

Квантовый компьютер — это очень интересная, открытая тема, все об этом думают, компании инвестируют. Есть два очень интересных момента, о которых люди забывают. Мы пока не знаем, сможем ли мы построить настоящий большой квантовый компьютер в миллион кубитов. Более того, даже если мы его построим, никто пока точно не знает, для чего же он может пригодиться. Но мы уже начинаем создавать системы достаточно большие, когерентные и программируемые — уже ясно, что они позволят нам уникальным образом изучать динамику сложных систем. Я уверен, в ближайшие годы мы найдем много новых приложений.

Мои родители — ученые. Папа работает на Физтехе, а мама математик. Мой отец оканчивал Физтех, мой брат оканчивал Физтех. При этом мои родители считали, что заниматься в жизни можно чем угодно, но для начала нужно получить хорошее образование. По их определению, хорошее образование — либо физика, либо, в крайнем случае, математика.

В детстве я хотел заниматься кино. Ходил в детские киностудии, что-то снимал, даже получал какие-то призы. Долгое время не занимался физикой специально, даже активно боролся с родителями, однако в какой-то момент стал задумываться, что делать дальше. Для кино нужно было поступать во ВГИК, а это казалось практически невозможным. В момент слабости родители уговорили меня попробовать порешать задачи, и мне очень понравилось. В последний год школы я занимался у Виктора Ивановича Чивилева с кафедры общей физики. Это просто изумительный человек и преподаватель. Сейчас он тренирует олимпийские команды, преподает очень интересно, интуитивно. Виктор Иванович привил мне интерес к решению задач, за последний год школы я подготовился к вступительным экзаменам. Когда я поступал на Физтех, решать задачи мне нравилось, но все равно не был уверен: наука — это мое или нет? На ФОПФ шли все, кто хотел заниматься наукой. Поэтому я решил, что кванты — это что-то более прикладное. Так я и оказался на ФФКЭ.

Была интересная история: мы после второго курса летом ремонтировали наше общежитие, «двойку». Говорят, что его построили немецкие военнопленные в конце 40-х — начале 50-х, с тех пор оно потихонечку рушилось, его пытались привести в порядок, но ничего хорошего не выходило. Мы вместе с Фёдором Золотарёвым и Сашей Парбуковым взяли и отремонтировали его по государственным расценкам, но при этом используя поступающих ребят. После этого один из «зачинщиков» ремонта Фёдор Золотарёв создал свою строительную компанию. Говорят, у него много известных физтехов потом работало.

Что пожелать физтехам? Развиваться, найти себя, не следовать за толпой. Всегда искать новые решения и не бояться сложных задач. Тогда все будет хорошо. **зн**



Физик и лирик

Не все, кто окончил Физтех, связывают свою жизнь с наукой или технологичным бизнесом. Александр Филиппенко, выпускник Факультета молекулярной и химической физики 1967 года, а сегодня — народный артист России решил посвятить себя искусству. Впрочем, он успел провести немало времени на базе в Черноголовке и затем два года поработать старшим инженером Института ГЕОХИМИИ АН СССР. Встретившись с нашим корреспондентом, актер поделился своими мыслями и воспоминаниями. Шестидесятники, КВН, полет Гагарина, роман Булгакова и многое другое — специально для журнала «За науку».

ДРАМКРУЖОК Спроси любого шестидесятника, успешного народного артиста (Табакова, Никоненко — я точно знаю), — все проходили через дом пионеров, в котором был драмкружок и первый актерский учитель, или в школе была чудная учительница литературы. У меня было и то, и другое. Школа прошла в Алма-Ате. Там в городском драмкружке впервые вышел на сцену. И Светлова мы играли, и сказки Тамары Габбе. Был замечательный руководитель — актер местного драмтеатра. Но в 1961 году после Гагарина какой ГИТИС или ВГИК? Только лучший в мире вуз, только МФТИ.

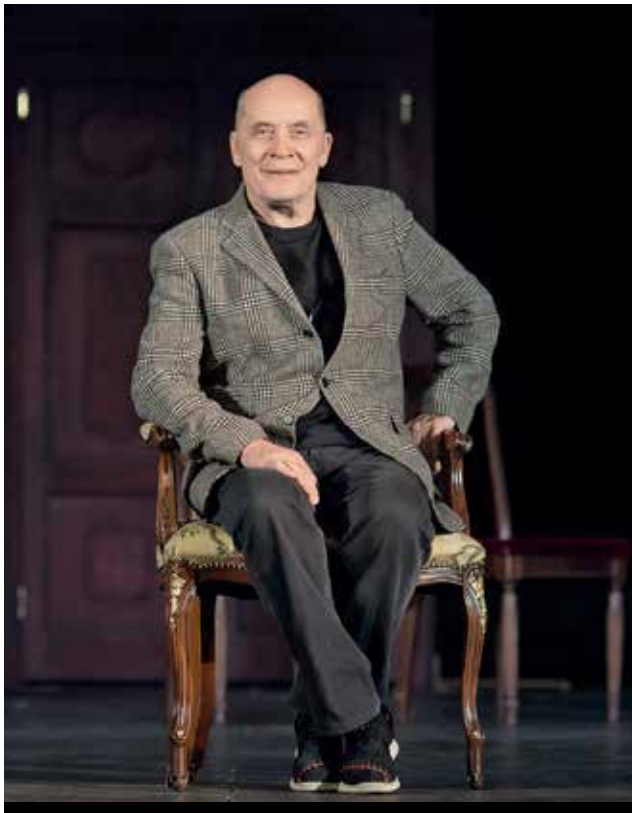
ГАРМОНЬ Главными праздниками в стране были 7/8 ноября и 1 мая. Торжественный вечер в старом лабораторном корпусе на Физтехе, и на концерте я читаю «Василия Тёркина» Твардовского, глава «Гармонь». Из поколения в поколение в нашем драмкружке передавалось умение читать этот отрывок. Как только я произносил: «... Только взял боец трехрядку, // Сразу видно — гармонист», и тут же начинал играть пионер из кружка баянистов. Много я разъезжал с этим концертным номером по собраниям и слетам. А тут я читаю «Гармонь» без баяниста, и уже на Физтехе! И наш ректор генерал Петров (так мне рассказывали), сидевший в первом ряду, спрашивает: «А откуда этот студент?» — «С физхима, 141 группа». — «Интересный товарищ».

КУЛЬТУРА Конец 1962 года, осень. «Завтра поедем в Переделкино. Но ты особо не афишируй, — сказали друзья-старшекурсники. — Мы едем на могилу Пастернака». Он умер в 60-м... Одинокая могила на краю кладбища: три сосны, скамеечка. Это был поход-поступок. Там мне и рассказали про знаменитое собрание, где голосовали за исключение Бориса Леонидовича из Союза писателей (это все вокруг Нобелевской премии и романа «Доктор Живаго», сейчас это все есть в интернете, а тогда официально только брань и обличенье): «Один поэт из наших классиков // На переделкинском пруду // Лишь маленьких ловил карасиков // На иностранную уду. // Хоть жизнь он вел довольно светскую, // Но по-слабей писал, чем Блок, — // И, все же, на уду на шведскую // Он карма выудить не смог».

... Только из критических статей можно было что-то узнать. Так про битлов мы узнали: из «Комсомольской правды», из фельетона «Жуки-ударники». Вот это умение читать между строк, умело читать примечания, было основным методом при так называемом «договорывании» культуры.

КВН Меня взяли в команду КВН, я был самый молодой, а они все — гиганты фантастических идей. Мало кто помнит, что эти передачи шли в прямом эфире, без монтажа и редактуры. Это было непередаваемое ощущение! И все помнили фразу Александра Зацеляпина, первого капитана команды: «*Ребята, имейте в виду: прямой эфир. Слово не воробей, поймает — и вылетит*».

Из памятных вещей — как мы выиграли первенство Москвы у Первого меда. В начале передачи открывается дверь в декорационный сарай, оттуда выезжает «Рафик» с над- →



→ писью «Аэрофлот». Туда садятся наш другой капитан Ося Рабинович и еще двое ребят с чемоданчиком и отправляются в Шереметьево. Пробок тогда не было, все было просчитано: самолет летит, передача идет. И физиков, и медиков встречают корабли в аэропорту Пулково, там был конкурс капитанов, и Ося выиграл. И мы победили в КВНе'62.

А вишенкой на торте было то, что физтехи привезли в подарок встречавшим кораблям снежную бабу из долгопрудненского снега.

Это было под Новый год. Вместо морковки — радиолампа. А как умудрились в маленьком чемоданчике довести, спросите вы? И я отвечаю, ребята, это же элементарно, вспомните. В лабораториях сухого льда было навалом! Раз-раз, скатали, лампу вставили, обсыпали, довели и победили.

ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ Физтех. Новодачная. База в Черноголовке, где мне, опять же, помогали и направляли меня старшие друзья. Диплом. Я занимаюсь ЭПРОм. И вот его величество случай (как я узнал потом...). В Институте ГЕОХИМИИ в одной из лабораторий «пропадала» ставка старшего инженера. И завлаб волновался: «Заберут! Ищите, где, кто там из физтехов занимается ЭПРОм!». И меня взял на 120 р! Это было прилично, ведь у стажера было 90 р. И вот я на Воробьевых горах, в классическо-традиционном, интеллигентно-консервативном институте с колоннами и строгим вахтером внизу. У них там тоже были свои секреты на каждом этаже.

(Ох, вспомнил. В наше время самое страшное что было для выпускника Физтеха? Самое страшное было услышать фразу: «Диплом мы вам дадим, но будете инженерами без допуска». Но это я так, к слову.)

Прошел год, и вдруг...! Завлаб был вхож в отдел науки ЦК КПСС. Ему удалось с одной крупной выставки два мощных ЯМРа и ЭПРа заполучить к нам, и все лучшие умы лаборатории ушли на этих «японцев», а я остался со стареньким ленинградским. И почти автоматически становился соавтором всех работ девчонок-химичек, которые приносили свои пробирки: «Обсчитайте нам, Александр». И вот ты перед выбором: или бросить сцену и заново садиться за учебники радиотехники и писать кандидатскую «Комплексы редкоземельных элементов», или больше на Воробьевы горы не приезжать.

ЛЮБИМОВ Все как-то вместе случилось в одном 1969 году. Меня приглашают сниматься на «Мосфильм» в главной роли. Фильм «Я его невеста». И старший инженер едет в отдел кадров Академии наук получать справку о вольном трудоустройстве. (Это стажеру надо было бы четко два года «отпахать»). Справка на руках, и в трудовой книжке после строчки «старший инженер» у меня было вписано «режиссер студенческого театра». Но тут еще: бабах!! Решением парткома МГУ студию «Наш дом» просто выгоняют из ДК на улицу со словами «в Чехословакии в 1968 все со студенческих театров начиналось!»

...Когда Любимову сказали, что нас закрывают (а Таганку каждые полгода закрывали), он сказал: «Пусть приходят». И я пришел первый на Таганку. «Что-то там прочти, — говорит мне Юрий Петрович, — на худсовете». Ну, я им Салтыкова-Щедрина и стихи с элементами формотворчества.

Спасибо парткому МГУ. Если бы нас не закрыли, мы бы стали обычным, тривиальным народным театром.

«ЗА НАУКУ» Помню, газета «За науку» на одном листочке умещалась. А начинали ее, по-моему, наши великие Юрий Попов и Юрий Пухначев, активные члены команды КВН. Это их знаменитые тексты я читал: «У меня погорел циклотрон. // Что за шум поднялся, что за звон! // Кинескопы замигали, // Стробоскопы затрепещали, // Эйконы загудели, // Трубки Крукса запотели, // А амперметр — тот и вовсе зашкалился. // Я влезаю в ускоритель, // Выпрямляю выпрямитель. // Что за чудо, что за черт? // Квант идет не первый сорт. // Центр тяжести повысился, // Модуль разности понизился, // А оптические оси — покосились». Это для КВНа с МИФИ, когда мы выиграли с разгромным счетом.

«Дело было вечером, делать было нечего. Медик резал и молчал. Физик маятник качал». Это для КВНа 1962 года с Первым медицинским.

«Вот стенд, который построил студент, // А вот космическая частица, // Которая с бешеной скоростью

мчится // В стенде, который построил студент. // А вот инженер молодой, бледнолицый, // Который клянет и судьбу, и частицу, // Которая с бешеной скоростью мчится // В стенде, который построил студент. Вот это я на Таганке читал и до сих пор читаю где-нибудь в Пущино или Жуковском.

ТАГАНКА Я не был в первой десятке актеров на Таганке. Концерты — да. Сколько было концертов: Хмельницкий, Высоцкий, я, Пятигорский на пианино, Зоя Пыльнова — стихи. Вот такая была бригада.

У нас шумные гастроли в Ленинграде в 1973 году, предложения дать концерты часов в пять вечера в почтовом ящике (так раньше называли закрытые предприятия военно-промышленного комплекса — прим. ред.). И вот, у нас с успехом прошли два-три концерта. Мы с Хмельницким получаем по 50, а Володе (он обычно выступал и сразу уезжал) в антракте «Гамлета» передаю 100 р. В 1973–74 это было хорошо. Но вдруг выясняется, что по нашим следам идет ОБХСС (Отдел по борьбе с хищениями социалистической собственности — прим. ред.), ловили организаторов и нас. К счастью все обошлось, но мне потом рассказали, что в одном из почтовых ящиков, когда к директору, генералу по званию, пришли и попросили сдать организаторов, он ответил: *«У меня после концерта ребят с Таганки производительность повысилась на 300%. Все беру на себя, закройте дверь с той стороны!»*.

ФОРМУЛЫ Знаменитая фраза Эфроса: *«Актер должен понимать свое место в формуле»*. «Понимать» — значит, сознательно творить только на эту формулу. У Эфроса формула «Вишневого сада»: вечная проблема интеллигенции — беспечность перед опасностью. Им говорят: *«Сдайте сад под дачные участки! Забывают вас!»* — *«Ой, нет, давайте поговорим. О, мой бедный сад, мой шкаф, здравствуй!»* И только слова, слова, слова — беспечность перед опасностью... Понимать формулу режиссера — это важно, и этому опять же научил Физтех.

ШТАМПЫ У хорошего актера 1500 штампов, а у плохого — 10. Это все-таки продуманные вещи, и нужно только умело сыграть: *«Ах, это мне пришлось вот прямо сейчас»*. Так нас учили в «Щуке»: завизируй, а потом импровизируй. Или, как говорили великие джазмены, лучшая импровизация — та, которую я выгучил вчера.

МИМ Сейчас что-то снова затевают по «Мастеру и Маргарите». По мне, этот роман — такой своеобразный дневник переживаний Михаила Афанасьевича, у которого после успеха все было навыворот, которому надо было высказаться, и он все это переводил на бумагу... Сам этим пользовался и всем советую — «Дневник Переживаний». Все, что есть в голове, выписать на

бумагу, все дерьмо, которое там. Мало того — обязательно написать вывод и *nota bene* увидеть этот вывод... Из рук все это выйдет, глазом увидишь, а тогда и из головы выйдет. Дальше никому не показывать, потом куда-то денется, пропадет...

Так вот, про Мастера. У каждого своя видеолента романа. Поэтому Вайда сделал правильно и только билейскую тему выделил... Или уже не братья, а только читать... Как я слышал от умных людей, некоторые романы обладают полиграфическим эффектом: только для чтения у торшера, один на один. «Доктор Живаго», «Жизнь и судьба» и, видимо, «Мастер и Маргарита».

ТРИВИАЛЬНОСТЬ Что пожелать Физтеху? Сохранить себя, не потерять. У Пастернака есть стихотворение «Быть знаменитым некрасиво»: *«... Другие по живому следу // Пройдут твой путь за пядью пядь, // Но поражения от победы // Ты сам не должен отличать»*. И самое главное: *«И должен ни единой долькой // Не отступаться от лица»*.

Это самое главное — сохранить себя... Мы, стилиаги, в 58–59-м были не против советской системы. Мы просто хотели сказать: *«Обратите на меня внимание. Вот это лично я так завязываю свой галстук-селедочку, и так я зачесываю свой кок на бриолине. Меня отметьте, заметьте, а не мой пионерский отряд, который дружно строим шагает в общее светлое будущее»*... Я есть. I am. И при этом ты сам отвечаешь за все. Лично ты. Что можешь сделать лично ты, а не твой отряд? Физтех давал такую возможность. И в мои времена это было сплошь и рядом. Если ты этого хотел, если ты был открыт для этого.

«Думайте по-другому, думайте иначе».

Конечно же, старший, уважаемый друг нужен. И у меня были такие друзья, и на Физтехе, и в Черноголовке, спасибо им. Дух вольности, новых идей всегда был на Физтехе.

ИДЕИ О, сейчас время перемен, трудное время. Смешались все критерии оценки, никак не выберем точку отсчета и систему координат. Идей новых нет, никаких — это печально. Вернее, их полно, только они на уровне «первый класс, вторая четверть».

И еще, в нынешней суеде и крике важно не пропустить сигналы сверху. Они тихие. Вот как у Пастернака, *«услышать будущего зов»*. И самому решать, как быть дальше.

Главное, чему научил Физтех: уже через 30 секунд чувствовать и знать, с кем ты говоришь, как и что, и корректно ли поставлена задача.

ФИЗТЕХ Всегда внимательно слежу, какой рейтинг у физтехов среди мировых вузов и всегда говорю, что самый лучший вуз в мире — это Физтех. **ЭН**

Полную версию статьи читайте на сайте mipt.ru/newsblog/



*✎ Михаил Николаевич Сапожников
Доктор физико-математических наук. Выпускник
МФТИ 1964 года. Специалист в области лазерной
спектроскопии молекул в конденсированной
фазе. Научный редактор и переводчик журналов
Российской академии наук и научных книг на
английский язык.*

Рожденная в подвале Физтеха

В 1966 году Юрий Валентинович Денисов, выпускник Физтеха 1959 года, продемонстрировал в лаборатории кафедры квантовой оптики МФТИ эффект сильного сужения широкой полосы люминесценции ионов европия в стекле при резонансном возбуждении узкими линиями излучения ртутной лампы. Эта пионерская работа положила начало развитию частотно-селективной лазерной спектроскопии твердого тела. За прошедшие полвека ее методы были развиты во многих лабораториях мира и сейчас широко используются для разнообразных фундаментальных и прикладных исследований. Однако в России это выдающееся достижение МФТИ не получило должного признания. К сожалению, даже нынешние сотрудники кафедры не знают, что именно здесь 52 года назад родилась новая область оптических исследований. В этой статье я хочу напомнить Физтеху о незаслуженно забытой странице его истории.



МАЛЕНЬКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ — БОЛЬШАЯ НАУКА

В 1964 году я закончил Физтех, защитив диплом по оптической диагностике плазмы в токамаке в Отделе плазменных исследований Института атомной энергии имени И. В. Курчатова, и был рекомендован в аспирантуру Физтеха. Но я решил заняться какой-нибудь новой интересной фундаментальной темой в современной оптике. За советом обратился к Владимиру Александровичу Кизелю — зам. заведующего кафедрой квантовой оптики МФТИ.

Здесь мне очень повезло. Владимир Александрович внимательно следил за литературой, был в курсе новых, нерешенных проблем в оптике и предложил мне актуальную тему для кандидатской диссертации: исследование природы узких линий в электронно-колебательных оптических спектрах многоатомных молекул при низких температурах. Я начал исследования в подвале Лабораторного корпуса МФТИ, где уже работали два выпускника Физтеха: Юрий Денисов и Юрий Красилов. Оба занимались спектроскопией редкоземельных ионов.

Таким образом, уже в начале 1960-х годов в небольшой оптической лаборатории Физтеха изучались и ионы, и молекулы в твердом теле при низких температурах. Эти работы положили начало развитию селективной лазерной спектроскопии ионов и молекул в аморфных и кристаллических матрицах.

БЕЗ ЛАЗЕРА

Юрий Денисов изучал миграцию энергии между ионами европия в лазерных стеклах, активированными редкоземельными ионами. Надо сказать, что в 60-е годы на Физтехе не было никаких лазеров для возбуждения люминесценции ионов и молекул, и стандартными источниками света были газоразрядные ртутные и ксеноновые лампы.

Однако, задумав осуществить резонансное монохроматическое возбуждение люминесценции ионов европия в стекле для устранения неоднородного уширения спектра, Денисов сумел обойтись без лазера, используя для этого узкие линии излучения ртутной лампы, которые лежали как раз в области полосы поглощения европия. И в мае 1966 года он обнаружил эффект сильного сужения широкой полосы люминесценции европия при таком резонансном возбуждении.

Денисов и Кизель написали статью в журнал «Оптика и спектроскопия». Однако нео-

бычный результат поначалу вызвал недоверие рецензента — зам. главного редактора журнала Петра Феофилова, который позвонил Михаилу Галанину и выразил сомнение в корректности эксперимента. Михаил Галанин — глава русской школы люминесценции, заведующий лабораторией люминесценции в ФИАНе — преподавал тогда на кафедре общей физики МФТИ. Он пришел в оптическую лабораторию Физтеха и убедился в достоверности экспериментов. Работа была опубликована в 1967 году (Ю. В. Денисов и В. А. Кизель, Оптика и спектроскопия, 23, 472 (1967)).

Это был первый в мире эксперимент, который прямо показал, что спектральное разрешение оптических исследований твердых тел можно увеличить на много порядков, определяемых отношением неоднородной и однородной ширины спектральных линий. Так в подвале Лабораторного корпуса Физтеха родилась в мае 1966 года селективная спектроскопия твердого тела.

Лет через пятнадцать в Ленинской библиотеке я взял книгу издательства «Шпрингер» 1981 года с обзорными статьями по лазерной спектроскопии твердых тел. Смотрю, Марвин Вебер (M. J. Weber), известный американский ученый, пишет, что пионерская работа была сделана Денисовым и Кизелем. Меня такая радость охватила! Иду с книгой по огромной лестнице «Ленинки» вниз, а навстречу поднимается Кизель. «Владимир Александрович, смотрите!» Он был поражен. Я ему открыл глаза, а прошло много лет! То есть он сам не оценил по достоинству важность этой работы.

За прошедшие полвека метод селективного лазерного возбуждения люминесценции, который получил в англоязычной литературе название fluorescence line narrowing (FLN), был развит во многих лабораториях мира. Он обеспечивает предельно высокое спектральное разрешение, которое на 5–6 порядков превышает разрешение при неселективном возбуждении и позволяет достичь предельно узкой естественной ширины оптической линии. Это открыло огромные возможности для тонких спектральных исследований молекул и ионов в кристаллических и аморфных матрицах.

В 60-е годы на Физтехе не было никаких лазеров для возбуждения люминесценции ионов и молекул



Владимир Александрович Кизель



Юрий Денисов



Различные приложения этого метода рассмотрены в ряде обзоров и книг, в частности, в моем недавнем обзоре в юбилейном выпуске «100 лет журналу “Успехи физических наук”» (М. Н. Сапожников, УФН, 188, 409 (2018)).

ТАКОГО НЕ МОЖЕТ БЫТЬ!

В то же время, когда Денисов занимался спектроскопией ионов европия, я собрал в 1964 году установку в соседней комнате для изучения спектров люминесценции ароматических углеводородов в парафиновых матрицах при температуре кипения жидкого азота 77 К.

Спектры поглощения и люминесценции этих молекулярных кристаллов состоят из узких линий, в отличие от обычных широкополосных спектров многоатомных молекул, которые раньше изучались в других растворителях. Такие спектры впервые наблюдались в лаборатории Шпольского. В 1963 году теоретики Карл Ребане и Владимир Хижняков предположили, что узкие линии соответствуют бесфононным электронным переходам в молекулярных центрах.

После нескольких лет исследований свойств узких линий люминесценции ароматических углеводородов в парафинах я впервые показал, что эти линии действительно являются бесфононными линиями (БФЛ), так как температурные зависимости их интегральной интенсивности, ширины и положения хорошо описываются теорией БФЛ, развитой американским теоретиком Дином МакКамбером (Dean McCumber) в Bell Telephone Laboratories для описания ширины и положения бесфононных R-линий в спектрах люминесценции рубина. При этом я также учел и специфику молекулярных кристаллов: важную роль локальных колебаний и ангармонизма колебаний.

Надо сказать, что представления о бесфононных переходах в примесных центрах в твердом теле стали развиваться в теоретических работах лишь в начале 60-х годов. Бесфононный электронный переход происходит без изменения числа фононов (квантов колебаний матрицы) в примесном кристалле, и поэтому ему соответствуют очень узкие дельтаобразные резонансные БФЛ в спектрах поглощения и люминесценции. В общем случае наряду с бесфононным переходом наблюдаются и многофононные переходы с возбуждением или поглощением фононов, которым соответствуют широкие фононные полосы (ФП).

Теоретический однородный спектр (спектр отдельного примесного центра) в области электронного перехода состоит из узкой БФЛ

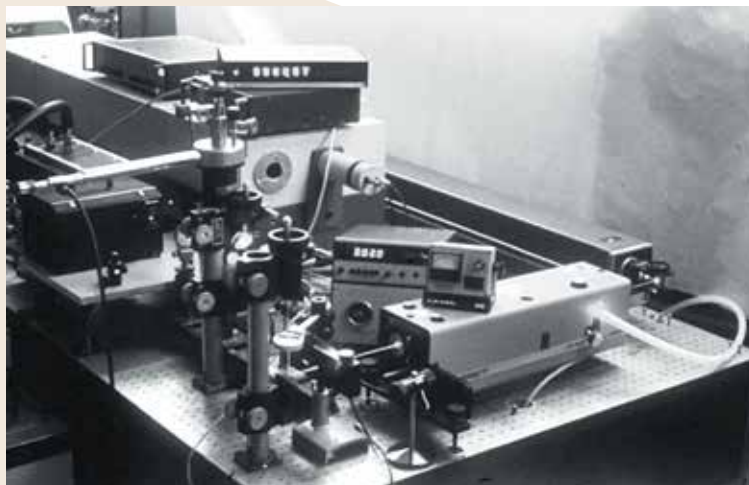
и широкой ФП, расположенной с высокочастотной стороны от БФЛ в спектре поглощения и низкочастотной стороны в спектре люминесценции. Отношение интегральной интенсивности БФЛ к интенсивности БФЛ + ФП определяется силой электрон-фононного взаимодействия и описывается фактором Дебая–Валлера.

Реальные оптические спектры всегда неоднородно уширены из-за несовершенства матрицы, приводящего к статистическому разбросу частот БФЛ. Неоднородная ширина превышает однородную ширину чисто-электронной БФЛ при температуре жидкого гелия на несколько порядков и в кристаллах составляет $0,1\text{--}10\text{ см}^{-1}$, а в аморфных телах — $100\text{--}500\text{ см}^{-1}$.

Сейчас все это хорошо известно, а в 60-е годы это нужно было доказать экспериментально. Большинство физиков, работающих в этой области, долго не могли принять новые концепции теории спектров оптических центров, не могли понять, что это за такие странные, очень узкие бесфононные линии. Говорили: «Такого не может быть! Ведь примесные центры взаимодействуют с матрицей!»

Замечу, что уже в первых экспериментах в 1964 году по исследованию спектров люминесценции ароматических углеводородов в растворах при 77 К я обнаружил медленное падение интенсивности люминесценции в процессе возбуждения. Было ясно, что это вызвано какой-то обратимой фотохимической реакцией, индуцируемой в молекулах возбуждающим светом. В 1974 году, это явление было использовано для выжигания провала в спектрах поглощения молекул в матрицах узкой лазерной линией при температуре жидкого гелия 4,2 К. Так возник метод выжигания спектрального провала, который стал вторым вариантом ча-

Установка для селективной лазерной спектроскопии молекул при температурах 4,2–300 К.



стотно-селективной лазерной спектроскопии молекул и ионов в твердом теле.

После окончания аспирантуры я продолжал исследования по спектроскопии бесфононных переходов в многоатомных молекулах в течение многих лет и в 1980 году создал две уникальные установки для селективной лазерной спектроскопии молекул в широком диапазоне температур от 4,2 К до 300 К с возбуждением люминесценции лазерами на красителях с плавной перестройкой частоты в широком диапазоне.

На этих установках, состоящих из самых современных лазеров, монохроматоров, гелиевых криостатов и видиконов, моя группа проводила интенсивные исследования фундаментальных принципов селективной лазерной спектроскопии молекул в матрицах и оптических свойств биогенных порфиринов. С 1985 года я продолжил эти исследования в ФИАНе у Николая Геннадиевича Басова при поддержке Михаила Дмитриевича Галанина.

В настоящее время селективное лазерное возбуждение люминесценции и выжигание провалов являются наиболее эффективными оптическими методами исследования твердых тел с максимально возможным спектральным разрешением, лимитируемым лишь естественной шириной оптической бесфононной линии. Оба эти метода были открыты в нашей стране. Сначала Денисов и Кизель в МФТИ впервые продемонстрировали в мае 1966 года эффект устранения неоднородного уширения спектра люминесценции ионов в стекле при монохроматическом резонансном возбуждении. А затем, восемь лет спустя, в 1974 году в экспериментах с лазерным возбуждением люминесценции молекул было обнаружено явление выжигания стабильных провалов в спектрах поглощения в Институте спектроскопии в Москве и Институте физики в Тарту.

Эти методы позволили изучить разнообразные физические процессы, происходящие в неупорядоченных твердых телах, которые невозможно исследовать другими оптическими методами, так как они скрыты большим неоднородным уширением оптических спектров. К таким процессам относятся миграция электронной энергии в твердых телах, оптическая дефазировка электронных состояний, колебательная релаксация и спектральная диффузия молекул и ионов в аморфных и кристаллических матрицах, локализация экситонов в тонких полимерных пленках и др. Интересные прикладные исследования связаны, в частности, с созданием спектральной

памяти с очень высокой плотностью записи информации и стабилизацией частоты лазеров методом выжигания провала.

ПОЧЕМУ ЗАБЫЛИ?

Методы постоянно совершенствуются с развитием лазерной техники, систем детектирования света и совершенствованием перестраиваемых одномодовых лазеров с чрезвычайно узкой линией генерации, и их приложения для исследований твердых тел продолжают расширяться. К сожалению, не только сами эти методы не получили никакого развития в МФТИ, но даже никому не известно, что селективная спектроскопия твердого тела родилась именно на Физтехе 52 года тому назад.

В чем же причина? Это связано с несколькими обстоятельствами.

Во-первых, Юрий Денисов и его руководитель Владимир Кизель не придали своей работе должного значения. Конечно, эту выдающуюся работу нужно было опубликовать в журнале «Письма в ЖЭТФ», а еще лучше — в *Physical Review Letters*. Но авторы не стали

Авторы не стали «шуметь» по ее поводу и рекламировать, не пытались распространить подобные эксперименты на другие ионы и молекулы

«шуметь» по ее поводу и рекламировать, не пытались распространить подобные эксперименты на другие ионы и молекулы, которые придали бы универсальность методу.

Во-вторых, спектроскописты в других институтах в СССР, которые позже, в 1970-е годы стали заниматься селективной лазерной спектроскопией молекул, делали вид, что им эта работа неизвестна, и никогда не ссылались на нее как на пионерскую в своей области.

В-третьих, дальнейшее развитие направления требовало лазеров с плавной перестройкой частоты излучения, которых на Физтехе тогда не было. Не было и жидкого гелия для охлаждения образцов, обеспечивающего получение гораздо более детальной информации об их оптических свойствах.

Но хотя это был единичный эксперимент с очень удачно подобранным объектом, — именно в 1966 году и именно на Физтехе родилась селективная лазерная спектроскопия твердого тела. И этот факт достоин занесения на почетные страницы истории Физтеха. ■

ЧЕЛОВЕК-МУРАВЕЙ И КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

✍ Олег Фейя

Кино вселенная Marvel — это 20 супергеройских фильмов, объединенных общим сюжетом и персонажами. Последний на данный момент — «Человек-муравей и Оса», вышедший на экраны в июле. В фильме показаны технологии, умеющие увеличивать и уменьшать вплоть до квантовых размеров дома, машины и даже людей. А также супергерои Человек-муравей (не путать с Человеком-пауком!) и Оса, освоившие их для борьбы с преступностью. В отличие от других фильмов франшизы, где технологии подаются зрителю без объяснений, здесь авторы пытались подвести некую наукообразную базу под происходящее. Получилось так себе... Причем сценарист это, похоже, понимал, о чем свидетельствует хотя бы ироничная фраза главного героя: «А обязательно повторять слово “квантовый” через раз?»

СЪЕШЬ МЕНЯ И ВЫПЕЙ МЕНЯ

В кино: Герои запросто уменьшают автомобили и даже многоквартирные дома, а потом увеличивают обратно. Один из персонажей перевозит здание, словно чемодан на колесиках, а автомобили переносит в футляре. Более того — они уменьшают главного героя до размеров, меньших, чем атомное ядро!



В жизни: Вы ждали эти три заветных слова: «закон сохранения массы». Масса не может взяться ниоткуда и не может просто так исчезнуть. Потому масса уменьшенного здания будет той же, что у большого. Повозите-ка на колесиках «хрущевку»! Но из чего такой дом будет сделан? Если по высоте, ширине и длине здание уменьшится хотя бы в 20 раз, то его объем — в 8 000 раз. Во сколько же должна возрасти плотность его материалов? Бетон плотностью порядка 2 000 кг/м³ превратится в нечто чудовищное с плотностью в 16 млн килограммов на кубометр. Нейтронные звезды бы делать из такого бетона! Но ни один материал невозможно сжать в 20 раз. При огромных давлениях изменение объема материалов составляет едва ли пару процентов, далее уже идет разрушение кристаллической структуры. Даже если предположить, что лишняя масса удаляется в окружающую среду (благодаря какому процессу?), а при увеличении домика — набирается из воздуха, то получается лажа. Тогда при уменьшении здания вокруг него образуется облако из силикатов (вредны для вдыхания!), которое толстым слоем пыли покроет все вокруг. А при увеличении оно начнет высасывать необходимые материалы из воздуха мгновенно. Вокруг здания образуется вакуум, куда тут же устремится ураганный ветер. Что уж говорить об уменьшении Человека-муравья до размеров атомного ядра. Если принять диаметр ядра за 10⁻¹⁵ м, то плотность персонажа превысит 10⁴⁵ кг/м³. Это уже не нейтронная звезда, а вполне себе черная дыра.



ВЕЧНОЕ СИЯНИЕ КВАНТОВОГО РАЗУМА

В кино: Мозги главного героя и женщины, попавшей в субатомный мир, квантово запутываются, благодаря чему они могут обмениваться мыслями и даже управлять сознанием друг друга. «Ваши мозги квантово запутались благодаря познеровским молекулам в ваших мозгах», — говорит главный физик.

В жизни: Эпизод отсылает к «квантовому сознанию», маргинальному направлению науки, согласно которому, так как наши мозги состоят из атомов (удивительный факт), то для них применимы различные эффекты из квантовой физики. Поначалу к «квантовому сознанию» относились серьезно, а Роджер Пенроуз даже написал книгу «Новый ум короля», неоднократно раскритикованную впоследствии. В фильме с запутыванием сразу несколько проблем. Во-первых, для запутывания частиц используются сложные процедуры, какие явно невозможно проделать с двумя мозгами. Во-вторых, запутывание предполагает изменение состояния одной частицы при изменении состояния другой — о передаче мыслей здесь речи не идет. В-третьих, мозг — это не лаборатория со сверхнизкими температурами и высоким вакуумом, и даже возникнув, любые связанные состояния разрушатся практически мгновенно. И здесь возникают «молекулы Познера», последняя надежда «квантового сознания». «Молекула Познера» — это комплекс $\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6$, часть гидроксоапатита кальция. В 2015 году Мэтью Фишер опубликовал в «Annals of Physics» статью «Quantum cognition: the possibility of processing with nuclear spins in the brain», в которой показывает, что два кластера Познера могут быть запутанными довольно долго и работать как «квантовые кубиты» в «квантовом мозгу». Однако на данный момент это всего лишь красивая гипотеза. Но отметим, что создатели фильма — на острие новых веяний в физике!

Кадры из фильма «Человек-муравей и Оса» (2018) © Marvel Studios



ПРИЗРАК

В кино: В ходе неудачного эксперимента по открытию «пути в квантовый мир» маленькая девочка получила редкую способность. Связь между молекулами ее тела может ослабевать, а девушка — проходить сквозь стены. Удобно, однако радости героине способность не доставляет.

В жизни: Человек, даже Человек-муравей, состоит на значительный процент из воды. Чтобы разорвать ковалентные связи в молекуле воды, необходимо в среднем затратить 900 кДж на моль. Один моль воды имеет массу в 18 г, тогда, чтобы порвать все связи в теле человека массой 70 кг (предположим для простоты, что он только из воды состоит), потребуется 3,5 млрд Дж энергии. Так как человек гораздо сложнее, чем 70 кг воды, то энергии нужно еще больше. Если девушка не носит с собой карманный ядерный реактор, как другой персонаж вселенной Marvel, Железный Человек, то столько энергии ей просто неоткуда взять. Не говоря уже о том, что при диссоциации всех молекул в ее теле она просто не сможет жить.

НАЙТИ ИГОЛКУ В СУБАТОМНОМ МИРЕ

В кино: Чтобы определить местонахождение героини, попавшей в субатомный мир, ее муж строит огромную установку. И таки получает нужные сведения! Но только «на два часа, потом волны вероятности сместят координату, и следующий раз определить удастся через 100 лет».



В жизни:

Принцип неопределенности Гейзенберга. Если героиня настолько мала, что на нее действуют квантовые эффекты, то определить координату ни на два часа, ни на сколько-нибудь будет невозможно. Квантовый мир показан переливами разноцветных волн, однако сами герои выглядят как обычно, только в триллионы раз меньше. Однако на таких масштабах у них также должны проявиться волновые свойства. Правда, учитывая все вышеописанное, еще одно прегрешение против физики не выглядит таким уж чудовищным. Главное, что фильм получился интересным. **ЗН**



Третий день рождения Технотрека в МФТИ



Победители и призеры 2-го Кубка выпускников МФТИ по парусному спорту. Фото Александра Лоцманова

Собеседование абитуриентов на ФБМФ



Выпускники ФФКЭ 2018

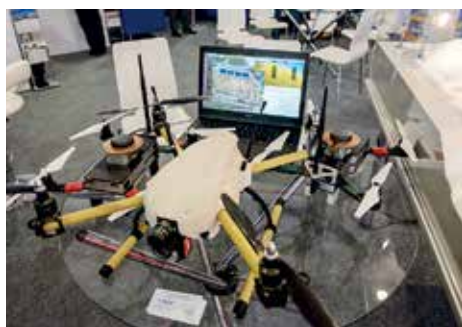


Граффити рядом с корпусом Физтех.Арктика

Встреча выпускников 1968 года



Разработки МФТИ на форуме Армия-2018



Матч Века выпускников. Фото Дмитрия Новосёлова



День первокурсника на Физтехе





Добро пожаловать в Клуб!

54 НАПРАВЛЕНИЯ

21 ВУЗ-ОРГАНИЗАТОР

15 ЗИМНИХ ШКОЛ

БОЛЕЕ 100 ПАРТНЕРОВ-РАБОТОДАТЕЛЕЙ

Подробности на yandex.ru/profi



Вуз-организатор направлений:

- Математика
- Физика
- Арктические технологии
- Технологии живых систем
- Искусственный интеллект

Хочешь поступить в магистратуру или аспирантуру престижного вуза? Стажироваться в крупнейшей российской компании? Получить крупный денежный приз?

Регистрация стартует в конце сентября!

Контакты в МФТИ: iprofi@mipt.ru

ОРГАНИЗАТОРЫ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР



Яндекс

**Какой смысл
говорить о будущем?
О будущем не говорят,
его делают!**

Аркадий и Борис
Стругацкие

