

# ЗА НАУКУ

ВЫХОДИТ С 1958 ГОДА

SAPERE AUDE



**тайны третьей  
планеты**

## От редакции

Представьте, что вы не знаете, из каких материалов сделан ваш дом, насколько прочны фундамент и крыша, что в нем категорически нельзя менять, а что можно улучшить. В современных реалиях это сделать непросто, ведь мы привыкли, что о месте, где мы живем, стараемся узнать всю подноготную. Так почему же науки о Земле не так популярны, как следовало бы ожидать?

Нашему дому уже 4,5 миллиарда лет. Но мы по-прежнему не знаем даже и 5% того, что хранит океан, слабо представляем, как устроено ядро планеты... Да что там ядро — мы не до конца понимаем, что происходит буквально у нас под ногами. Казалось бы, человек — существо разумное, но разумно ли мечтать покорить другие планеты, толком не изучив свою, родную?

Номер про Землю мы задумали еще год назад, когда работали над нашими космическими выпусками. Пока писали про Вселенную, звезды и Солнечную систему, мы осознали, что про одну-единственную планету можно рассказать не меньше, чем про весь бесконечный космос.



# Содержание



**№2 (1957) 2019 год**

**Главный редактор**  
Анна Дзарахохова

**Научный редактор**  
Татьяна Небольсина

**Дизайн и верстка**  
Эмма Бурляева,  
Елена Хавина,  
Любовь Ярошинская

**Фотограф**  
Евгений Пелевин

**Корреспонденты**  
Алена Гурьева,  
Екатерина Жданова,  
Александр Караваев,  
Мария Комарова,  
Дмитрий Людмирский,  
Вячеслав Мещерин,  
Мария Мильшина,  
Анастасия Митько,  
Екатерина Овсяян,  
Николай Посунько,  
Марина Тебенькова,  
Елена Хавина,  
Ксения Цветкова,  
Елизавета Чернышева

**Корректор**  
Юлия Болдырева

**Цветокоррекция  
и пре-пресс**  
Максим Куперман

**НОВОСТИ 4**  
Новости науки 4  
Новости вуза 6  
МФТИ в СМИ 8

**ОТКРЫТО 10**  
Арктика  
Воздух с материка

**Фундаментальная наука 11**  
Супергерой среди накопителей

**Технологии 12**  
От высокомерного  
к двумерному

**Технологии 13**  
Лампочка Шешина  
против светодиодов

**Микробиология 14**  
Подлинная структура

**Микробиология 15**  
Светящийся, маленький,  
термостабильный

**Астрофизика 16**  
Темную материю ограничили

**Астрофизика 17**  
Как Солнце «качает»  
воду с Марса

**ГЛАВНОЕ 18**  
Тайны третьей планеты

**Твердь о трех китах 20**  
Обсуждаем основы основ

**«Кожа» Земли 24**  
Что мы знаем о почве?

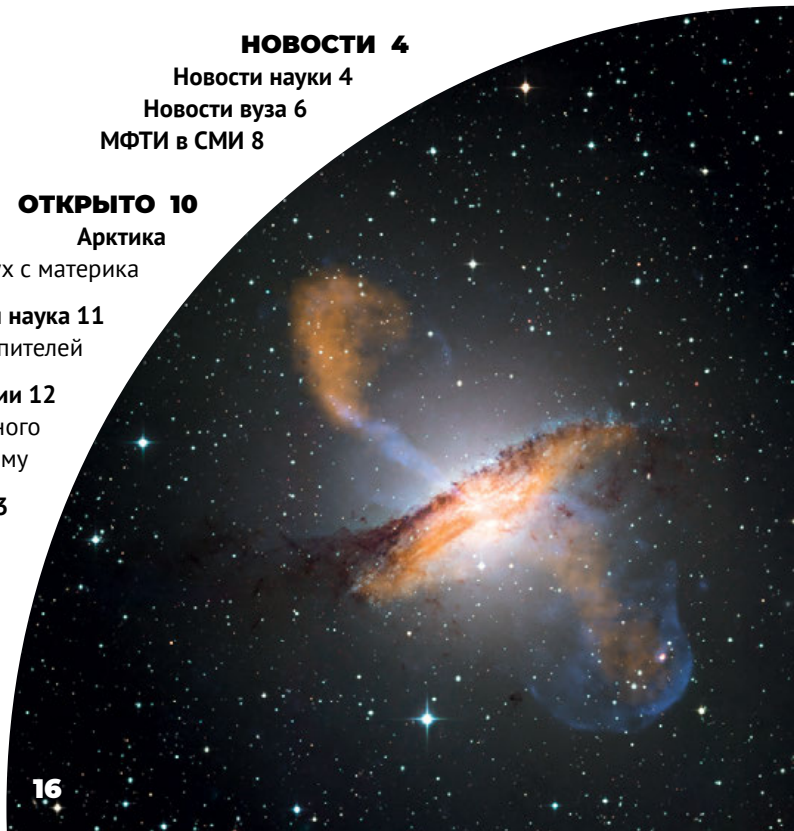
**Через прошлое в будущее 28**  
Зачем нам изучать историю климата?

**Вахта в пяти океанах 31**

**Водный мир 34**  
Тайны Мирового океана

**Дышите глубже 40**  
Атмосфера вокруг нас

**ОБРАЗОВАНИЕ 44**  
Университет университету рознь  
Что ждет высшую школу





**46 КАРЬЕРА УЧЕНОГО**  
Как попасть в экспедицию?

**48 СОБЫТИЕ**  
Путь к финалу  
Как складывался путь МФТИ  
к почетному званию  
ICPC World Finals Host University

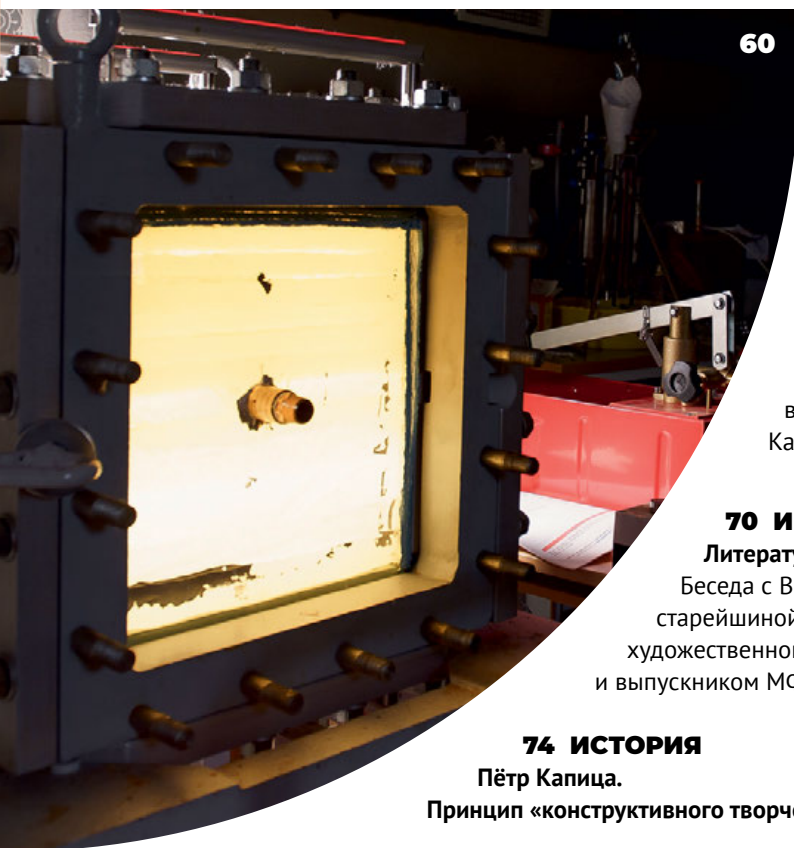
**52 МНЕНИЕ**  
Зачем ученому научная  
коммуникация?  
Колонка Алены Гурьевой

**56 АКТУАЛЬНО**  
Как измерить новый  
килограмм

**60 СВОИМИ  
ГЛАЗАМИ**  
Космическое  
путешествие к центру  
Земли  
Чем занимаются  
в лаборатории  
моделирования  
механических систем  
и процессов МФТИ

56

60



**68 BACKGROUND**  
«Открытие лаборатории —  
это старт»  
Игорь Калташёв, профессор  
в Университете Массачусетса  
в Амхерсте, руководитель  
Kaltashov Lab

**70 ИНТЕРВЬЮ**  
Литературный физтек  
Беседа с Виктором Гольшевым,  
старейшиной отечественной школы  
художественного перевода  
и выпускником МФТИ 1961 года

**74 ИСТОРИЯ**  
Пётр Капица.  
Принцип «конструктивного творчества»

**80 ФОТОХРОНИКА**



74

**Ректор МФТИ**  
Николай Кудрявцев

**Проректор по научной  
работе и программам  
развития**  
Виталий Баган

**Начальник пресс-службы  
МФТИ**  
Алёна Гупаисова

**Экспертный совет**  
Олег Копелевич,  
Леопольд Лобковский,  
Екатерина Овсепян,  
Игорь Семилетов,  
Алексей Соков

**e-mail и сайт журнала:**  
zn@phystech.edu  
zanauku.mipt.ru

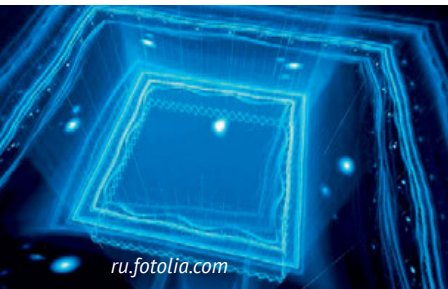
**Подписано в печать**  
05.07.2019  
**Тираж 999 экз.**

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.





## КВАНТОВЫЙ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬ

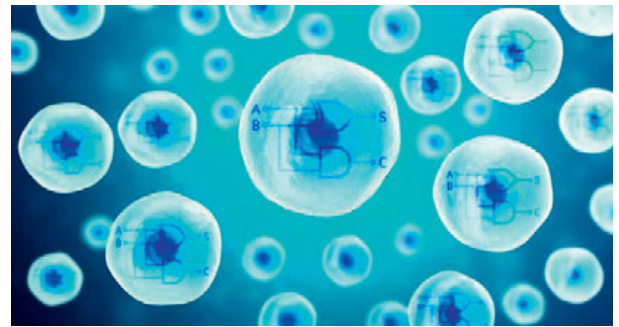
Международная команда разработчиков сконструировала прототип квантового устройства, которое может генерировать все возможные варианты будущего в суперпозиции состояний — подобно известному коту Шредингера. «Говоря о будущем, мы сталкиваемся с бесконечным рядом вероятностей, — поясняет доцент Майл Гу, сотрудник Наньянского технологического университета. — Эти возможности растут в геометрической прогрессии по мере того, как мы углубляемся в будущее. Менее чем за день число превышает количество атомов во Вселенной». Ученые разработали фотонный квантовый процессор, в котором потенциальные результаты принятия решений отображены местоположением фотонов — квантовых частиц света. Накладывая суперпозиции друг на друга, можно избежать рассмотрения каждого возможного будущего в отдельности. Состояние устройства представляет собой суперпозицию нескольких потенциальных будущих, взвешенных по вероятности их воплощения. Работая в субатомном масштабе, компьютер может имитировать 16 направлений времени для фотонов, находящихся в разных местах.

## БИОСИНТЕТИЧЕСКИЙ ДВУХЪЯДЕРНЫЙ

Ученые из Швейцарской высшей технической школы Цюриха разработали первый полноценный биосинтетический двухъядерный процессор, основанный на модифицированной системе CRISPR. Устройство может работать с любым количеством входящих в него сигналов в форме молекул РНК. Вместо ядра служит измененный белок Cas9, который может регулировать экспрессию определенного

гена в ответ на сигнал, подающийся через цепочки РНК. В итоге создается заданный белок, который позволяет программировать цепи внутри клеток в ответ как на входящие, так

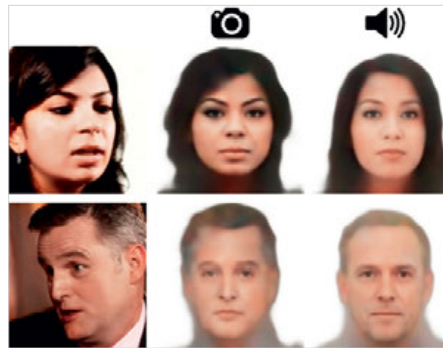
и исходящие сигналы. После создания модели для перепрограммирования белков ученые создали биологический двухъядерный процессор, объединив в клетку два ядра.



© Colourbox / Steven Emmett, ETH Zurich

## ЛИЦО ПО ГОЛОСУ

Американские разработчики представили нейросетевую модель Speech2Face. Обученная на нескольких миллионах видео, она умеет воссоздавать по спектрограмме речи человека примерное изображение



его лица, основываясь на трех основных параметрах: поле, расе и возрасте. Для обучения нейросети использовали датасет AVSpeech, состоящий из более чем миллиона коротких видео более ста тысяч разных людей. Модель хорошо угадывает пол человека, но редко может определить возраст с точностью до десяти лет, а также лучше всего «рисует» людей с европеоидной и азиатской внешностью. Последние разработчики объясняют неравномерным распределением рас в обучающей выборке.

*Реальные изображения людей, восстановленные изображения и изображения, сделанные на основе голоса.*  
© Tae-Hyun Oh et al. / arXiv, 2019

## ГЕНЫ ФОТОСИНТЕЗА

Ученые из Калифорнийского университета в Риверсайде установили гены, ответственные за контроль особенностей роста и развития растительной клетки, в частности, за активацию аппарата фотосинтеза. Ядро растительной клетки хранит генетическую информацию.

Что его отличает, так это белки-фитохромы — фоторецепторы, которые дирижируют физиологией растительной клетки. В общем случае фотосинтез — процесс, в результате которого энергия солнечного света конвертируется в глюкозу и молекулярный кислород, — начинается

с того, что фитохромы поглощают кванты света. Затем ядро посылает команду органоиду пластиде, чтобы та синтезировала пигмент хлорофилл, экспонировала его на внутренней мембране и превратилась в полноценный хлоропласт. Так клетка становится зеленой и взрослой.



## МЕХАНИЗМ СТАРЕНИЯ

Ключевые генетические программы, которые способствуют долголетию, работают не дольше среднего возраста. К такому выводу пришли ученые из Университета Майами, США. Они изучили активность ответственных за противостояние старению генов в образцах тканей, предоставленных людьми разных возрастных категорий. Результаты анализа показали, что антивозрастные системы человека перестают работать

к 50–60 годам. Сложность регуляции программ старения у людей намного выше, чем у других видов. Доминирующую роль в этом, по мнению исследователей, играет белковый комплекс mTOR, который регулирует многочисленные программы защитных клеток, а также митохондриальная продукция активных форм кислорода. Эти два клеточных механизма ученые объединили, чтобы объяснить около двух третей молекулярного профиля старения у людей.

## 121 000 микрочастиц пластика

за год попадает в организм взрослого человека

## МОЛОДОЕ ЯДРО

Российские ученые получили указания на то, что внутреннее (твердое) ядро Земли сформировано не так давно, как считалось ранее. Основные этапы эволюции Земли как планеты, в том числе возникновение ее магнитного поля произошли в докембрийское время в интервале от 4500 до

540 миллионов лет тому назад. На ранних стадиях развития нашей планеты вначале образовалось ее жидкое ядро, а затем сформировалось твердое. Конвективное движение вещества в жидком ядре обеспечивало работу магнитного геодинамо. Комплексные исследова-

ния, направленные на определение палеонапряженности и конфигурации древнего магнитного поля Земли, позволили обнаружить периоды существования гиперактивных режимов геодинамо в девоне и эдиакарии, то есть в интервалах времени от 360 до 580 миллионов лет.

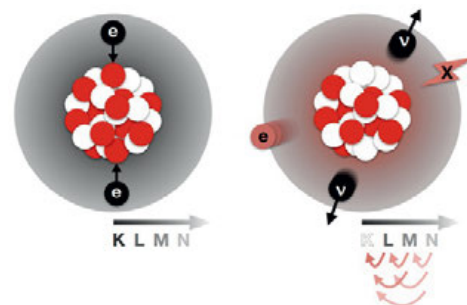
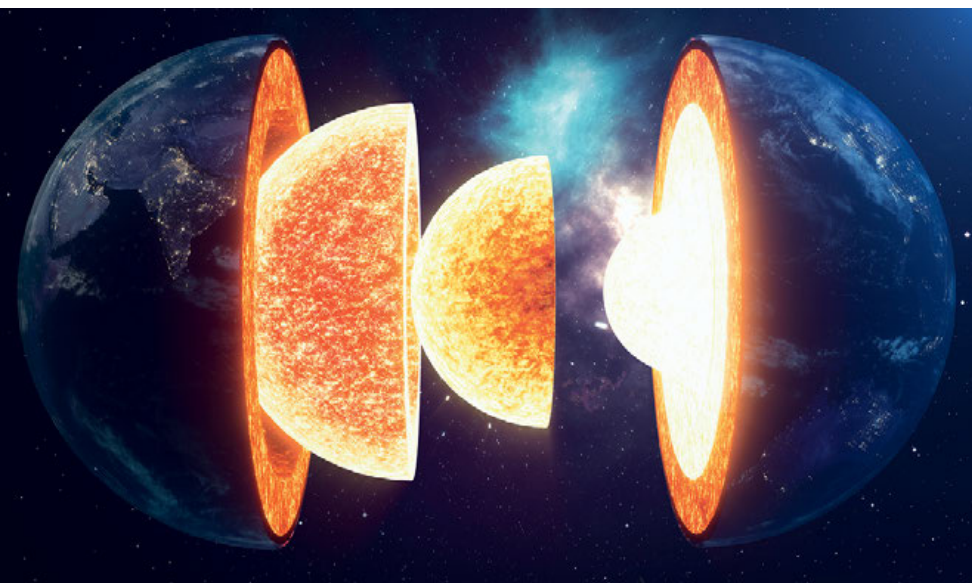


Схема распада через двойной захват электронов. © XENON1T

## УНИКАЛЬНЫЙ РАСПАД

Ученые зафиксировали одно из самых редких физических явлений — особый тип радиоактивного распада в ксеноне-124. Это удалось сделать с помощью детектора темной материи XENON1T, расположенного под землей в горном массиве Гран-Сассо в Италии. Физики впервые напрямую измерили период полураспада изотопа ксенона-124 — около 20 секстллионов лет, рекорд среди исследованных нестабильных изотопов. Это означает, что среднее время жизни отдельно взятого атома ксенона-124 в два триллиона раз больше, чем современный возраст Вселенной. Исследователи наблюдали тип полураспада, называемый двойным электронным захватом. Два протона в атоме ксенона одновременно поглощали два электрона из электронной оболочки, в результате чего образовались два нейтрона.







### ВИЗИТ ПРЕМЬЕР-МИНИСТРА

В МФТИ прошла встреча, посвященная развитию кадрового потенциала в области науки. В совещании приняли участие премьер-министр России Дмитрий Медведев, министр науки и высшего образования Михаил Котюков, заместитель председателя правительства Татьяна Голикова, ректор МФТИ Николай Кудрявцев, руководители институтов РАН и молодые ученые — руководители лабораторий. Участники обсудили с сотрудниками университета меры для государственной поддержки молодых исследователей и аспирантов, в частности, улучшения социальных условий и решения проблемы жилья. В свою очередь, премьер-министр отметил, что правительство планирует к 2024 году увеличить долю молодых ученых до четверти от всех исследователей. Государственный Фонд финансирования фундаментальных исследований пообещал в этом году выделить 1000 грантов для молодых научных сотрудников и аспирантов. Также планируется создание 50 лабораторий, в 30% которых руководителями станут молодые исследователи.

### ФИНАЛ НАШ

Впервые Москва выбрана площадкой для проведения старейшего и самого престижного в мире студенческого чемпионата по спортивному программированию International Collegiate Programming Contest (ICPC) в июне следующего года. Организатором финала выступит МФТИ при поддержке компании RDI.Creative. За право принять финал боролись в этом году Шанхай, Сидней и Орlando. Исполнительный директор ICPC, профессор Университета Бейлор и член Ассоциации вычислительной техники Уильям Паучер поздравил столицу России с победой: «На финале чемпионата ICPC 2019 в Порту



мы встретились с делегацией от МФТИ и наметили план проведения финала в июне 2020 года в Москве. В следующем году мы соберемся вместе, чтобы наградить самых одаренных студентов в области программирования, которые умеют изобретать решения для проблем будущего. Я в предвкушении того, что в Москве состоится крупнейший финал в истории ICPC, и я смогу приветствовать всех по-русски со словами: «Добро пожаловать!».

*Подробнее на стр. 48*

### МФТИ В РЕЙТИНГАХ

В рейтинге российских университетов информационного агентства «Интерфакс» МФТИ занял третье место. В категории «Инновации» завоевал первую строчку, а в категории «Исследования» — вторую. В списке агентства «Эксперт» Физтех сохранил вторую позицию и удерживает ее уже седьмой год. Кроме того, институт получил награду в номинации «Работа с одаренными детьми». А в ежегодном глобальном рейтинге университетов, который составляет компания Quacquarelli Symonds (QS), МФТИ занял 302-е место,

поднявшись на 10 пунктов по сравнению с 2018 годом. В предметном рейтинге ShanghaiRanking Consultancy Физтех улучшил свои позиции по физике и впервые попал на 151–200-е место. Также МФТИ занял 401–500-е место в категориях «Математика» и «Материаловедение и технология материалов». Сайт по поиску работы Superjob опубликовал рейтинг вузов по уровню зарплат выпускников в ИТ-сфере. Самыми высокооплачиваемыми стали выпускники Физтеха. После выпуска они могут претендовать на зарплату в 160 тыс. рублей в месяц.

### СТИПЕНДИЯ ОТ ЯНДЕКСА

Яндекс учредил стипендию для студентов первого и второго курса бакалавриата Физтех-школы прикладной математики и информатики МФТИ. Первокурсники начнут получать стипендии, размер которых составит 15 тысяч рублей ежемесячно, уже в этом учебном году, второкурсники — в следующем. Стипендия будет назначаться раз в полгода — ребятам, которые набрали больше всего баллов за прошедший семестр. Баллы начисляются за успеваемость, публикации, участие в конференциях, олимпиадах и хакатонах. В начале первого курса стипендиатов будут выбирать прежде всего по итогам школьных олимпиад. На каждый курс будет выделено по десять стипендий.





## ГРАНТ ОТ AMAZON

Команда МФТИ стала участником международного конкурса для вузов в области разговорного искусственного интеллекта Alexa Prize Social bot Grand Challenge 3. Цель конкурса — создание передовых агентов для Amazon Alexa (Socialbots), с которыми пользователи смогут общаться на актуальные темы. Комитет AlexaPrize отобрал 10 команд из более чем 375 заявок университетов из 15 стран. Среди других финалистов — Стэнфордский университет и Университет Карнеги — Меллона. Каждая из команд-участниц получит исследовательский грант от Amazon в размере \$250000 и доступ к другим ресурсам Amazon. Первая встреча команд пройдет в августе 2019 года в Сиэтле. В сентябре команды начнут разрабатывать своих агентов, а в мае 2020 года определится победитель.

## НОВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Открылась лаборатория интеллектуальных криптографических систем в рамках Центра компетенций Национальной технологической инициативы по направлению «Искусственный интеллект» на базе МФТИ (ЦК НТИ МФТИ) совместно с компанией Virgil Security, Inc. Лаборатория займется разработкой системы анализа данных с интегрированной платформой криптографического подтверждения их целостности и технологиями искусственного интеллекта.

## ПОБЕДЫ И НАГРАДЫ

### СТУДЕНЧЕСКИЙ ЧЕМПИОНАТ МИРА ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ ICPC

**Бронзовая медаль:** команда МФТИ Shock Content в составе Андрея Сергуни-на, Ильи Степанова и Евгения Бельых.

### МЕДАЛИ И ПРЕМИИ РАН

**Молодые ученые:**

- **Дмитрий Минаков**, ассистент кафедры общей физики МФТИ, и Ильнур Саитов, старший научный сотрудник лаборатории суперкомпьютерных методов в физике конденсированного состояния МФТИ. За цикл работ «Первопринципные подходы для моделирования теплофизических свойств и фазовых переходов в материалах современной и перспективной энергетики». Оба ученых являются сотрудниками Объединенного института высоких температур РАН.
- **Алёна Фаворская** и **Василий Голубев** из лаборатории вычислительной геофизики МФТИ. За цикл работ «Разработка класса сеточно-характеристических численных методов, параллельных алгоритмов и комплекса программ для исследования волновых явлений применительно к задачам сейсмостойкости строений и динамической диагностики железнодорожного пути».
- **Аскар Резванов**, аспирант кафедры микро- и нанoeлектроники МФТИ (базовое предприятие — НИИ молекулярной электроники) — медаль в области разработки или создания приборов, методик, технологий и новой научно-технической продукции научного и прикладного значения за работу «Исследование и разработка технологии интеграции межслойной изоляции для производства СБИС».

**Студенты:**

- **Александр Осинский**, студент 6 курса ФПМИ, за цикл работ «Нелинейные малоранговые аппроксимации матриц, основанные на принципе максимального объема»;
- **Владислав Николаев**, студент 6 курса ФЭФМ, за научную работу «Структурные свойства пылевой плазмы в широком диапазоне температур газа тлеющего разряда»;
- **Анастасия Яковенко**, студентка 6 курса ФАКТ, за работу «Моделирование контактного взаимодействия захватывающего инструмента с биологической тканью».

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

**Первое место:** пресс-служба МФТИ.

### 15-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ОЛИМПИАДА ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

**Первое место в командном зачете:** сборная МФТИ;

**Золотая медаль и абсолютное первое место:** Андрей Уймин;

**Серебряная медаль:** Иван Крамаренко,

Александр Смирнов и Василий Югов;

**Бронзовая медаль:** Давит Геворгян.

Все члены сборной МФТИ — студенты 1 и 2 курса Физтех-школы физических исследований имени Л. Д. Ландау (ЛФИ).

### ВСЕРОССИЙСКАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКЕ

**Первое место в командном зачете:** сборная МФТИ;

**Призеры:** Иван Утешев, Илья Кочергин, Александр Смирнов, Кирилл Воронин, Дмитрий Норкин и Владислав Рагулин.

### СТУДЕНЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА «Я — ПРОФЕССИОНАЛ»

**Золотые медали:** Кирилл Глинский (бакалавриат) и Илья Фрадкин (магистратура) в направлении «Арктические технологии», Никита Плетнев (бакалавриат) и Лев Шабанов (магистратура) в направлении «Математика», Александр Федоткин (бакалавриат) в направлении «Робототехника», Сергей Баженов (магистратура) в направлении «Технологии живых систем» и Шамиль Эрканов (бакалавриат) в направлении «Электроника и нанoeлектроника». Студенты МФТИ также завоевали 3 серебряные медали и 12 бронзовых. 23 человека стали победителями, а 54 — призерами соревнований.

### 25-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ДИАЛОГ»

**Илья Гусев** выиграл трек по автоматической генерации заголовков новостей;

**Илья Белкин** стал лучшим по восстановлению пропущенных слов по контексту;

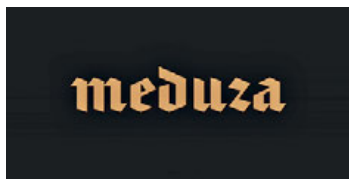
**Юрий Куратов, Тхе Ань Ле и Максим Петров** из лаборатории iPavlov победили в соревновании по автоматическому определению референциальных цепочек — различных упоминаний одного и того же объекта в тексте.

### НАУЧНАЯ ПРЕМИЯ ИМЕНИ ИЛЬИ СЕГАЛОВИЧА ОТ ЯНДЕКСА

**Победитель в номинации «Молодые исследователи»** за совокупность работ по рандомизированным численным методам оптимизации: студент 5 курса ФПМИ Эдуард Горбунов;

**Лауреаты в номинации «Научные руководители»:** главный научный сотрудник лаборатории машинного интеллекта МФТИ Вадим Стрижов и выпускник Физтеха Иван Оселедец.





## «ГИРЬКИ БУДУТ ЛЕЖАТЬ НА ПОЧЕТНОМ МЕСТЕ В МУЗЕЯХ». ФИЗИК МИХАИЛ ИВАНОВ — ОБ ОТКАЗЕ ОТ ЭТАЛОНА КИЛОГРАММА

20 мая изменились принципы, по которым определяют величину четырех основных физических единиц: килограмма, ампера, кельвина и моля. Соответствующее решение было принято в конце 2018 года. Нововведения означают, что человечество полностью отказалось от привязки к материаль-

ному эталону килограмма — цилиндрической гирьке, которая хранится в Международном бюро мер и весов под Парижем. «Медуза» обсудила с доцентом кафедры теоретической физики МФТИ Михаилом Ивановым, почему было решено отказаться от гирьки и что будет с килограммом теперь.



## В ОТДАЛЕННЫХ СЕВЕРНЫХ ПОСЕЛЕНИЯХ ЗАРАБОТАЮТ «УМНЫЕ» ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

На Ямале в деревне Лаборовой запустят «умную» электростанцию. Оборудование для нее сейчас собирают инженеры Московского физико-технического института (МФТИ). Как рассказал исполнительный директор Института арктических технологий МФТИ Юрий Васильев, интеллектуальная система состоит из нескольких составляющих — солнечных панелей, ветрогенераторов, химических и тепловых аккумуляторов и мультирежимных дизель-генераторных установок нового поколения.

## LENТА.RU

### НАЗВАНА ПРИЧИНА РАЗНОЙ СКОРОСТИ ТАЯНИЯ ЛЬДА В ЕВРАЗИЙСКОЙ И АМЕРИКАНСКОЙ АРКТИКЕ

Группа ученых при участии сотрудников Московского физико-технического института (МФТИ) выяснила причины разной скорости таяния льда в евразийской и американской частях Арктики.

*Подробнее на стр. 10*

## НАУКА И ЖИЗНЬ

### ЧТОБЫ УЗНАТЬ СОСТАВ НЕФТИ, НУЖНО РАСТВОРИТЬ ЕЕ В ВОДЕ

Исследователи из МФТИ, Сколтеха, ОИВТ РАН и МГУ предложили новый подход к исследованию состава нефти.



## УЧЕННЫЕ ПРЕДПОЛОЖИЛИ, ЧТО ВОДА НА ЛУНЕ ПОЯВИЛАСЬ САМА СОБОЙ

Новый механизм образования воды на поверхности Луны обнаружили российские ученые из Института космических исследований РАН, МФТИ и ВШЭ. Он связан с присутствующим в лунном грунте серебром.



## THIS GLOWING PROTEIN OFFERS NEW WAY TO FIGHT CANCER, INFECTIONS

Researchers from Russia, Germany and France found a new and unique way to fight cancer and infectious diseases. The team created a new fluorescent protein that glows and can be used to observe the body to see the effects of treatments. Led by biophysicists from the Moscow Institute of Physics and Technology, the researchers explored fluorescence microscopy, which experts typically use in observing living tissue through induced luminescence. They found that some proteins emit light at a different wavelength when exposed to laser radiation and could remain stable under high temperatures.

*Подробнее на стр. 15*



## ЗАЧЕМ УЧЕНЫМ ФОТО ЧЕРНОЙ ДЫРЫ? 10 ФАКТОВ, КОТОРЫЕ ПОМОГУТ РАЗОБРАТЬСЯ В СЛОЖНОМ ВОПРОСЕ

«Афиша Daily» вместе с Александром Лутовиновым, преподавателем МФТИ, заместителем директора по научной работе Института космических исследований РАН и профессором РАН, разбирается, что для человечества значит первый снимок черной дыры в галактике M87, который ученые представили 10 апреля.



## «ЧИНОВНИКИ НЕ ПОНИМАЮТ, НАСКОЛЬКО ДОРОГИМ УДОВОЛЬСТВИЕМ ЯВЛЯЕТСЯ СОВРЕМЕННАЯ БИМЕДИЦИНА»

Профессор РАН и руководитель лаборатории регуляции клеточной сигнализации МФТИ Николай Барлев рассказал в своей колонке для Indicator.Ru о том, что и кто необходимы для запуска работы лаборатории и как создавать в России научные школы.

## LIFE

### ЯРКАЯ, ДОЛГОВЕЧНАЯ И БЕЗ РТУТИ. В ФИЗТЕХЕ ПРИДУМАЛИ ЛУЧШУЮ ЛАМПОЧКУ В МИРЕ

Изобретение оказалось очень кстати: с 2020 года ртутные лампы запретят, да и вообще хваленые «энергосберегающие» уже просто бесят.

*Подробнее на стр. 13*



### LONG-LIVED ROUNDWORMS HELP IDENTIFY NEW ANTI-AGING COMPOUNDS AMONG THE FDA APPROVED DRUGS

Researchers from Gero, Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech), Moscow Institute of Physics and Technology (MIPT), and University of Arkansas for Medical Sciences (UAMS) have collaborated to derive a transcriptomic signature of aging, which they confirmed using large transcriptomic databases. They discovered that aging in nematodes is partially programmed and can be therapeutically reversed by a number of FDA-approved drugs. The study is published in Scientific Reports.



ИНФОРМАЦИОННОЕ АГЕНТСТВО РОССИИ

## «НОРНИКЕЛЬ» И ИВМ БУДУТ ГОТОВИТЬ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО БЛОКЧЕЙНУ В МФТИ

«Норникель», IBM и Московский физико-технический институт (МФТИ) договорились создать центр компетенций для проведения исследований и подготовки специалистов по разработке цифровых технологий для горнорудной отрасли. Церемония подписания соглашения прошла в четверг в рамках Петербургского международного экономического форума (ПМЭФ), передает корреспондент ТАСС.



### «В ШУТКУ ГОВОРЯТ, ЧТО ФИЗТЕХ – БОЛЬШАЯ МАФИЯ». КАК ВЫПУСКНИКИ МФТИ СОЗДАЛИ СОЮЗ И ПОМОГАЮТ СТУДЕНТАМ СТРОИТЬ БИЗНЕС

В 2012 году семь выпускников МФТИ, которые уже состоялись в бизнесе, решили сделать что-то полезное для альма-матер. Они объединились в Физтех-Союз и придумали несколько больших проектов. Например, решили создать и развить рядом с вузом технопарк высоких технологий, перенести в него офисы Acronis, Parallels, Competentum и других крупных компаний бывших физтехов. Мы поговорили с руководителем проектов Физтех-Союза, организатором «Студстока» Андреем Богдановым и исполнительным директором Алексеем Штерном и узнали, как эта организация изменила жизнь студентов и почему выпускники МФТИ так привязаны к вузу.



### РОССИЙСКИЕ ФИЗИКИ УЛУЧШИЛИ РАБОТУ «КОНДЕНСАТОРОВ БУДУЩЕГО»

Ученые из «Сколтеха», МГУ и МФТИ выяснили, как можно значительно повысить емкость так называемых суперконденсаторов, соединяющих в себе преимущества обычных аккумуляторов и конденсаторов и не имеющих их недостатков. Их выводы были опубликованы в журнале Scientific Reports.



### «ТАКОЕ НЕ ВЗЛОМАЕТ ДАЖЕ КВАНТОВЫЙ КОМПЬЮТЕР»

Сенсация: в Бристольском университете якобы смогли прочесть самую таинственную рукопись мира — манускрипт Войнич. «Огонёк» разобрался, как находят скрытое и расшифровывают тайное. <...> Сразу два <...> сериала (отечественный «Шифр» и британский «Код убийства») напомнили о военной (и послевоенной) истории криптографии. С одной из самых известных легенд того времени — взлома немецкой шифровальной машины «Энигмы» — мы и начали разговор с ученым (МФТИ), автором труда по защите информации Сергеем Владимировым.



Оригинальная статья: Arctic Sea Ice Decline in the 2010s: The Increasing Role of the Ocean — Air Heat Exchange in the Late Summer; Vladimir Ivanov, Mikhail Varentsov et al.; Atmosphere, 2019.

## Воздух с материка

✍ Николай Посунько

Лед в Арктике у берегов России тает быстрее, чем в районе Аляски.

### ПОТЕПЛЕНИЕ В АРКТИКЕ

В Арктике глобальное потепление проявляется ярче, чем в других местах на планете. Каждый год лед отступает чуть ближе к Северному полюсу. Сокращение ледяного покрова ведет к еще большему потеплению и, следовательно, дальнейшему таянию льдов. Этот замкнутый круг объясняется тем, что лед отражает солнечный свет, а вода, наоборот, поглощает и накапливает тепло. По прогнозам климатологов, к концу XXI века в Арктике может не остаться льдов, которые держатся круглый год.

Потеря льда в разных районах Арктики идет разными темпами. По словам ученых, это объясняют сезонной памятью океана. Спутниковые наблюдения показывают,



что с 2000-х годов в евразийской Арктике ледяной покров сокращается даже зимой, а в американской — только летом.

### СЕЗОННАЯ ПАМЯТЬ ОКЕАНА

По итогам четырех экспедиций по Северному Ледовитому океа-



### ПРЯМАЯ РЕЧЬ



**Михаил Варенцов**, климатолог из МГУ, Гидрометцентра РФ и Института физики атмосферы РАН:

— Дисбаланс таяния льда в разных частях Арктики вызван особенностями циркуляции воздушных масс. Во второй половине сентября обычно меньше всего льда. В это время океан активно накапливает тепло от солнца. Но если с полюса или из Гренландии приходит холодный воздух, он забирает часть тепла. И наоборот: поступление теплого воздуха с материка усиливает нагрев океана.

ну и анализа спутниковых данных группа российских климатологов описала механизм сезонной памяти океана. Он объясняет, как циркуляция воздуха в регионе приводит к тому, что в XXI веке льды в евразийской Арктике тают быстрее, чем в американской.

Ученые выяснили, что зимний ледяной покров зависит от атмосферных условий предыдущим летом. Начиная с 2000-х годов воздушные потоки замедляли летний прогрев океана в американской и ускоряли — в евразийской Арктике. В итоге осенью лед формировался с опозданием в недели и не достигал такой, как прежде, толщины и площади.

«Помимо того, что площадь льдов сокращается, последние 30 лет падает доля многолетнего льда. Это лед, который пережил как минимум одно лето, не растаяв», — отметила соавтор статьи Елена Хавина, аспирантка кафедры термогидромеханики океана МФТИ.

В исследовании участвовали ученые из МФТИ, Арктического и антарктического НИИ, МГУ, Института физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН, Гидрометцентра России и Института географии РАН. **zn**

Судно «Академик Трёшников», на котором прошла четвертая экспедиция с участием авторов исследования в 2015 году.  
Фото Михаила Варенцова

Энергоэффективная память.  
Иллюстрация @tsarcyanide

Оригинальная статья: *Temporal and spectral fingerprints of ultrafast all-coherent spin switching*; S. Schlauderer et al.; *Nature*, May 2019.

## Супергерой среди накопителей

✍ Екатерина Жданова

Ученые создали прототип супер-энергоэффективной памяти будущего.

### БУТЫЛОЧНОЕ ГОРЛЫШКО

В области стремительно развивающихся информационных технологий есть спрос на устройства, контролируемые квантовыми механизмами без энергетических потерь. Ведь более 3% мирового электричества идет на обслуживание центров хранения данных — и цифра продолжает расти. Фундаментальные законы физики совсем не запрещают существование технологии быстрого и энергетически эффективного хранения данных — а ведь именно чтение и запись информации является «бутылочным горлышком» в развитии информационных технологий.

Наиболее надежной реализацией хранения данных является кодирование двоичных «0» и «1» за счет определенной ориентации микроскопических магнитов — спинов — в магнитных материалах. При этом изменение, или «перемагничивание» бита обычно осуществляется с помощью импульсного магнитного поля. Однако такой способ весьма неэффективен в смысле потребления энергии и времени переключения состояний.

### МИНИМУМ ЭНЕРГИИ И ВРЕМЕНИ

Ученым из МФТИ и их коллегам из Германии и Нидерландов удалось добиться переключения намагниченности материала на предельно коротких временах и с минимальными энергетическими затратами. Другими словами, исследователи разработали прототип энергоэффективных запоминающих устройств.

«Идея заключалась в том, чтобы использовать обнаруженный ранее механизм переключения спинов как инструмент для эффективного вывода спинов из положения равновесия и исследования фундаментальных пределов по скорости и энергозатратам записи информации. В работе мы исследовали характерные черты (fingerprints) механизма с предельно возможными скоростями и минимально возможным рассеянием энергии», — говорит Алексей Кимель, соавтор работы, профессор Университета Неймегена (Нидерланды).

Спиновые состояния подвергались воздействию специально настроенных Т-импульсов. Энергия фотонов в них порядка величины энергетического барьера между спиновыми состояниями, а длительность — порядка пикосекунд, что соответствует одному колебательному циклу света. Необходимой интенсивности удалось достичь

### ПРЯМАЯ РЕЧЬ



**Анатолий Звездин**, профессор, заведующий лабораторией физики магнитных гетероструктур и спинтроники для энергосберегающих информационных технологий МФТИ:

— Редкоземельные материалы, на которых было сделано это открытие, переживают сейчас второе рождение. Их базисные свойства подробно изучались полвека назад. Много сделали в этом отношении российские физики — выпускники МГУ и МФТИ. Это очень хороший пример того, как фундаментальные исследования через десятилетия находят свой путь в практику.

за счет специально разработанной структуры, состоящей из нанооптических золотых микрометровых антенн, расположенных поверх образца — ортоферрита туллия.

В результате ученые обнаружили в спектре характерные черты того, что спины удалось переключить полностью и с минимальными (на уровне термодинамических пределов) потерями. Впервые спины переключились Т-лучами в течение всего лишь 3 пикосекунд и практически без потерь энергии. Такое достижение демонстрирует огромный потенциал магнетизма для решения основных проблем информационных технологий. **зн**



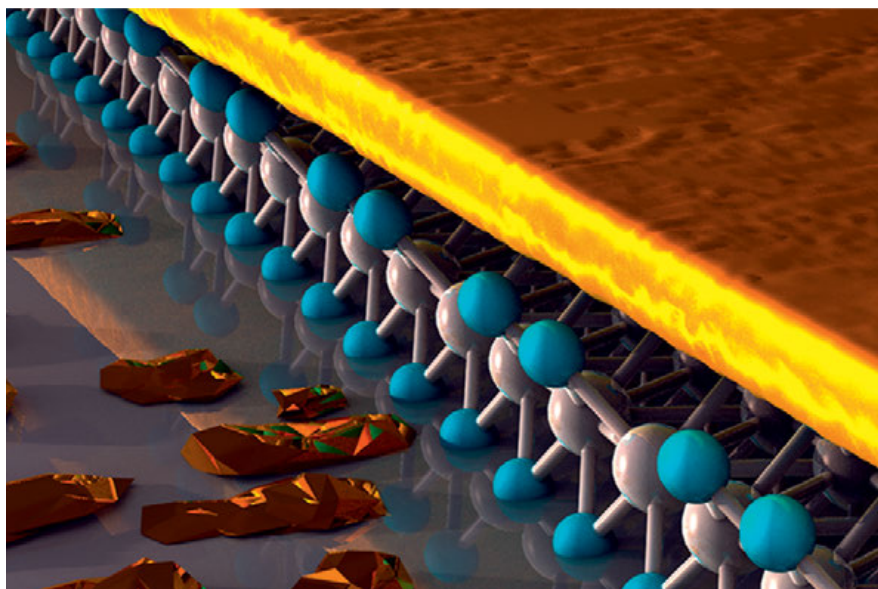


Иллюстрация © Elio Maru Studio

Оригинальная статья: *Ultrathin and ultrasmooth gold films on monolayer MoS<sub>2</sub>*; D.I. Yakubovsky, et al.; *Advanced Materials Interfaces*, April 2019.

## От высокомерного к двумерному

✍ Мария Комарова

Ученые получили квазидвумерное золото.

### ДВУМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

С открытием в 2004 году графена — слоя углерода толщиной в один атом — родилась новая область науки. В настоящее время известно уже более сотни двумерных материалов. Они состоят из веществ, которые в трехмерном виде имеют слоистую структуру: атомы разных слоев связаны слабо, а одного — сильно. Из них легко получить пластину толщиной в один атом — графен отделили с помощью скотча. Но есть и неслоистые перспективные материалы, такие как металлы, от которых можно добиться квазидвумерности — очень маленького числа слоев. Например, для различных приложений в оптоэлектронике требуются прозрачные и проводящие электроды. Двумерные слои золота, серебра или меди могли бы стать незаменимыми для гибкой и прозрачной электроники (складывающиеся дисплеи, электронная бумага и одежда, линзы со встроенной электроникой и др.).



### ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Алексей Арсенин**, директор Центра фотоники и двумерных материалов МФТИ:

— Мы ожидаем, что в области квазидвумерных металлов все только начинается. Еще вчера они были недоступны даже для ученых. Сегодня можно говорить о больших перспективах предложенной нами технологии для гибкой и прозрачной электроники. Хотелось бы завтра увидеть ее в производстве, и мы над этим работаем.

### МЕТОД ОСАЖДЕНИЯ

Металлическую пленку скотчем не получить, ее делают методом осаждения: металл испаряют в вакууме, и его молекулы летят на подложку. Молекулы металла собираются в наночастицы, частицы растут, между ними появляются соединения, получается пленка

с рывтинами. Так, с наращиванием толщины, структура получается все более гладкой. Пустоты в пленке мешают проводимости, у нее теряются металлические свойства — так же железная сетка хуже проводит ток, чем железный лист. Перед учеными стоит задача добиться гладкости металлической пленки на толщинах менее 10 нанометров (нм).

### ДВАЖДЫ 2D

Физикам с московского Физтеха пришла в голову идея: чтобы получить двумерный материал, надо использовать двумерный материал. Ученые решили попробовать подложки, содержащие серу, поскольку она образует с золотом достаточно прочную связь. Добавив всего один слой дисульфида молибдена, удалось получить значительно более тонкую и гладкую пленку из золота с характерной для металлов электрической проводимостью на толщинах всего 3–4 нм. Характеристики этих пленок оказались гораздо лучше, чем у значительно более толстых пленок, полученных на обычной подложке.

Исследователи подчеркивают, что метод универсален — на любую поверхность, независимо от ее свойств, можно нанести слой дисульфида молибдена и получить ультратонкую и ультрагладкую пленку золота. Авторы работы измерили оптические свойства полученных пленок и выложили данные в открытом доступе.

Валентин Волков, руководитель лаборатории нанооптики и плазмоники МФТИ, один из соавторов работы, комментирует: «Любой исследователь может взять наши данные и использовать их для моделирования фотонных или оптоэлектронных устройств и даже искусственных материалов, так называемых метаматериалов. В сочетании с предложенной нами технологией такие материалы и устройства могут быть реализованы на практике». **ЭН**

Оригинальная статья: *Prototype of cathodoluminescent lamp for general lighting using carbon fiber field emission cathode*; Evgenii P. Sheshin et al.; *Journal of Vacuum Science & Technology B*, May 2019.



#### ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Евгений Шешин**, руководитель работы, профессор МФТИ, заместитель заведующего кафедрой вакуумной электроники:

— Наш автокатод построен на основе обычного углерода. Но этот углерод работает не просто химикатом, а структурой: мы научились создавать из углеродных волокон такую конструкцию, которая не боится ионной бомбардировки, дает высокий эмиссионный ток, технологична и дешева в производстве. Это чисто наше ноу-хау, такой технологии нет больше нигде в мире.

## Лампочка Шешина против светодиодов

✍ Дмитрий Людмирский

Ученые создали катодолуминесцентную лампу с уникальными характеристиками.



Иллюстрация @tsarcyanide

### ПРИНЦИП КИНЕСКОПА

Ставшие уже привычными в быту светодиодные лампочки — не единственная экономичная альтернатива лампам накаливания: с 1980-х годов в мире изучают возможность применения для общего освещения так называемых катодолуминесцентных светильников. Их работа основана на том же принципе, что и кинескопы старых телевизоров: внутри вакуумной колбы находится катод (отрицательный электрод) и анод (положительный электрод), между которыми создается значительная разность потенциалов (до десятка киловольт). Под действием электрического поля электроны, испускаемые катодом, бомбардируют поверхность анода, под которой нанесен слой люминофора, и заставляют последний светиться.

Такая лампочка хороша тем, что может излучать свет практически в любой области спектра — от красной до ультрафиолетовой, — зависит только от люминофора. Но создать эффективный, долговечный и при этом технологичный автокатод, имеющий приемлемую для массового производства себестоимость, край-

не сложно: ни в Японии, ни в США, где сейчас ведутся подобные работы, этого сделать до сих пор не удалось.

### НОВАЯ ЛАМПОЧКА

Сотрудники кафедры вакуумной электроники МФТИ совместно с учеными из ФИАН создали и испытали прототип катодолуминесцентной лампы общего освещения, основанной на явлении автоэлектронной эмиссии и обладающей не достигнутыми никем в мире характеристиками надежности.



Лабораторный прототип лампочки

Ученые специальным образом обработали углеродный материал, из которого сделано острие катода. Это позволило создать вблизи поверхности катода сверхвысокую напряженность электрического поля, которая выбивает электроны в окружающий вакуум.

Кроме этого, им удалось сконструировать компактный источник питания, обеспечивающий необходимые для эффективной эмиссии электронов киловольты. Он целиком помещается по периметру колбы лампочки, почти не влияя на ее размеры.

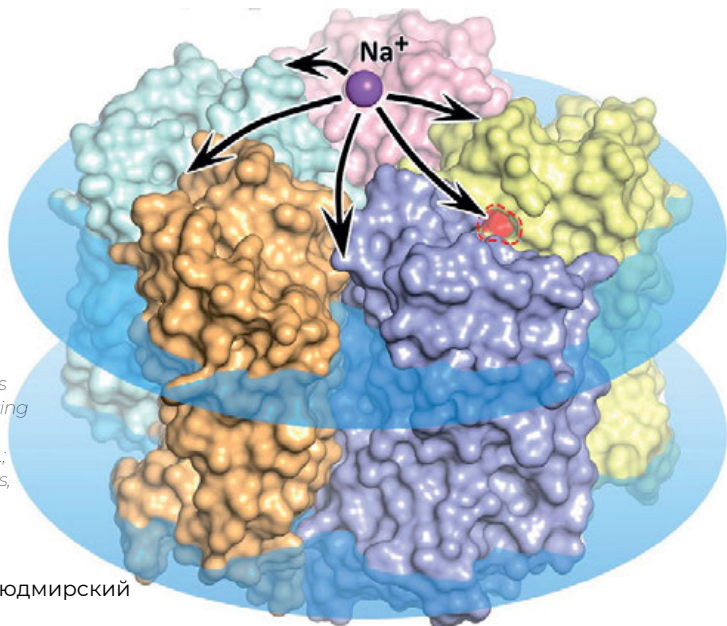
Разработанные катодолуминесцентные лампочки имеют преимущество перед светодиодами.

«Наша лампочка не боится повышенных температур, в отличие от светодиода, — говорит Дмитрий Озол, соавтор работы, сотрудник кафедры вакуумной электроники МФТИ, — и может эксплуатироваться там, где светодиод быстро потеряет яркость».

Они могут заменить и экологически опасные ртутные люминесцентные лампы, которые мы сейчас повсеместно используем в своих квартирах.

Лампы не содержат импортных комплектующих, не требуют при производстве импортного и редкого сырья (галлий, индий, редкоземельные элементы). **ЭН**





Оригинальная статья: Structure and mechanisms of sodium-pumping KR2 rhodopsin; Kirill Kovalev et al.; Science Advances, Apr 2019.

✍ Дмитрий Людмирский

## Подлинная структура

Ученые выяснили, какая из пяти структур многообещающего белка-родопсина существует в реальности.

### СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ БЕЛОК

Международная группа исследователей впервые в мире раскрыла и изучила структуру белка-родопсина KR2 в физиологических условиях. Эта пионерская работа сулит новый прорыв в одной из самых актуальных биомедицинских дисциплин — оптогенетике — и таких ее практических применениях, как лечение широко распространенных неврологических заболеваний.

Обнаруженный несколько лет назад белок-родопсин KR2 принадлежит к группе светочувствительных белков, которые как раз и использует оптогенетика. Под воздействием света они позволяют заряженным частицам — ионам — проникать в клетку или выходить из нее. Внедряя подобные белки в нейронную

### ПРЯМАЯ РЕЧЬ



**Валентин Горделий**, председатель научного консультационного совета Центра молекулярных механизмов старения и возрастных заболеваний МФТИ и руководитель исследований в Институте структурной биологии в Гренобле:

— Мы впервые смоделировали так называемые физиологические условия существования и работы KR2 и в результате описали именно ту структуру нового белка, которая возникает при надлежащих свойствах окружающей среды.

мембрану, ученые получают возможность направленными световыми импульсами управлять активностью нервных клеток.

**Оптогенетика — новейшая биофизическая и биомедицинская дисциплина, изучающая возможности и практики управления нервными и мышечными клетками живого организма при помощи направленного воздействия световым излучением**

Белок-родопсин KR2, внедренный в клеточную мембрану (изображена на рисунке в виде голубых дисков), пропускает либо блокирует ионы натрия в зависимости от воздействия света. Источник: Kirill Kovalev et al., Science Advances

### ПЯТЬ ОТЛИЧАЮЩИХСЯ СТРУКТУР

Но волна исследований, порожденная открытием KR2, столкнулась и с некоторыми весьма загадочными свойствами этого родопсина. В частности, оказалось, что несколько групп ученых в ходе своей работы обнаружили и описали в общей сложности целых пять отличающихся друг от друга структур многообещающего белка.


«И встал драматический вопрос: а какую же из этих структур считать правильной?» — рассказывает один из основных авторов работы аспирант МФТИ Кирилл Ковалев.

И вот теперь выяснились причины пугающего многообразия структур нового белка. Оно оказалась порождено тем, что разные группы исследователей изучали KR2 в не полностью одинаковых условиях. Между тем, белок синтезируется организмом бактерии, обитающей в океане при очень специальных параметрах окружающей среды, и только при них он обладает своими уникальными свойствами.

Специалисты считают, что знание подлинной структуры революционно для оптогенетики родопсина в физиологических условиях открывает грандиозные возможности для изучения работы нервной системы живых организмов, моделирования новых инструментов оптогенетики и их применения в медицинской практике.

Помимо сотрудников Центра исследований молекулярных механизмов старения и возрастных заболеваний МФТИ, в работе принимали участие ученые из Института структурной биологии Гренобльского университета и Европейского ускорительного комплекса в Гренобле (Франция), Юлихского исследовательского центра, Аахенского университета и Института Макса Планка (Германия). **ЭН**

Оригинальная статья: *A thermostable flavin-based fluorescent protein from Chloroflexus aggregans: a framework for ultra-high resolution structural studies*, Vera V. Nazarenko et al.; *Photochemical & Photobiological Sciences*, May 2019.

 Дмитрий Людмирский

## Свещающийся, маленький, термостабильный

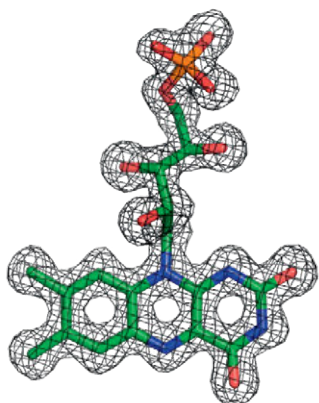


Свещающиеся бактерии с флуоресцентным белком на чашке Петри в виде эмблемы МФТИ. Фото предоставлено авторами исследования

Белок с такими свойствами позволит открыть новые горизонты в изучении жизни клеток.

### ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ МИКРОСКОПИЯ

Новый метод исследования живых тканей основан на явлении наведенного свечения — флуоресценции. Некоторые белки могут под действием лазерного излучения определенной длины волны испускать свет другой длины волны, который хорошо виден с помощью специального микроскопа. Если флуоресцентный белок методами генной инженерии пристроить к какому-либо другому интересующему ученых белку, то за жизнью последнего внутри клетки можно наблюдать в микроскоп. Этот метод оказался настолько ценен для науки, что за флуоресцентную микроскопию



Трехмерная структура фотоактивной молекулы внутри белка — флавиномононуклеотида. Предоставлено авторами исследования

были присуждены одна за другой две Нобелевские премии: одна за открытие самого метода, другая — за радикальное повышение его точности.

Но те флуоресцентные белки, которые до сих пор применялись для изучения внутриклеточной жизни, обладали некоторыми важными недостатками: они быстро распадались под действием тепла, имели большие размеры и не могли флуоресцировать в отсутствие кислорода.

### НОВЫЙ БЕЛОК

Биофизики из МФТИ вместе с французскими и немецкими учеными сконструировали новый флуоресцентный белок беспрецедентно малого размера и невиданной прежде термостабильности.

Белок со столь замечательными свойствами ученые поначалу обнаружили в клетках одной из термофильных (живущих при высоких температурах окружающей среды) бактерий. Затем методами генной инженерии они сконструировали последовательность ДНК, которая воспроизводит только флуоресцентный фрагмент, «отрезав» все то лишнее, что лишь увеличивает размер белковой молекулы.

Ген, в котором закодирован новый белок, ученые подсадили в клетки другой бактерии — обычной кишеч-

### ПРЯМАЯ РЕЧЬ



**Вера Назаренко**, научный сотрудник лаборатории структурного анализа и инжиниринга мембранных систем МФТИ:

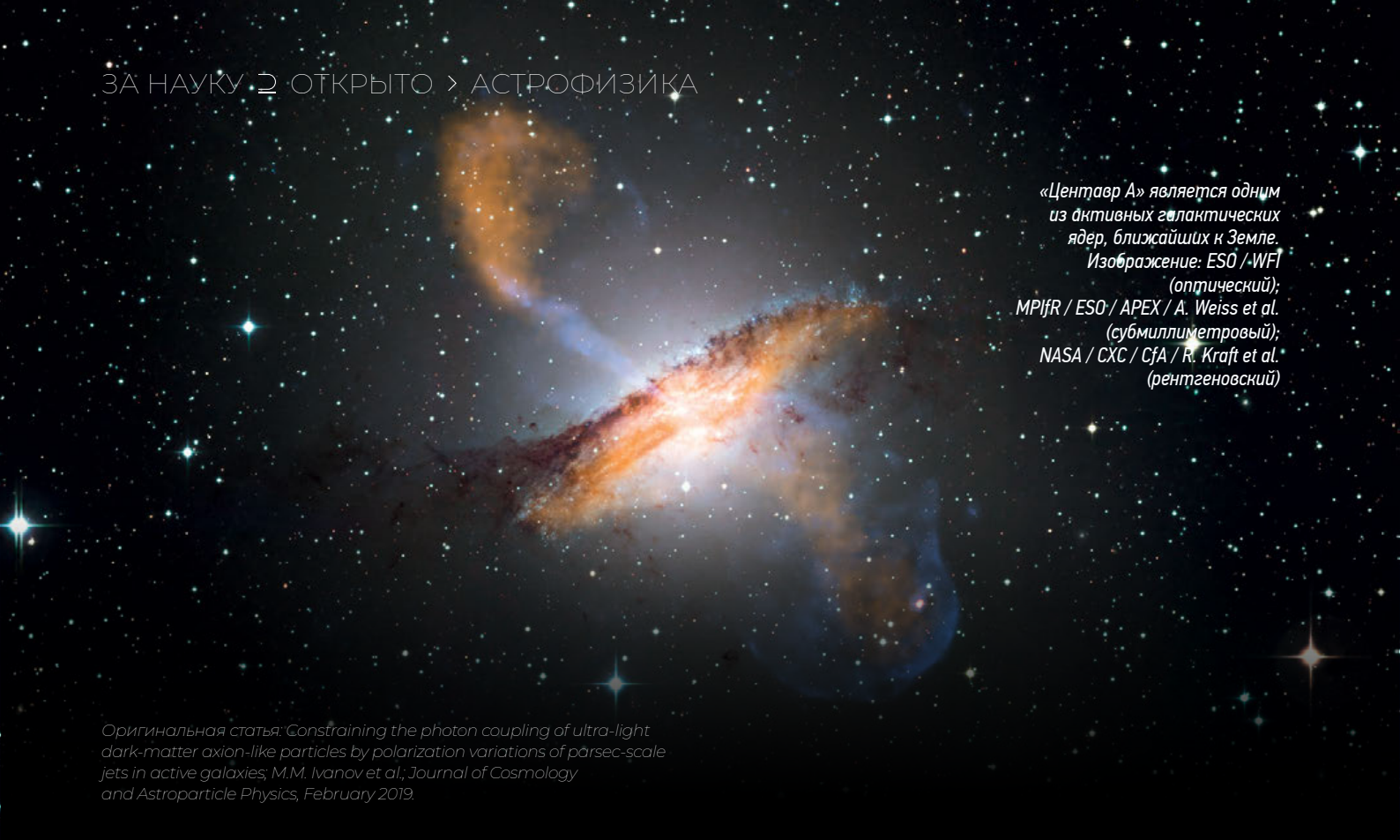
— Наш белок, во-первых, более термостабилен по сравнению с аналогами: он разрушается только при 68 °С. Во-вторых, он обладает миниатюрными размерами в сравнении с большинством применяемых сейчас громоздких флуоресцентных белков. И может светиться в бескислородных условиях.

ной палочки, — которая после этого сделалась фабрикой для производства нового флуоресцентного белка с уникальными свойствами.

Именно этих свойств, собранных в одном белке, давно ждали исследователи. Подсаживая флуоресцентные белки в живую клетку, ученые добывают важнейшие данные о жизни и смерти клеток. В частности, флуоресцентная микроскопия — один из лучших инструментов изучения механизмов возникновения и развития злокачественных опухолей.

До сих пор ее возможности были ограничены низкой стабильностью и громоздкостью флуоресцентных белков. Но теперь эти ограничения преодолены благодаря физтехам. **зн**






«Центавр А» является одним из активных галактических ядер, ближайших к Земле.  
Изображение: ESO / WFI (оптический); MPIJR / ESO / APEX / A. Weiss et al. (субмиллиметровый); NASA / CXO / CfA / R. Kraft et al. (рентгеновский)

Оригинальная статья: *Constraining the photon coupling of ultra-light dark-matter axion-like particles by polarization variations of parsec-scale jets in active galaxies*; M.M. Ivanov et al.; *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, February 2019.

# Темную материю ограничили

 Вячеслав Мещеринов

Загадка состава темной материи все еще не решена.



## ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Сергей Троицкий**, один из авторов работы, главный научный сотрудник Института ядерных исследований РАН:

— Мы говорим о частицах темной материи, которые на 28 порядков легче электрона. Для модели, которую мы решили проверить, это принципиально важно. Расчеты показывают, что эти частицы должны слабо взаимодействовать с фотонами, электромагнитным излучением. Значит, изучать их должно быть гораздо проще, потому что астрономия позволяет наблюдать электромагнитное излучение.

## НЕЛЕГКИЙ ПОИСК СВЕРХЛЕГКИХ ЧАСТИЦ

Когда частиц много, можно говорить о них как о поле, которое заполняет всю Вселенную с определенной плотностью. Если рассмотреть участки в космическом пространстве размером порядка 100 парсек, то, согласно

законам физики, поле в пространстве такого размера должно согласованно колебаться. Период колебаний определяется массой частиц, и если исходить из рассмотренной авторами модели, он должен составлять порядка одного земного года. При прохождении поляризованного излучения сквозь такое поле плоскость поляризации световой волны должна начать вращаться с тем же периодом. Подобные изменения свойств излучения ученые и хотели отследить благодаря астрономическим наблюдениям.

Однако в выборке из 30 наблюдаемых объектов периоды осцилляции поля не повторялись. Это значит, что взаимодействие с излучением рассмотренных сверхлегких частиц темной материи можно смело исключить. В дальнейшем авторы планируют искать проявления возможных частиц темной материи больших масс, которые рассматриваются в других теоретических моделях. Для этого нужны иные методы наблюдений и спектральные диапазоны. По словам Сергея Троицкого, альтернативные модели имеют более жесткие ограничения. **ЭН**

## ТЕМНЫЙ СОСТАВ

Самые разные наблюдения показывают, что темная материя существует, но она не может состоять из частиц Стандартной модели. Речь идет про расширение Стандартной модели элементарных частиц. Причем обсуждаются гипотетические частицы с массами от  $10^{-28}$  до  $10^{14}$  масс электрона, то есть на 40 порядков отличающимися друг от друга.

Существует теоретическая модель, которая объясняет состав темной материи с помощью сверхлегких частиц. Она успешно решает часть задач, которые вытекают из астрономических наблюдений. Однако такие легкие частицы сложно изучать, потому что они очень слабо взаимодействуют с окружающим веществом и светом.

Оригинальная статья: *Seasonal Water «Pump» in the Atmosphere of Mars: Vertical Transport to the Thermosphere*; Dmitry S. Shaposhnikov et al.; *Geophysical Research Letters*; April 2019.

# Как Солнце «качает» воду с Марса

✍ Анастасия Митько

Разработанная астрофизиками модель позволяет объяснить ряд ранее непонятных явлений.

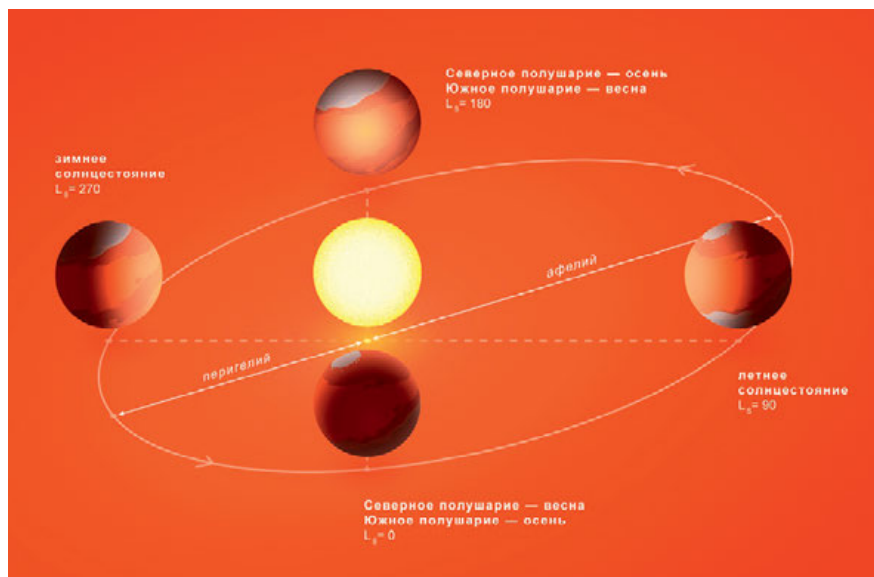
## НАБЛЮДЕНИЯ СО СПУТНИКОВ

Данные, полученные от спутника Марса MAVEN и космического телескопа «Хаббл», свидетельствуют о периодически возникающем потоке атомов водорода, покидающих атмосферу планеты. Согласно наблюдениям, «утечка» возрастает во время летнего солнцестояния в южном полушарии и при пылевых бурях. Было выдвинуто предположение, что водород — результат распада воды под действием солнечного света. Однако оставалось неясным, как вода проникает в верхние слои атмосферы. Атмосфера Марса холодна — вода формирует в ней облака, состоящие из мельчайших кристалликов льда, — и разрежена, поэтому воздушные потоки не могут «поднять» эти кристаллики на высоту более

60 км. В связи с этим физики выдвинули гипотезу о существовании некоего «насоса», «закачивающего» воду вверх.

## МОДЕЛЬ

Физики из России и Германии провели моделирование, используя новые данные. Оказалось, что концентрация воды в атмосфере сильно меняется в течение года. Наибольших величин она достигает, когда планета проходит перигелий, ближайшую к Солнцу точку орбиты. Сезонные ветра, дующие вдоль меридианов, переносят тепло и влагу из «летнего» полушария в «зимнее». Основная масса воды действительно сосредоточена в нижних слоях атмосферы, на высоте не более 30 км, но расчеты показали, что в период перигелия



Орбита Марса гораздо более вытянута по сравнению с почти круговой земной. Иллюстрация пресс-службы МФТИ



## ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Дмитрий Шапошников**, научный сотрудник лаборатории прикладной инфракрасной спектроскопии МФТИ:

— Солнце работает как насос, который, «включаясь» днем, помогает воде преодолеть высоту в 60 км над поверхностью. При пылевой буре концентрация влаги в воздухе и скорость воздушных потоков выше, поэтому «насос» способен поднять воду на большую высоту.

вода в южных приполярных областях Марса может «просочиться» в верхние слои атмосферы, попав в небольшой восходящий воздушный поток — своего рода «бутылочное горлышко».

## СОЛНЦЕ И ПЫЛЬ

На Земле за приливы и отливы океана отвечает Луна. По аналогии — восходящие и нисходящие потоки в атмосфере Марса также называются «приливами» и «отливами», однако на них наибольшее воздействие оказывает Солнце. Днем, когда Солнце греет сильнее, вода поднимается на высоту более 80 км, где некоторая часть  $H_2O$  распадается под действием ультрафиолета на водород и кислород.

Пылевые бури, порой захватывающие собой всю планету, тоже влияют на круговорот воды. Из-за увеличения количества частиц пыли в воздухе формируются более мелкие ледяные кристаллики, которые оседают медленнее больших. За счет этого ледяные облака при буре располагаются выше. Кроме того, запыленный воздух прогревается сильнее, что также увеличивает количество влаги, которое он способен удержать.

Таким образом, повышенное содержание пыли в воздухе помогает воде преодолеть «бутылочное горлышко» и попасть в верхние слои атмосферы. **зн**



# Тайны третьей планеты

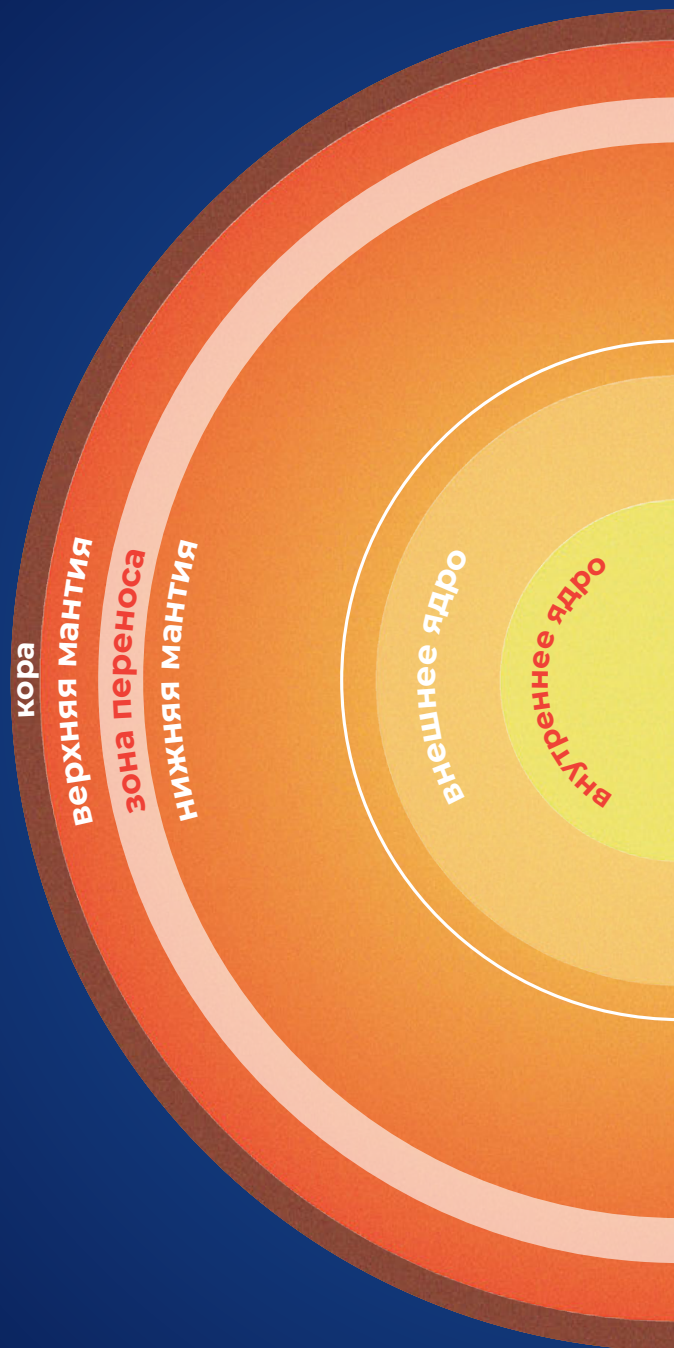
Каждый читающий эти строки появился на свет только потому, что на Земле сложилась уникальная для космических тел обстановка — здесь существует жизнь. Миллиарды тонн воды и внутренние источники тепла когда-то помогли жизни зародиться. Насыщенная кислородом азотная атмосфера позволила ей развиваться. Озоновый слой по сей день защищает наземную жизнь от жесткого солнечного излучения.

Все это составные части гигантской, довольно инертной системы, но убери один кирпичик из этой кладки — и дом может рухнуть. Нельзя сказать, что антропогенный фактор важнее всех процессов, протекающих на нашей планете. Но про него нельзя забывать. Нужно непрерывно изучать мир вокруг, как это делали за тысячи лет до нас. Земля хранит еще много тайн, которые ждут своих первооткрывателей.

Неизведанные земные недра, о которых мы имеем скорее общее представление. Устройство почв. Безбрежный Мировой океан, который до сих пор изучен лишь на несколько процентов от своего объема. Атмосфера, без которой никакая поверхностная жизнь была бы невозможна. Изменение климата. Наконец, само изучение Земли человеком — как оно происходит? В этих вопросах мы разбирались со специалистами профильных институтов РАН и МФТИ.







# Твердь о трех китах

✍ Вячеслав Мещеринов

Изучение твердой оболочки Земли и ее поведения — жизненная необходимость для многих миллионов людей. Жители Японии, Камчатки и Курильской гряды, Чили и Перу, Океании могут в любой момент оказаться жертвами очередной природной катастрофы, которая способна унести десятки и сотни тысяч жизней. Именно поэтому очень важно научиться предсказывать такие страшные природные катаклизмы, как землетрясения и цунами. И за последнее десятилетие ученые сделали большой рывок к возможности такого прогноза.

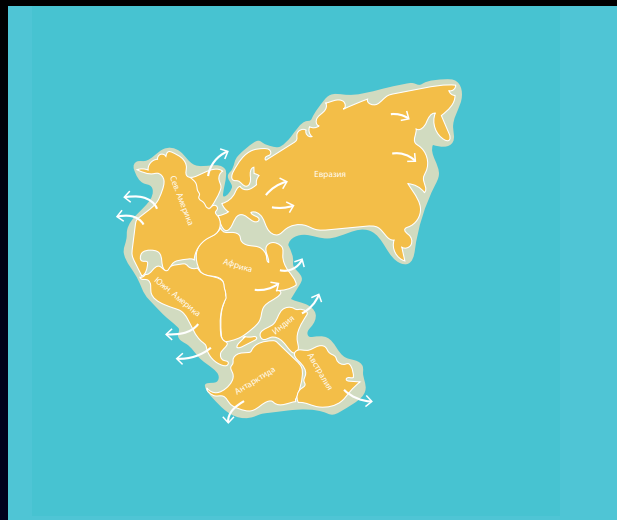
**В** начале 1960-х годов в науках о Земле произошла революция с возникновением новой парадигмы — тектоники литосферных плит. Она гласит, что твердый слой литосферы около 100 километров толщиной разбит на ряд крупных плит, которые движутся по поверхности планеты в горизонтальном направлении. Они взаимодействуют: где-то сближаются, где-то расходятся, где-то скользят друг относительно друга. И такими движениями плит определяется вся геологическая деятельность на Земле: вулканизм, землетрясения, возникновение осадочных бассейнов.

Там, где плиты расходятся, образуются так называемые рифтовые зоны, или зоны спрединга, и если процесс длится долго, образуются океаны. Так образовался Атлантический океан, ведь когда-то берега Южной Африки и Южной Америки были сомкнуты. Они до сих пор имеют схожий контур береговой линии. Северная Америка и Западная Европа тоже были сомкнуты. Еще примерно 200–250 миллионов лет назад существовал единый континент Пангея.

При сближении плит возникает зона коллизии и появляются такие горы, как Памир или Гималаи. Последние, к примеру, возникли потому, что Индийская плита двигалась на север и наконец врезалась в Евразийскую.

Океанская плита может продвигаться под континентальную. При этом движении возникают островные дуги, как Курило-Камчатская зона. В таких местах случаются самые сильные землетрясения на Земле с магнитудами примерно 8–8,5. Здесь же часто бывают цунами, вызванные подводными землетрясениями. Например, катастрофа 2004 года на Суматре, когда ужасно разрушительное цунами прошло и по Индийскому, и по Тихому океану. Или случившееся в 2011 году несчастье в японской Фукусиме. Тогда цунами повредило атомную станцию и произошло радиационное загрязнение. Эти катастрофы случались из-за того, что океанская плита давит на континентальную, продолжая погружаться вниз, уходит в мантию, и в зоне трения этих плит возникают землетрясения.

Сегодня концепция тектоники плит — универсальная концепция развития Земли в целом. Чтобы

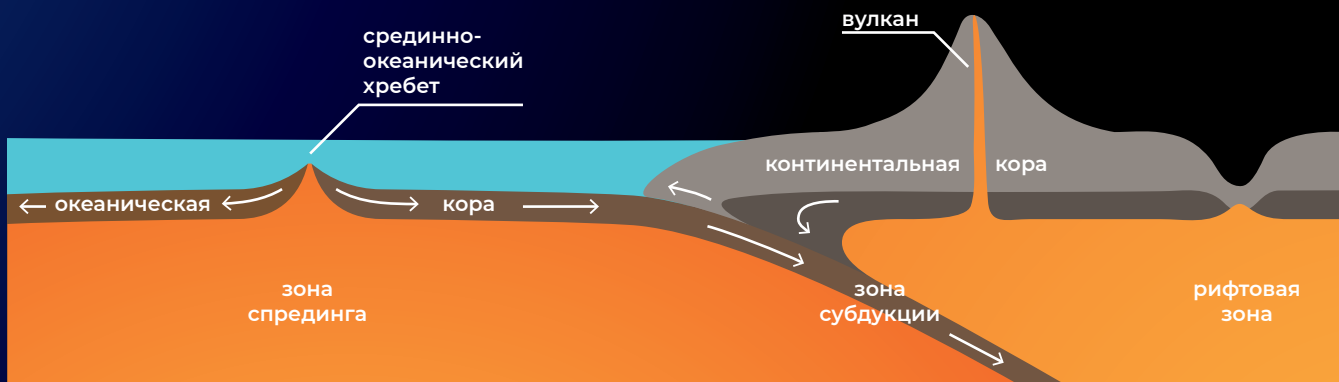


Пангея

объяснить их движение, нужно изучать медленные движения глубинного материала планеты в верхней и нижней мантии. Возникающие восходящие и нисходящие потоки за счет сцепления тащат плиты вдоль горизонтальной поверхности Земли. Скорость движения плит — несколько сантиметров в год, как и скорость мантийного течения.

### ИСКОПАЕМАЯ ЖИЗНЬ

Тектоника плит дала основу для поиска месторождений полезных ископаемых. Крупные залежи нефти и газа находятся в так называемых осадочных бассейнах — это углубления в земной коре, заполненные мелкими частицами, которые сносятся с гор. Осадочные области расположены на пассивных окраинах континентов. Например, вдоль Арктического шельфа проходит осадочный бассейн, поэтому там большие залежи нефти и газа. Но они есть и внутри континентов. Непосредственное местоположение полезных ископаемых определяется путем сейсморазведки и последующего пробного бурения. Но обширные области, в которых залежи могут существовать, определяются именно тектоникой.





**ПРЯМАЯ РЕЧЬ**

**Василий Голубев, старший научный сотрудник лаборатории прикладной вычислительной геофизики МФТИ:**

— Почему именно сейсморазведка получила наибольшее распространение среди всех геофизических методов разведки? Толщина целевого пласта, в котором сосредоточена нефть, может составлять единицы метров. Поэтому при планировании бурения на несколько километров нужно с достаточной точностью знать его глубину залегания. Сейсморазведка обладает наилучшим пространственным разрешением — оно может достигать 5–10 метров по вертикали.

→ К настоящему времени разработано довольно много инженерных подходов к поиску и разведке месторождений полезных ископаемых, таких как углеводороды и руды металлов. Этим подходам уже не один десяток лет, но они продолжают совершенствоваться по сей день. Метод сейсморазведки основан на том, что в геологической среде возбуждаются колебания, которые распространяются в ней, встречая на своем пути слои с разными свойствами. Слои могут быть более или менее акустически жесткими, что будет сказываться на скорости распространения в них колебаний. Также на границах слоев будут происходить отражения прямой акустической волны и ее преломление. Волна также будет огибать локальные неоднородности, меняя тем самым направление движения, — этот эффект зависит от соотношения между длиной волны и размером препятствия. Поэтому обычно при сейсморазведке используют колебания с частотами в диапазоне 30–60 Гц.

Существует и другой способ изучения недр — электроразведка, основанная на пропускании сквозь среду электромагнитных волн. Эта методика более востребована при поиске залежей металлических руд. Есть еще и гравиразведка, позволяющая искать гравитационные аномалии по изменению вектора ускорения свободного падения. Оба эти метода дешевле и успешно применяются для предварительного выбора области интереса, в которой может располагаться залежь, для восстановления структуры которой в дальнейшем уже и выполняется детальная сейсморазведка.

Говоря о тектонике плит, нельзя не упомянуть об условиях в зонах спрединга, которые становятся ее следствием. На сегодня основная масса всех земных биоресурсов находится в океане. И именно под водой, в зонах спрединга, согласно современным теориям, когда-то зародилась жизнь. В таких областях океанического дна из глубин по трещинам выходят под большим давлением гидротермы, температура которых достигает 300°C. И хотя этот процесс протекает под многокилометровой толщей воды, куда не проникает солнце и где не может быть фотосинтеза, там по сей день возникают целые колонии сообществ, которым не требуется кислород.

**ГУЛЯТЬ ПО ВОДЕ И ПО ОРБИТЕ**

Источником колоссального объема информации о нашей планете в XXI веке стали спутниковые измерения. Группировки спутников детально измеряют параметры поверхности дна, проводят зондирование Земли. Спутниковые океанология и геодезия сейчас выходят на передний план.

Но океанологические экспедиции по-прежнему нужны, потому что они дают более детальную информацию о местах проведения замеров. Сочетание спутниковых данных и точечных измерений на судах в каком-то районе дает наилучший результат. Существуют также системы автономных буйковых и донных измерительных станций.

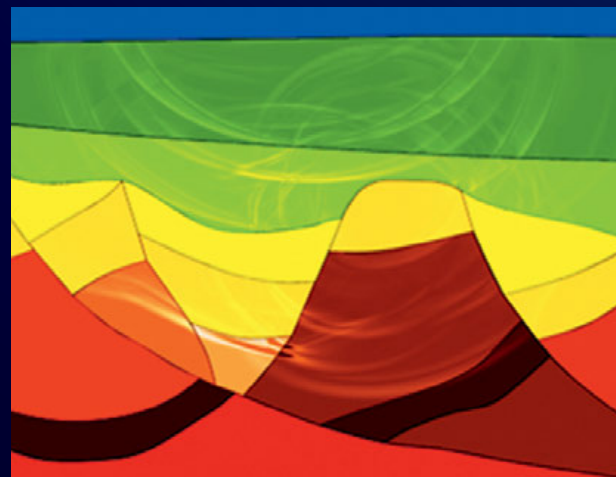
С помощью специальных инструментов на спутниках сегодня можно измерять мутность воды, температуру поверхности дна, отслеживать нахождение и распределение фито- и зоопланктона. Если говорить про рельеф дна, он определяется в основном по гравитационным аномалиям. Скрытый под толщей воды донный хребет искажает гравитационное поле, что можно определить с орбиты. А для определения углублений используется такой прибор, как гравиметр.

Благодаря спутникам может изучаться и магнитное поле. Они позволяют найти аномалии в гравитационном, тепловом или магнитном полях, показывают смещение дна и слоев земной поверхности. Сейчас можно измерять горизонтальное смещение поверхности Земли с точностью до нескольких миллиметров. Это очень важно для предсказания землетрясений.

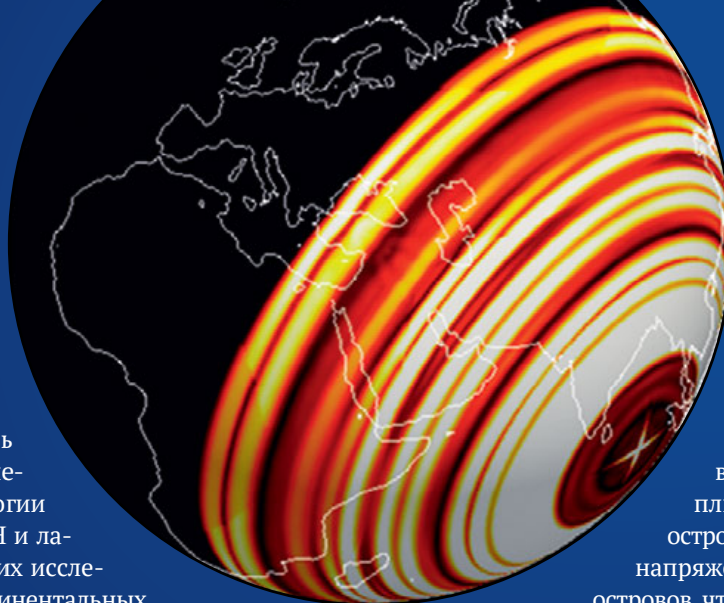
**ОТ НЕОЖИДАННОСТИ К ПРОГНОЗУ**

*«У нас есть модели различных тектонических процессов, лучшие, чем на Западе. Например, вопросы землетрясений и цунами мы понимаем в большей степени. Наш Институт океанологии занимается, например, моделями подводных землетрясений. Частично мы этим заняты и в новой лаборатории на Физтехе, которой я руковожу», —*

*Распространение упругих волн в геологической среде с криволинейными границами. Численный расчет*



Распространение из очага землетрясения упругих волн в трехмерной упругой модели Земли. Численный расчет



делится руководителем Геологического направления Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН и лаборатории геофизических исследований Арктики и континентальных окраин Мирового океана МФТИ Леопольд Лобковский.

Математическое моделирование может дать некоторые преимущества и в вопросах разведки полезных ископаемых. Возможность сравнения реального сигнала, регистрируемого на дневной поверхности при полевом исследовании, с синтетическим сигналом, полученным численным расчетом с использованием известной скоростной модели среды, позволяет предполагать дополнительные особенности исследуемой области подземных недр. К тому же моделирование дает возможность подобрать оптимальную организацию полевых исследований. Разработанные в лаборатории прикладной вычислительной геофизики МФТИ методы моделирования распространения возмущений в неоднородной среде могут масштабироваться с уровня локальных задач сейсморазведки до изучения колебаний, вызванных сильными землетрясениями, по всему земному шару.

«Разработанные нами модели геологических сред состоят из описания упругих параметров различных слоев, положений границ между ними, различных неоднородностей: карстовых или кавернозных включений, трещин, разломов. Имеется возможность учета топографии дневной поверхности. Учет тех или иных эффектов при моделировании зависит от масштабов задачи и исследуемых параметров. Ведь если описывать динамическое поведение всей нашей планеты от поверхности до центра, то в большинстве случаев топографией поверхности можно пренебречь — она не будет играть заметной роли. Если же заняться описанием строения какого-то ограниченного небольшого участка, без учета того, как устроена поверхность, точного расчета скорее всего не получится», — рассказывает заместитель заведующего лабораторией прикладной вычислительной геофизики МФТИ Николай Хохлов.

Для описания землетрясений и цунами в зонах субдукции группой руководителей геологического направления Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН

и руководителя лаборатории геофизических исследований Арктики и континентальных окраин Мирового океана МФТИ Леопольда Лобковского разработана «клавишная модель землетрясения», которая основывается на взаимодействии литосферной плиты и сейсмогенных блоков островной дуги. Там накапливается напряжение. Происходит смещение островов, что фиксируется спутниковыми данными. По определенным алгоритмам можно определить природу того, что именно происходит.

«То, что мы видим при помощи спутниковой геодезии, подтверждает нашу теорию клавишной модели землетрясений. Она была построена достаточно давно, но подтвердилась в последние 10 лет — технологии сделали качественный толчок. Это большой прорыв, и теперь мы понимаем, как развивать и улучшать ее и как подходить к прогнозу, что самое главное. Например, какой-то блок уже накапливает напряжение, значит, в течение 10–15 лет там произойдет сейсмическое событие масштаба катастрофы. До сих пор же такие землетрясения становились полной неожиданностью», — поясняет Леопольд Лобковский.

## Через одно-два десятилетия ученые смогут с достаточной временной точностью предсказывать катастрофы в том или ином регионе нашей планеты

Для улучшения любой модели нужны большие ряды статистических данных, возможность непрерывно собирать которые появилась только в XX веке. Но у человека нет возможности ждать тысячелетия, пока не накопится достаточное их количество. Живущим сегодня важно знать, что случится в текущем столетии.

А для этого нужна модель, качественно работающая на основании тех рядов, которые уже получены.

Основным поставщиком данных для ученых последние 15 лет является космическая геодезия. За это время спутники зафиксировали несколько катастроф, во время которых велись наблюдения за движением тектонических блоков. Также изучалось их поведение до и после катаклизма. Именно эти данные привели к подтверждению клавишной модели.

Модель открывает возможности для прогноза, но для этого необходимо развернуть достаточно обширную сеть наземных станций. Они нужны на Курилах, на Камчатке, в Японии, в Чили. Тогда можно будет следить за каждым блоком, который подвержен накоплению напряжений. В таком случае есть вероятность, что через одно-два десятилетия ученые смогут с достаточной временной точностью предсказывать катастрофы в том или ином регионе нашей планеты. **ЭН**



# КОЖА

# З Е М Л И

Почвенный покров — тончайшая пленка земной коры (всего не более 2–3 метров), образовавшаяся в результате взаимодействия живого и неживого. Она в центре экосистемы, которая обеспечивает жизнь и накапливает энергию на нашей планете. Как сегодня изучают «кожу» Земли, нам рассказали Андрей Алексеев, директор Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (ИФХиБПП РАН) и Людмила Плеханова, старший научный сотрудник этого института.

✍ Татьяна Небольсина

## ФОРМУЛА ПОЧВЫ

Специалисты различают пять факторов почвообразования — это горная порода, климат, живые организмы, рельеф и время, в течение которого все происходило. Сегодня ученые выделяют еще и антропогенный фактор.

Почва — многокомпонентная система. Это твердая фаза, которая представлена как минеральными, так и органическими соединениями. Это живая фаза, которая заселена множеством микроорганизмов и почвообитающих животных, или вместе — мезофауна. 80% исследуемых микробиологических объектов — почвенные. Почва — это и корневые системы растений. Это и гумус, который формируется в процессе разложения опада и биогеохимических циклов. Считается, что гуминовые веще-

ства — основа плодородия, хотя это не совсем так. Источником питания являются минеральные компоненты, которые формируются в результате выветривания горных пород и функционирования почв. Питательные вещества в гумусе находятся в недоступной

### СПРАВКА

Память почвы — фундаментальная способность почвы как природной системы отражать и записывать особенности формировавшихся ее процессов и природной обстановки

для растений форме, но тем не менее без него нет и плодородия. Гумус называют «крестом и стыдом химиков» со времен Менделеева (лаборатория Дмитрия Ивановича занималась изучением гумуса), но

его точная органическая формула до сих пор неизвестна.

Почва не формируется за один день. Если мы нарушаем почвенный покров, восстановить его бывает очень сложно. Сначала под действием ветра и воды миллионы лет образуется кора выветривания, каменная порода заселяется микроорганизмами, формируется почва. Граница между ними условная, потому что коры выветривания при участии биологического фактора фактически приближаются к почвам.

В разрезе видно, что почва — это сложенная система горизонтов, и в каждой местности этот набор уникален. Кроме горизонтов, неповторимой является и структура, агрегатное строение. Агрегаты — органо-минеральные комплексы, между ними могут быть газ и вода. Все вместе они определяют почву,



## ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Людмила Плеханова**, научный сотрудник ИФХИБП РАН, автор книг по эволюции почв Урала и динамике климата голоцена в степной зоне:

— Почва — это устойчивая система, очень буферная, функционирующая как единое целое. Почвенный покров мощностью до 2 м, если смотреть сверху, напоминает мозаику из разных видов почв, а в разрезах имеет ярко выраженные генетические горизонты. Эти горизонты формируются в процессе почвообразования, они однородны и параллельны земной поверхности. Вместе составляют почвенный профиль и различаются между собой по форме, структуре, цвету. Генетическими эти горизонты называются потому, что образуются они в процессе генезиса, происхождения. В каждом условиях среды формируется свой тип почв. Он определяет продуктивность биоценоза, который на нем будет длительно существовать.

которую специалисты называют «биокосное природно-историческое тело».

Заселенность суши живыми организмами исчисляется миллиардами лет, и такой же возраст имеют первые примитивные почвы планеты. На каждом квадратном метре почвы средней полосы России можно встретить до 100 разных видов почвенных обитателей. Охранять «кожу» Земли надо как биологический вид, как растения или животных. В связи с этим, например, существует «Красная книга почв России».

## ВАЖНЕЙШАЯ ОСНОВА ЖИЗНИ

Почва формирует пространство для роста растений и микроорганизмов, определяет возникновение и существование всей современной биосферы.

Почвенный покров является также зоной контакта атмосферы, гидросферы и литосферы. Находясь в центре соприкосновения и взаимодействия всех приповерхностных геосфер Земли, он оказывается пространством пересечения многих экологических связей, важнейшим звеном в биогеохимических циклах, обеспечивающих жизнь на планете.

Для литосферы, каменной оболочки Земли, почва является одним из важных условий изме-

нения. Она участвует в биохимическом преобразовании верхних слоев скалистой породы, становится источником вещества для формирования многих минералов, пород и полезных ископаемых, защищает литосферу от эрозии. Через почву идет передача аккумулированной солнечной энергии и веществ атмосферы в недра Земли.

Нормальное функционирование водной оболочки, гидросферы, также тесно связано с почвенным покровом. Именно от почвы зависит, какая часть атмосферных осадков поступит в реки в виде поверхностного стока, а какая — в виде грунтового, что в значительной степени определяет равномерность питания рек. Она является фактором биопродуктивности водоемов, поскольку с почвенным раствором в них поступает значительное количество макро- и микроэлементов, которые активно используются разнообразными организмами, живущими в водной среде. Почва также выполняет роль барьера от загрязнений, сорбционного фильтра для акваторий.

Жизнь атмосферы существенно зависит от взаимодействия с почвенным покровом, поскольку почва участвует в поглощении и отражении солнечной радиации, в регулировании влагооборота атмосферы, является источником твердого вещества и микроорга-

низмов, попадающих в воздушный океан, в значительной мере определяет газовый состав атмосферы.

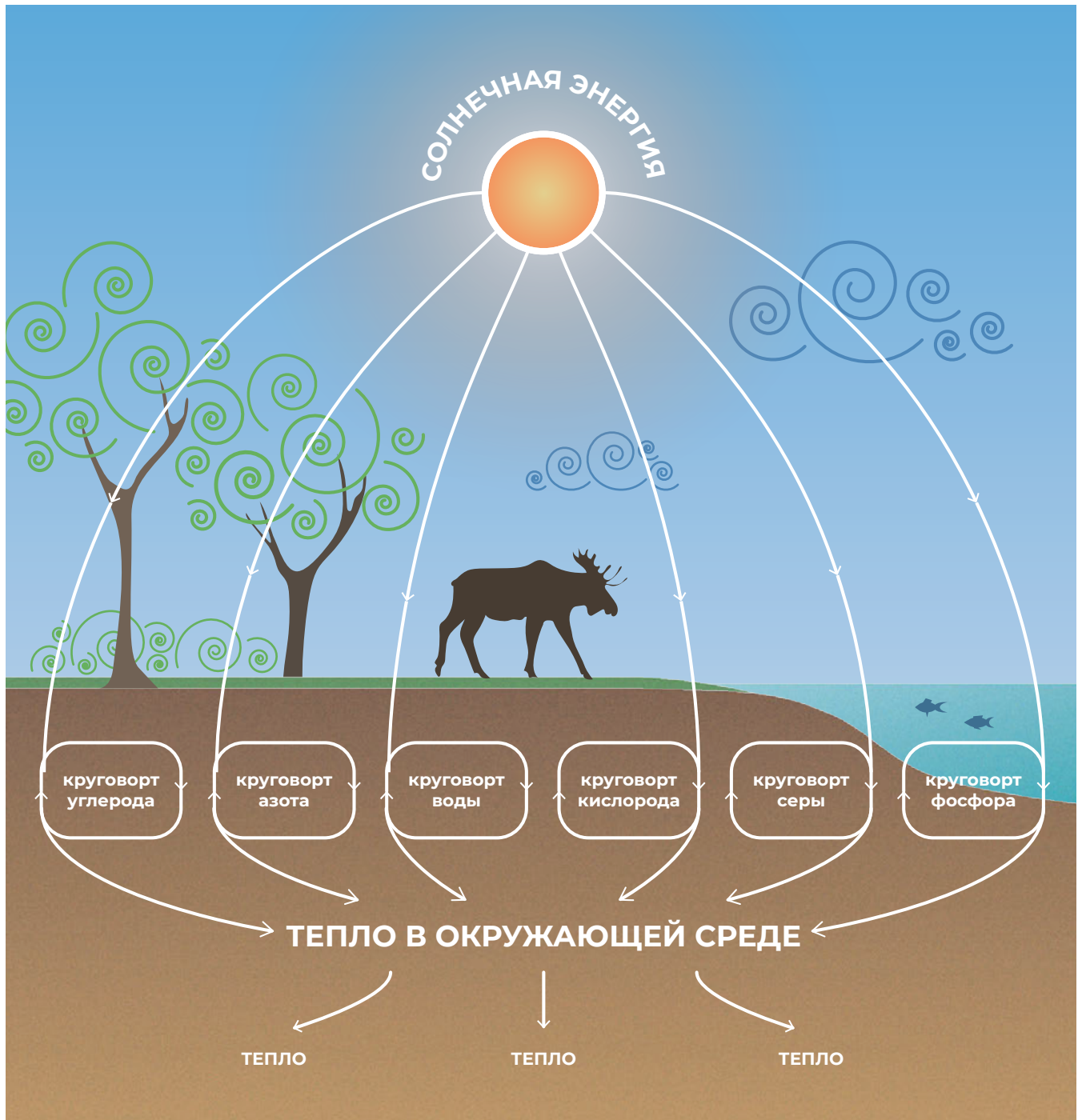
Особенно важное значение имеет связывание диоксида углерода. Эта связь двусторонняя: благодаря связыванию и возврату  $\text{CO}_2$  в недра Земли обновляется глубинный источник диоксида углерода, идущий на пополнение его содержания в атмосфере. Это позволяет поддерживать жизнь на Земле и формировать резерв  $\text{CO}_2$  путем накопления органического вещества и карбонатных пород.

Современная атмосфера сформировалась порядка 542 млн лет назад после развития континентальной →

*Разрез погребенной почвы под каменистой насыпью эпохи бронзы, Южный Урал. Фото Людмилы Плехановой*







Роль почвы в биогеохимических циклах

**Диоксид углерода атмосферы примерно на 90% имеет почвенное происхождение**

биосферы — появления в ней сложноорганизованных биоценозов и почв. Она нестабильна по газовому составу, особенно в нижних слоях, где идут постоянные изменения. Благодаря расположению почвы на стыке с атмосферой, пористому слоению и активному продуцированию газов почвенной биотой газообмен между воздухом и почвой происходит очень интенсивно.

За 1 час потребляется 1000–4000 л/га кислорода, в таких же примерных количествах выделяется углекислый газ. Диоксид углерода атмосферы примерно на 90% имеет почвенное происхождение. В то же время почва поглощает оксид углерода, или угарный газ, который в большом количестве производится промышленностью и транспортом.

## ХРАНИЛИЩЕ ИНФОРМАЦИИ

Почвы являются памятью ландшафта. Более 500 млн лет назад первые растения вышли на сушу, начался процесс почвообразования, почва начала формироваться в том виде, в котором она существует сегодня. По смене свойств почвенного покрова можно проследить, как менялся климат. Это природная летопись, сходная с геологическими шкалами, но на меньший период времени. По последовательности типов почв видно, как на этой территории менялись климатические условия, биоценозы, антропогенные воздействия. Способность почвы как особой природной системы отражать и записывать особенности формировавших ее процессов и природной обстановки ученые назвали «памятью почв».

В твердой фазе почвы есть и оксиды железа, и глинистые минералы, которые формируются в определенных термодинамических условиях. Можно реконструировать условия, при которых они формировались или разрушались. Магнитные минералы, кристаллы меньше одного нанометра, формируются в почве тоже при определенных внешних условиях и при наличии конкретных почвенных

Скифский курган



## ПРЯМАЯ РЕЧЬ



**Андрей Алексеев**, директор ИФХиБПП РАН, член-корреспондент РАН:

— Одно из ключевых направлений нашего института — изучение почв в геологическом и историческом прошлом Земли, археологическое почвоведение. Эти исследования позволяют нам реконструировать климат Европейской части России за последние 5 тысяч лет. Исследуя твердую фазу и органические вещества, являющиеся памятью почв, мы видим, в какой отрезок времени были резкие периоды засухи, повышение температур и уменьшение осадков. Например, четыре тысячи лет назад произошла катастрофическая засуха на большой территории: в наших степях и на Ближнем Востоке. Аккадское государство, существовавшее в XXIV–XXII веках до н. э. на месте современного Ирака, просто исчезло из-за изменившихся природных условий. Резкое опустынивание произошло и в Африке. Затем были периоды оптимальных условий в Средневековье, потом опять начинались изменения, часть из которых мы наблюдаем в настоящее время. Это природные планетарные циклы, и не всегда человек является определяющим фактором.

микроорганизмов. Расшифровать память твердой фазы позволяет изучение минералов, магнитных свойств почвы, изотопии.

Органические вещества тоже формируются в зависимости от условий, имеют разные свойства и функциональные группы. Этот процесс связан с климатом в первую очередь. Поэтому память почв в ее значительной части представлена именно органическим веществом.

Наука выделяет еще и биологическую память. В палеопочвах частично сохраняются микроорганизмы, которые существовали

в тот исторический период, когда формировалась древняя почва. Если создать благоприятные условия, поместив древних микробов в чашки Петри, они начинают расти и размножаться.

Ученые строят шкалы изменений свойств почв в зависимости от климатических условий. Это уже важно для прогнозов. Используя данные знания, можно построить сценарии изменения почвенного покрова при глобальных и локальных изменениях климата. **ЭН**

## КУРГАНЫ

В степной зоне России сохранилось много курганов — насыпей, созданных древними людьми за последние пять тысяч лет. Совместно с археологами в раскопках участвуют и почвоведы. Под насыпью кургана сохраняется в законсервированном виде почва, которая была в то время, так как ее развитие прервано этой самой насыпью. Ученые сравнивают хроносрез этой почвы с современной, расположенной поблизости, развитие которой не прерывалось. Накладывая хроносрез старой почвы на профиль современной, почвоведы выделяют реликтовые признаки, следы тех климатических условий, в которых формировалась древняя почва, и таким образом получают полную историю развития ландшафта на данной территории.



# Через прошлое в будущее

✍ Вячеслав Мещеринов, Екатерина Овсепян

Не зная прошлого, не построишь будущего. Так могут по праву считать историки и археологи. Так же полагают и палеоклиматологи — ученые, которые занимаются изучением климата прошлого. На основании постоянно пополняющегося объема данных и с учетом накопленных знаний по современному поведению климата палеоклиматология дает представление о том, как он развивался и под действием каких факторов. Благодаря этой науке однажды мы сможем предсказать изменения климата в будущем. Но сперва нужно заглянуть как можно дальше в прошлое и попытаться проследить историю природных изменений с наименьшим возможным временным шагом. Как же ученые узнают о событиях давно прошедших дней, расскажем на примере океанического архива данных.

**Н**а Земле существует много палеоклиматических архивов, которые являются источником информации об истории климата. Ледовые керны, озерные отложения, пещерные сталагмиты, морские и континентальные осадки — все эти образования содержат память об изменениях природных условий на Земле. Сегодня благодаря расшифровке этих летописей мы имеем представление о том, как менялся климат в течение ближайших к современности геологических эпох — плейстоцена и голоцена.

Говоря о климате и его тенденциях, важно понимать, о каких временных масштабах идет речь. Имеем ли мы в виду последнее столетие, где многочисленные данные наблюдений свидетельствуют о глобальном потеплении, или же мы рассуждаем о сотнях, тысячах и сотнях тысяч лет, в течение которых теплые эпохи периодически сменялись холодными.

К примеру, последние 800 тысяч лет климат менялся циклично: длительные периоды похолодания (около 90 тысяч лет) сменялись короткими периодами потепления (примерно 10 тысяч лет). Получается, что мы живем в конце современного межледникового периода, то есть «теплой эпохи», за которой обязательно последует похолодание. Тут идет речь о десятках тысяч лет, и нам сложно

это заметить из-за ограниченной продолжительности жизни человека.

В свою очередь, крупные климатические циклы содержат в себе периодичность более низкого порядка. В интервале последнего оледенения с максимумом 20 тысяч лет назад, по материалам Гренландских ледовых кернов, установлено 23 тысячелетних цикла. Каждый из них начинался с очень резкого потепления, а потом температура медленно опускалась и достигала точки локального минимума. Эти циклы названы циклами Дансгарда — Эшгера по имени открывших их ученых.

## В ПОИСКАХ ГОДОВЫХ КОЛЕЦ

Что касается экспедиций к земным полюсам, целью которых является получение ледовых кернов, или в пещеры на поиски записей, скрытых в сталагмитах, — этим занимаются большие международные группы. Им важно получить длинные непрерывные и максимально подробные ряды палеоклиматических данных, которые смогут служить репером при корреляции морских и континентальных архивов.

Ледники на континентах, где в течение тысяч лет зимой постоянно выпадал снег, который затем спрессовывался в лед, являются подходя-

## СПРАВКА

Сталагмиты — натечные образования, которые формируются в пещерах в ходе отложения карбоната кальция из капель воды, которые просачиваются с поверхности. Температура в пещерах почти не меняется в течение года, там нет причин, которые нарушали бы процесс формирования натечных форм, и «записи» накапливаются постепенно, без перерывов. Длительность формирования сталагмитов исчисляется тысячами лет, поэтому эти образования по праву считаются надежными архивами палеоклимата. В последовательных горизонтальных срезах натечных форм запечатаны сведения об изотопном составе атмосферных осадков, выпадавших в период их формирования, а изотопный состав осадков, в свою очередь, определялся климатом.

щими объектами для поиска опорных записей. Гренландские ледовые керны демонстрируют временное разрешение (то есть временной шаг между соседними слоями) до 1 года в некоторых интервалах. Эти разрезы содержат информацию об изменениях природной среды за последние 123 тысячи лет. Самый длинный антарктический ледовый керн содержит климатическую запись последних 800 тысяч лет. Данные с шагом в десятки лет в отдельных интервалах получены при изучении сталагмитов из пещер Китая, Южной Америки и Западной Европы. По китайским сталагмитам ученые сумели расшифровать данные о климате до 640 тысяч лет назад.

## ПАЛЕООКЕАНОЛОГИЯ

*«Одной из задач нашей лаборатории является реконструкция изменений характеристик океанов и морей в геологическом прошлом. Эта область интересов выделяется в науку палеоокеанологию как часть общей палеоклиматологии. Поскольку океан играет определяющую роль в формировании клима-*

*та на временных отрезках в тысячи и сотни тысяч лет, то знание его свойств и процессов, протекавших в нем в прошлом, представляет большой интерес для науки. Несмотря на то, что Мировой океан занимает 71% площади нашей планеты, в настоящее время он изучен лишь на 2–5%. Поэтому данных для полного понимания того, что происходило в прошлом, все еще недостаточно. В наших исследованиях мы используем целый ряд индикаторов, которые помогают понять, как, к примеру, менялась циркуляция вод в глубинах палеоокеана, какие факторы влияли на величину биологической продуктивности, насколько сильны были придонные течения и каким образом все эти изменения были связаны с климатом Земли в течение отдельно взятых интервалов геологической истории», — рассказывает старший научный сотрудник лаборатории палеоокеанологии Института океанологии имени П. П. Ширшова РАН Екатерина Овсепян.*

Для того, чтобы получить эти данные, нужны колонки морских осадков. Они накапливаются слой за слоем, сохраняя в себе информацию о характеристиках океана в момент своего формирования. Чтобы получить такие колонки, используется специальная трубка, которая опускается на дно, врезается в него, после чего срабатывает запирающий механизм, и она поднимается наверх, заполненная осадком. Нижняя часть колонки соответствует более древним событиям, верхняя часть — относительно недавним. Поднятая колонка делится на секции метровой длины. Затем каждая секция фотографируется и режется вдоль на две части: одна консервируется и уходит в архив, другая остается для исследований. Рабочая часть секции нарезается послойно, как правило, по одному сантиметру. Далее в каждой пробе проводится целый ряд анализов, результаты которых впоследствии интерпретируются.

Для реконструкций палеоусловий используется целый набор индикаторов. К примеру, в откры-

Подготовка ударной трубки к спуску на корме научно-исследовательского судна «Академик Иоффе»







Замначальника экспедиции И. О. Мурдмаа принимает решение по частоте отбора проб в данной секции колонки

→ том океане средний размер зерен, слагающих анализируемые осадки, может говорить об интенсивности придонных течений. Чем крупнее средний размер, тем более вероятно, что скорости придонных течений в соответствующий период времени были выше. Минеральный и геохимический анализы дают представление об источниках сноса материала, которым сложен осадок. Кроме того, в толще и на дне океана обитают многочисленные представители морской флоры и фауны, некоторые из которых захораниваются после гибели. Хорошо сохраняются в осадке те организмы, которые имеют твердый скелет или раковину. Как правило, это представители микрофлоры (диатомовые водоросли, кокколитофориды) и микрофауны (фораминиферы, остракоды, радиолярии, птероподы).

Разные типы сообществ, которые можно обнаружить в отобранном осадке, могут рассказать об условиях среды, в которой он формировался. Можно оценить, какими были температура, соленость, достаточно ли было кислорода и органического вещества для питания. Изотопный состав раковин фораминифер дает представление о водных массах, в которых обитали эти микроорганизмы.

Таким образом, с помощью многочисленных индикаторов реконструируется палеоокеанологическая обстановка в соответствующий период.

«Не в любом месте океана реально получить колонку, по которой возможно сделать реконструкцию. Нам нужно знать, какого возраста этот осадок. И чем точнее мы определим возраст, тем точнее будут наши выводы. Одним из наиболее распространенных способов определения абсолютного возраста является метод радиоуглеродного датирования. Предел измерений составляет примерно 60 тысяч лет назад. Для определения возраста более древних осадков используется, к примеру, изотопно-кислородная стратиграфия. Для таких построений необходимо

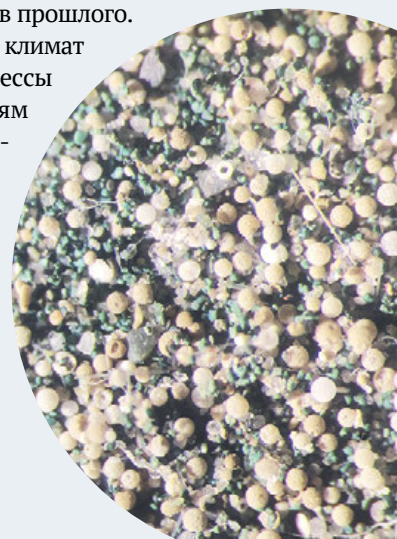
иметь непрерывную серию изотопно-кислородных данных, которые получают по раковинам фораминифер определенного вида. Значит, наша колонка донных осадков должна содержать эти раковины в достаточном количестве по всей длине разреза», — уточняет Екатерина Овсепян.

Объем исторических данных, которые можно поднять со дна, зависит прежде всего от технических возможностей научно-исследовательского судна. Однако скорости седиментации и наличие перерывов в палеоокеанологической летописи также играют важную роль. Где-нибудь в середине океана, в глубоководной котловине очень низкие скорости осадконакопления: несколько миллиметров в тысячу лет. Это значит, что в таких районах можно поднять короткую колонку с большим временным охватом. А если взять колонку с континентальной окраины, то скорости осадконакопления могут достигать 20 сантиметров в тысячу лет. Естественно, чем дальше мы пытаемся заглянуть в прошлое, тем меньше информации у нас есть в распоряжении, тем хуже она сохраняется и сложнее ее расшифровать.

В наших знаниях об истории климата Земли остается еще слишком много белых пятен, и мы находимся еще в самом начале пути к расшифровке климатических процессов прошлого.

Но понимание того, как менялся климат на нашей планете, какие процессы сопутствовали этим изменениям на суше и в океане и какие механизмы являлись движущей силой этих изменений на разных временных рубежах, является основой для прогнозов климата будущего. **ЭН**

Промытый океанский осадок с континентального склона Патагонии под бинокляром



# Вахта в пяти океанах

✍ Вячеслав Мещеринов, Елена Хавина

Эпоха великих географических открытий благополучно ушла в Лету. Но неужели потомкам путешественников прошлого совсем ничего не осталось на Земле и единственной надеждой остается космос? Спутниковое

картирование достигло разрешения в несколько сантиметров. Кажется, поверхность нашей планеты уже не сохранила темных пятен. Однако более 90% объема океана

остаются неизученными, именно он сегодня таит наибольшее число из оставшихся тайн нашей планеты.

Что же представляют собой современные морские экспедиции, каковы их цели, и ждут ли они молодых? →

*Академик Мстислав Келдыш. Фото Дмитрия Глуховца*



## КОЛЫБЕЛЬ ЖИЗНИ

Исследование нашей планеты невозможно без натуральных экспедиционных измерений. В случае изучения климата и океана экспедиции на научно-исследовательских судах (НИС) — не романтическое развлечение, а служебная необходимость, без которой не получится разобраться ни в одном процессе региональной или глобальной изменчивости.

В России экспедиции из-за дороговизны их подготовки и сложностей содержания флота могут себе позволить лишь несколько крупных исследовательских организаций — Институт океанологии РАН, ААНИИ и Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН. У всех перечисленных есть свой экспедиционный флот, в общей сложности насчитывающий более десятка судов. На бортах этих научно-исследовательских судов, названных в честь больших ученых, и проходят все российские регулярные морские экспедиции.

*«Мы проводим каждый год около дюжины экспедиций. Центр морских экспедиционных исследований при Институте океанологии, где сосредоточен весь флот бывшей Академии наук, делает в сумме около 25 экспедиций в Атлантическом, Тихом и Северном Ледовитом океанах. Например, на «Академике Келдыше» мы проходим регулярный рейс по 60-й параллели северной широты — делаем ежегодный мониторинг климатических изменений от Англии до Гренландии. Также на «Келдыше» проводятся рейсы по Севморпути: это Гренландское, Норвежское, Баренцево, Карское моря. Мы ведем регулярный мониторинг Балтийского моря и Атлантики совместно с ГИН РАН и ГЕОХИ РАН» — говорит врио директора Института океанологии Алексей Соков.*

*Подготовка подводного аппарата МИР-2 к погружению*



### ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Алексей Соков**, врио директора Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН:

— Уже 7–8 лет мы в Институте океанологии привлекаем в свои экспедиции биологов, чтобы наши наблюдения дополнить биологическими измерениями — очень важным вспомогательным параметром. Благодаря совместным усилиям было сделано замечательное открытие: мы обнаружили глубокую конвекцию. Были найдены живые клетки на глубинах 1200–1300 метров, хотя известно, что биологические клетки живут без кислорода не больше месяца. Последние 3–4 года наши исследования в Северной Атлантике на разрезе по 60-му градусу северной широты выходят на комплексный уровень: гидрофизика, биология, геология — но так или иначе все эти исследования требуются для изучения климата.

### КТО? КУДА? ЗАЧЕМ?

Глобальная задача океанических экспедиций — комплексное изучение Мирового океана: от циркуляции вод до обитающих на различных глубинах организмов. У каждой экспедиции свое специфическое задание. Например, рейсы в северную Атлантику нацелены на изучение крупномасштабной циркуляции вод в регионе и исследование водообмена между Атлантическим океаном и Арктикой. Температура, соленость, концентрации растворенных в воде веществ, направления и скорости течений на поверхности и в толще необходимы, чтобы построить и усовершенствовать климатические модели, которые нужны для составления корректного прогноза изменения климата.

В том же районе, на акватории Гренландского, Норвежского и Баренцева морей проводятся геологические экспедиции руководителя лаборатории физико-геологических исследований ИО РАН Александра Лисицына, на базе результатов которых изучаются процессы осадконакопления. Для этого ученые устанавливают автономные донные станции.

Но не только современный климат изучают по экспедиционным данным. Например, контуристы — отложения, сформированные под действием придонных течений, — позволяют разобраться в прошлом океанов. «Мы занимаемся историей формирования контуристов в центральной и южной Атлантике. Для этого поднимаем со дна колонки осадков и по ним реконструируем обстановку осадконакопления и изменения скоростей придонных течений. В рамках этих исследований в 2010 году сотрудниками нашего института было открыто новое контуристовое тело на юге Бразильской котловины, которое назвали «дрифтом Иоффе» — по имени судна. Этот дрейф возрастом

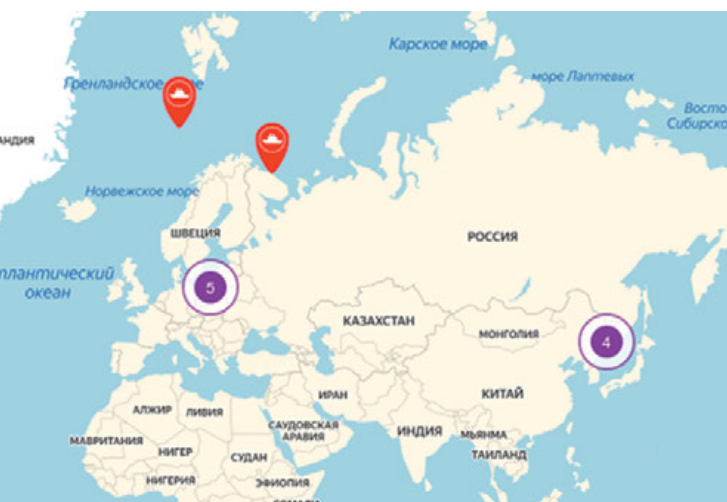
более 3 миллионов лет», — делится старший научный сотрудник лаборатории палеоокеанологии ИО РАН Екатерина Овсеян.

Флагманом исследовательского флота является научно-исследовательское судно «Академик М. Келдыш». На нем проходят самые разнообразные экспедиции: от экологических и биологических исследований руководителя лаборатории экологии планктона ИО РАН Михаила Флинта на акватории Карского моря, центральным вопросом которых является биопродуктивность океана, до рейсов заведующего лабораторией арктических исследований Тихоокеанского океанологического института Дальневосточного отделения РАН Игоря Семилетова по изучению состояния подводной мерзлоты и выбросов метана в Арктике.

Комплексные исследования группы Игоря Семилетова направлены на количественную оценку выбросов метана вследствие деградации подводной мерзлоты и дестабилизации гидратов метана. Такие экспедиции коллектив выполняет около 20 лет, что крайне важно для понимания «фонового» экологического состояния арктических морей до начала интенсивного промышленного освоения арктического шельфа и использования Северного морского пути.

В рамках экспедиции 2019 года впервые будут выявляться источники и стоки основных парниковых газов (двуокиси углерода и метана) во всех северных морях Евразии. Ученые будут выполнять эти исследования в 90-суточной экспедиции Дальневосточного научно-исследовательского гидрометеорологического института, которая состоится по маршруту Владивосток — Мурманск — Владивосток на борту НИС «Профессор Мультиановский». Это позволит получить информацию о роли морских экосистем морей Евразии и балансе основных парниковых газов в северном полушарии.

Местонахождение флота Центра морских экспедиционных исследований ИО РАН



«Таких масштабных исследований не может себе позволить ни одна страна, кроме России. К работе в экспедициях мы привлекаем студентов и молодых ученых из Томского политехнического университета, МФТИ, Центра морских исследований МГУ и Северного (Арктического) Федерального университета», — рассказывает Игорь Семилетов.

Перечислять морские экспедиции можно до бесконечности. Однако в океане по-прежнему остается колоссальное число белых пятен, и мы все еще очень многого не знаем о нем и его устройстве. Активно изучать океан в нашей стране начали только во второй половине прошлого века, и научным группам, занимающимся этим сегодня, присуща классическая для отечественной науки нехватка в молодых специалистах, умеющих работать в море. Чтобы вырастить смену, в Институте океанологии создан плавучий университет.

## ПЛАВУЧИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Идея университета проста: на борту судна во время экспедиции для студентов читают лекции. Параллельно с образовательной программой участники университета привлекаются к конкретным экспедиционным работам. В итоге студенты и пополняют свои знания, и осваивают на практике работу «в море».

«Мы хорошо понимаем важность обучения студентов морской практике, потому что без этого понять специальность совершенно невозможно. Мы их учим и геологии, и геофизике, и геохимии, даем азы атмосферных наук. Но, вспоминая себя в молодости, трудно представить, чего можно было бы достичь в науке, если бы у нас не были организованы морские практики — сначала учебные, потом производственные», — вспоминает Алексей Соков.

Получается, что стать морским волком сегодня все еще можно. Более того, старшие товарищи будут рады толковой молодежи с горящими глазами и обветренными лицами. Нужно лишь сделать шаг, чтобы ступить на палубу. **ЭН**





# Водный мир

✍ Вячеслав Мещеринов

Более двух третей поверхности нашей планеты покрыты океаном, при этом лишь около 2–3% акватории Мирового океана на сегодня можно считать в достаточной степени изученными. Он хранит еще очень много тайн, и неизвестно точно, к чему приведут антропогенные загрязнения, безответственная добыча биоресурсов и полезных ископаемых. Можно с уверенностью сказать лишь то, что от океана сегодня зависит жизнь миллиардов людей. Постараемся разобраться, почему это так и что же сегодня известно об океане.

## ВОЗДЕЙСТВИЕ НА КЛИМАТ

Потепление в Арктике идет куда большими темпами, чем в других точках нашей планеты. С чем это связано? Вопрос, на который не очень просто ответить. Большое значение имеет то, что ледяной покров тает. Его площадь сокращается, и это подтверждается данными судовых и спутниковых наблюдений. В настоящее время принято считать, что это является следствием глобального потепления, обусловленного повышением содержания парниковых газов. Возникает положительная обратная связь между повышением температуры и площадью льда: лед может отражать до 80% падающей на него солнечной радиации, а поверхность безо льда — всего несколько процентов. Таким образом увеличивается количество проникающей в водную толщу солнечной радиации, что приводит к ее нагреванию. Это, в свою очередь, способствует дальнейшему таянию ледяного покрова.

*«В вопросе о том, как сокращение площади ледяного покрова количественно влияет на скорость потепления атмосферы, до сих пор не поставлена точка. Это одно из направлений, которыми занимается наша лаборатория. У нас есть судовые приборы, которые в экспедициях измеряют поверхностную облученность, создаваемую солнечным излучением. Важную роль играют спутниковые данные. Еще один фактор, который сильно влияет на пропускание солнечной радиации, — это постоянная облачность в Арктике. Совокупность данных спутниковых и судовых измерений дает очень важную информацию для того, чтобы сделать соответствующие*



Таяние ледников. Источник: [auroraexpeditions.com.au.jpg](http://auroraexpeditions.com.au.jpg)

оценки. Сейчас мы планируем совместно с индийскими коллегами проект по оценке изменения теплосодержания в арктических водах», — говорит руководитель лаборатории оптики океана Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН Олег Копелевич.

Арктика — самое важное направление с точки зрения изменений климата. Здесь они происходят в шесть раз быстрее, чем на материке, а в арктических морях — в три раза быстрее. Но есть и другие факторы, которые влияют на климатические изменения.

Весной и осенью в Мировом океане происходят массовые кокколитофоридные цветения, которые суммарно покрывают сотни тысяч квадратных километров. Кокколитофориды — особый вид фитопланктона, клетки которого покрыты своего рода чешуйками из  $\text{CaCO}_3$  — кальцита, по сути, мела. В процессе своего развития фитопланктон поглощает углекислый газ. Это влияет на соотношение потоков  $\text{CO}_2$  между океаном и атмосферой. Потом фитопланктон отмирает и оседает на глубину, образуя, в частности, подводные меловые горы и известняковые пласты, изымая тем самым углекислый газ из атмосферы. Когда популяция отмирает, она находится какое-то время в верхнем слое воды и лишь потом оседает. В это время она очень сильно рассеивает солнечный свет, что хорошо видно со спутников: поверхность воды становится молочного цвета. Из-за такого эффекта отражение солнечного света возрастает примерно до 8 % по сравнению с чистой водой, что влияет на баланс солнечного излучения в поверхностном слое.

## МЕТАН В ОКЕАНЕ

Порядка 70% территории России подвержено в той или иной мере влиянию мерзлоты. Это факт куда известнее, чем то, что более 90% всей подводной мерзлоты находится на шельфе морей восточной Арктики — самом широком мелководном шельфе Мирового океана: моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей. Здесь содержатся гигантские запасы гидратов метана (твердая фаза газообразного метана), стабильность которых определяется состоянием подводной мерзлоты. Предполагаемое количество гидратов, которые находятся в мерзлой толще или под ней, различные источники оценивают в сотни или даже тысячи гигатонн метана. Для сравнения: в атмосфере находится 5 гигатонн. Это значит, что выброс нескольких процентов предполагаемых запасов гидратов может привести к многократному увеличению содержания атмосферного метана.

Именно этим определяется повышенный интерес мирового научного сообщества. Метан является вторым по значимости парниковым газом после углекислого газа. Его концентрация в атмосфере примерно в двести раз меньше, чем у двуокиси углерода. Но эффективность поглощения собственного инфракрасного излучения нашей планеты — то, что и называется «парниковым эффектом», — для метана оценивается примерно в 20–40 раз выше, чем у  $\text{CO}_2$ . За счет множества положительных и отрицательных обратных связей в климатической системе вклад метана в парниковый эффект оценивается примерно в 30% от вклада двуокиси углерода.

Но что случится, если малая доля восточно-сибирских гидратов метана попадет в атмосферу? Сценарий зависит от изменения состояния подводной →

### СПРАВКА

Небольшой исторический экскурс: что такое Восточно-Сибирский шельф? Учитывая, что его средняя глубина составляет порядка 50–60 метров, а при климатических колебаниях уровень океана опускается и поднимается примерно на 100–120 метров, в ледниковую эпоху шельф осушался. Он был частью суши десятки тысяч лет. Пока шельф был обнаженным, формировалась мощная мерзлота толщиной до 800 метров, и температура ее составляла примерно от  $-25^\circ\text{C}$  до  $-20^\circ\text{C}$  — среднегодовая температура во время ледникового периода. А при подъеме уровня моря в начале «теплых» геологических эпох за тысячи лет происходило затопление. Температура воды в Мировом океане, когда ее уровень поднимается, не может быть в среднем холоднее  $-1,8^\circ\text{C}$ . В наше время на большей части акватории температура придонной воды близка к  $-1^\circ\text{C}$ . Это значит, что при затоплении температура контактирующей с мерзлотой среды повышалась на  $20^\circ\text{C}$  и более.





Фитопланктон  
в Баренцевом море

→ мерзлоты. Если мерзлота стабильна, все хорошо. Но в случае, если мерзлота нестабильная, «дырявая», это приводит к дестабилизации гидратов. До начала 2000-х сохранялось единодушное мнение о том, что подводная мерзлота Восточно-Сибирского шельфа сплошная и стабильная. Там допускались протаивания в зонах высокой сейсмотектонической активности, но это были совсем небольшие площади, и экспериментально они не изучались. Все модели основывались на предположении о том, что температура придонной воды отрицательна, а это значит, что подводная мерзлота остается в мерзлом состоянии, за исключением зон высокой тектонической активности, где наблюдается аномальный геотермальный поток.

Сколько требуется времени на то, чтобы система стабилизировалась, то есть мерзлота, которая была наземной, стала подводной? Для достижения термического равновесия требуется 5–10 тысяч лет. Система действительно пришла в равновесие, это доказано бурением. Но мерзлота перестает быть таковой при температуре  $-1^{\circ}\text{C}$ , если находится в соленой воде, — тогда это уже так называемая «вялая мерзлота». Там же, где вода пресная, она остается мерзлотой.

*«Мы имели свою пятилетнюю программу бурения и вместе с другими группами доказали, что средняя температура мерзлоты на несколько десятков, сотен метров вглубь составляет примерно  $-1^{\circ}\text{C}$ . Местами мерзлота существует, но есть не везде. В районах, подверженных тепловому влиянию великих сибирских рек, идет сквозное протаивание. Мерзлота уже де-*

*градировала насквозь в сейсмотектонически активных зонах, в которых идет аномальный геотермальный поток тепла снизу. Это приводит к тому, что гидраты дестабилизируются, разрушаются. А что такое разрушение гидрата? Это взрыв. Один объем гидрата эквивалентен примерно 150 объемам газа. Происходят выбросы метана в пузырьковой форме, которые мы регистрируем на шельфе. Наша группа обнаружила, что воды Восточно-Сибирского шельфа перенасыщены метаном относительно атмосферы в разы, а иногда на порядки», —* делится информацией

заведующий лабораторией арктических исследований Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН Игорь Семилетов.

Климатический цикл составляет 105 тысяч лет. Это и теплый, и холодный периоды, причем теплый короче и равен примерно 20–25 тысяч лет.

В Арктике концентрация метана в атмосфере на сегодня выше примерно на 10%, чем где-либо на нашей планете. Причем этот планетарный максимум существует именно в теплые геологические эпохи, как сейчас, и отсутствует в холодные ледниковые. Это стало основой в гипотезе о ведущей роли состояния подводной мерзлоты в масштабах эмиссии метана из Восточно-Сибирского шельфа, которая была опубликована группой Семилетова в 2010 году в журнале Science, и позднее в Nature Geoscience (2014) и Nature Communications (2017).

*«Если мы идем из Архангельска или Мурманска на судне в моря восточной Арктики, эта концентрация*

### **Люди узнали о том, что мерзлота не сплошная и не стабильная, после нашей первой крупной публикации в журнале Science в 2010 году**

значительно возрастает именно при входе в море Лаптевых. И в некоторых локализованных местах, где мы обнаружили мощные выбросы метана через каналы разгрузки, (“дырки”) в мерзлоте, концентрация превышает среднепланетарную на десятки процентов или даже в разы», — сообщает Игорь Семилетов.

Раньше о таких выбросах было известно только в глубоких местах, например, в Охотском море, а также на срединно-океанических хребтах, где находятся геотермальные выходы, но для климата они неважны из-за больших глубин. В этом случае пузырьки метана не достигают поверхности, потому что они растворяются и окисляются до двуокиси углерода бактериями. Единственное место на планете, где этот эффект разрушения гидратов и массивной разгрузки метана в водную толщу и в атмосферу имеет возможные климатические последствия, — это Восточно-Сибирский шельф, аномально широкий и мелководный. Пузырь метана не успевает раствориться на пути к поверхности и попадает в атмосферу, что ведет к потенциальному усилению парникового эффекта.

На сегодня зафиксированы районы сквозного протаивания подводной мерзлоты размером больше километра, из которых идут мощные струи, извергающие до 100 и более граммов метана с квадратного метра в сутки. Если 2–5% шельфа перейдут в такое состояние, это может привести к кратному



#### ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Игорь Семилетов**, заведующий лабораторией арктических исследований Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН:

— Мы единственная группа в мире, которая проводит исследования миграции метана в конкретном районе более 20 лет. В нашем случае это шельф морей восточной Арктики. Благодаря такой длительности наблюдений мы увидели, что там, где не было выделения метана, он начал выделяться. Люди узнали о том, что мерзлота не сплошная и не стабильная, после нашей первой крупной публикации в журнале Science в 2010 году. Мы зарегистрировали на сегодня около тысячи крупных и мегакрупных пузырьковых выбросов метана. Наша гипотеза заключается в том, что именно этот процесс прогрессирующей деградации подводной мерзлоты и дестабилизации гидратов является механизмом, отвечающим за формирование планетарного максимума в теплые геологические периоды.

увеличению современной концентрации метана и труднопредсказуемым климатическим последствиям. Масштабы этого процесса определяются прогрессирующей деградацией подводной мерзлоты, что и является одним из основных объектов исследований группы Семилетова — Шаховой. →



Арктическая береговая мерзлота





## → БИОЛОГИЯ ОКЕАНА

Как взаимодействует океаническая биота с внешней средой? Как изменение климата, огромные межгодовые колебания или загрязнения воздействуют на компоненты биоты? И как при этом компоненты биоты взаимодействуют между собой, обеспечивая устойчивость жизни океанических экосистем или обеспечивая их изменчивость?

Много лет считалось, что биологическую продукцию в океане определяет активность океанической среды. Энергетика среды определяет биологический отклик в виде формирования разнообразия живых организмов. Полагалось, что масштабные крупные переносы в океане — течения Куроисио, Гольфстрим — определяют все биологические процессы. Оказалось, что это не так. Если говорить о верхнем слое океана, биологическая активность сосредоточена в «процессах мезомасштаба», которые продолжаются от недели до месяца. А их пространственный масштаб — от нескольких миль до десятков миль.

### СПРАВКА

Восточная часть Берингова моря — суперпродуктивный район Мирового океана. Это кладезь рыбы и краба — оказывается, что примерно на 3–4 % общей площади Мирового океана формируется от 30 до 40% биологической продукции. Исходя из этого знания можно грамотно ограничить рыбный промысел. Подобные зоны требуют особого внимания человека в части природопользования и охраны, ведь если такую зону закрыть для промысла, остальная экосистема будет существовать без ущерба.

Удивительные явления связаны и с крупными арктическими реками. В областях, где континент взаимодействует с океаном, — дельтах и эстуариях рек — формируются мезомасштабные явления, из-за которых резко меняется среда. Их называют «фронтальными зонами», которые в океане имеют очень небольшой масштаб, всего в несколько километров. Но эти области играют гигантскую роль в

жизни всей арктической системы, поскольку именно в них создается очень большой объем биологической продукции и происходит трансформация всех загрязнений. Своеобразная биогеохимическая кухня, сконцентрированная на небольшой площади.

### СБОР ДАННЫХ

По спутниковым данным определяются многие биооптические характеристики, которые имеют значение для биологии и морской геологии. Можно наблюдать распространение речного стока и всевозможных примесей. Например, практически вся поверхность Карского моря покрыта опресненным слоем, из-за чего создается резко выраженная граница между поверхностным слоем и глубинной водой. В такой ситуации питательные вещества у поверхности быстро съедает фитопланктон, и они не попадают на глубину, что снижает биологическую продуктивность. Это можно наблюдать со спутника и даже делать количественные оценки, для чего нужны региональные алгоритмы, которые учитывают специфику исследуемых морей.

Существуют инфракрасные радиометры, которые измеряют температуру поверхностного слоя океана. На орбите находится около двух десятков спутниковых сканеров цвета поверхности воды, которые выдают информацию о том, что содержится в поверхностном слое океана. Важно понимать: видимый диапазон спектра — единственный, в котором излучение с малыми потерями проходит через поверхность на несколько метров.

*«Мы набираем данные в своих экспедициях: сотрудники нашей лаборатории регулярно ходят в рейсы. Например, мы исследуем Балтийское море, где наблюдается очень важное с экологической точки зрения явление — цветение сине-зеленых водорослей. На самом деле это ядовитые цианобактерии. В определенный сезон, в основном в июле они покрывают огромные площади и представляют опасность: рыба травится, за ней — птицы и человек», — рассказывает Олег Копелевич.*

В рамках одной из экспедиций судно пересекает весь Атлантический океан от широты Ла-Манша до самой оконечности Южной Америки. По дороге ведутся исследования: на судне установлены приборы, которые позволяют проводить измерения во время плавания. Среди них датчики для непрерывных измерений солнечной радиации, проточная система, которая на ходу всасывает воду примерно с 2–3 метров. Важное место занимает лазерный спектрометр, который позволяет оценивать концентрацию пигментов и фитопланктона разных видов, определять содержание окрашенной органики, которая показывает, как выносятся речные воды, которые содержат в себе следы заводских выбросов и городских тепловых аномалий.

## ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Отдельная тема — нахождение и идентификация нефтяных загрязнений и биологических пленок, связанных с цветениями. В этой области часто используются радиолокационные методы, обладающие одним существенным преимуществом перед сканерами цвета. Для видимого и инфракрасного излучения облачность — это непреодолимое препятствие. А для радиолокации облачность прозрачна, поэтому она позволяет работать и в темное время суток.

В содружестве с организацией ScanEX группа Олега Копелевича собирает спутниковые данные и строит карты поверхностных загрязнений. Сейчас основные загрязнения связаны с судами. Хорошо видно связь: там, где проходят морские пути, наблюдается наибольшее количество загрязнений.

Однако радиолокация не позволяет увидеть саму нефтяную пленку, — лишь сглаживание поверхности, которое связано с ней. Но такой эффект может быть сопряжен и с другими факторами. Например, ветровая тень: фронт ветра разрезается островом, и волнение за островом становится сглаженным. Или выход внутренних волн на поверхность — они взаимодействуют с поверхностным волнением и тоже могут сглаживать его. Эта проблема решается использованием лидаров (от англ. LIDAR — Light Identification Detection and Ranging) — инструментов, позволяющих получать спектры, поэтому с их помощью можно не только выявить сам факт наличия нефтяного загрязнения, но и определить его тип.

*Прибрежное нефтяное загрязнение*



Океан — гигантская и весьма инертная система, которая может самостоятельно справиться с большим количеством факторов внешней изменчивости. Многие проблемы, связанные с ним, сегодня находятся на слуху, некоторые из них могут быть преувеличены СМИ. Но это отнюдь не отменяет того, что нужно относиться к океану как можно более внимательно. Раз-

умное ограничение рыбного промысла, добычи углеводородов, переработка многих тонн мусора — все это будет способствовать стабильности состояния этой исполинской, но все-таки относительно хрупкой системы. Изучение океана сегодня — одно из важнейших направлений научных исследований, которое имеет непосредственное отношение к жизни всего человечества. **эн**



# ДЫШИТЕ

Атмосфера Земли уникальна. Благодаря ее нынешнему составу на нашей планете существует жизнь. Случись здесь катастрофа, которая привела бы к быстрому убеганию атмосферы в космос, Земля могла бы вновь стать похожей на Марс, только теперь уже холодный и безжизненный. Жесткое солнечное излучение ультрафиолетового и рентгеновского диапазона выжгло бы живые организмы. Поверхность покрылась бы бесконечными кратерами от постоянной метеорной бомбардировки из межпланетного пространства. Планета потеряла бы жидкую воду. Температура на поверхности опустилась бы на десятки градусов. Одним словом, без тонкого газового слоя, толщина которого на три порядка меньше диаметра планеты, Земля стала бы неприветливым каменистым миром, совершенно непригодным для жизни на поверхности. Рассказываем, как устроена атмосфера нашей планеты, что с ней происходит сегодня и что ждет в будущем.



✍ Вячеслав Мещеринов, аспирант МФТИ, сотрудник лаборатории прикладной инфракрасной спектроскопии МФТИ и Института космических исследований РАН

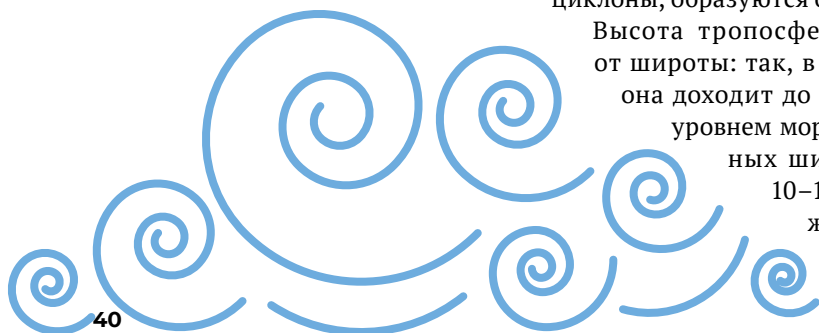
## РЕЖЕМ ПОПЕРЕК

Атмосферой принято именовать газовую смесь, обволакивающую поверхность планеты. Нижний слой, содержащий более 80% массы всего воздуха, называют тропосферой. В этом слое находится около 90% всей атмосферной влаги. Между тем водяной пар — самый эффективный парниковый газ. Он намного более значим, нежели углекислый газ или метан. Принято считать, что температура в тропосфере линейно уменьшается с высотой со скоростью  $0,65^{\circ}\text{C}$  на 100 метров. В этом слое особенно ярко выражен конвективный перенос воздуха, существуют сильные турбулентные вихри, возникают циклоны и антициклоны, образуются облака.

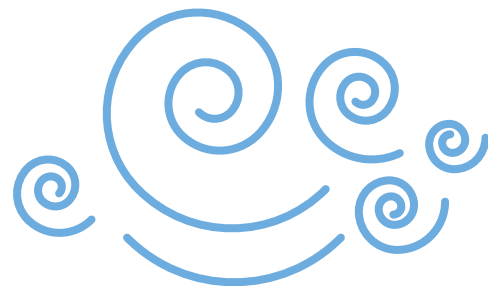
Высота тропосферы зависит от широты: так, в приполярье она доходит до 8–10 км над уровнем моря, в умеренных широтах — до 10–12 км, а ближе к экватору достигает

16–18 км. Верхняя граница этого слоя обуславливается переходом от плотной и непрозрачной для теплового инфракрасного излучения Земли тропосферы к тропопаузе — тонкому слою, начиная с которого атмосфера становится прозрачной для ИК-излучения. Температура воздуха в тропопаузе определяется балансом между падающим на нашу планету потоком теплового излучения Солнца и потоком тепла, испускаемого Землей, и находится в диапазоне от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $-90^{\circ}\text{C}$ . В этом слое уже отсутствует конвекция потоков воздуха, обуславливающая сильные турбулентные вихри в тропосфере, именно поэтому гражданские самолеты чаще всего летают на высотах от 10 километров.

Заметное отклонение температуры у поверхности от температуры в тропопаузе обусловлено наличием парникового эффекта. То есть при всех современных страхах человечества, относящихся к усилению парникового эффекта, не будь его, на Земле было бы весьма свежо.



# глубже



Выше тропопаузы находится наибольшая концентрация озона, присутствие которого в земной атмосфере связано с наличием биогенного кислорода, выделяемого в ходе фотосинтеза растениями. Озон очень эффективно поглощает ультрафиолетовое излучение Солнца, что обеспечивает защиту живых организмов от опасного для них жесткого диапазона солнечной радиации. Такое эффективное поглощение приводит также и к разогреву атмосферы на этих высотах. Слой, в котором температура начинает расти и достигает локального максимума около  $0^{\circ}\text{C}$  на высоте 40 километров, называется стратосферой. На ее долю приходится почти 20% всей массы атмосферы. Примерно до 55 километров температура не меняется. Эту область постоянной температуры называют стратопаузой.

Выше этой отметки температура вновь начинает падать с высотой. Так происходит до уровня 80–90 километров над уровнем моря. В этом слое — мезосфере — происходят сложные фотохимические процессы с участием солнечного излучения. Несмотря на большую протяженность, масса мезосферы не превышает 0,3% всей атмосферы. До высоты 100 километров газовая смесь атмосферы достаточно хорошо перемешана и относительные концентрации газов мало меняются. В более высоких слоях в распределении газов по высоте начинает играть все большую роль их молекулярная масса. Присутствие тяжелых газов становится все менее значимым, в то время как протяженность распространения водорода — сотни и даже тысячи километров над поверхностью Земли.

Следующий слой — термосфера — доходит до высоты около 800 километров, хотя составляет лишь

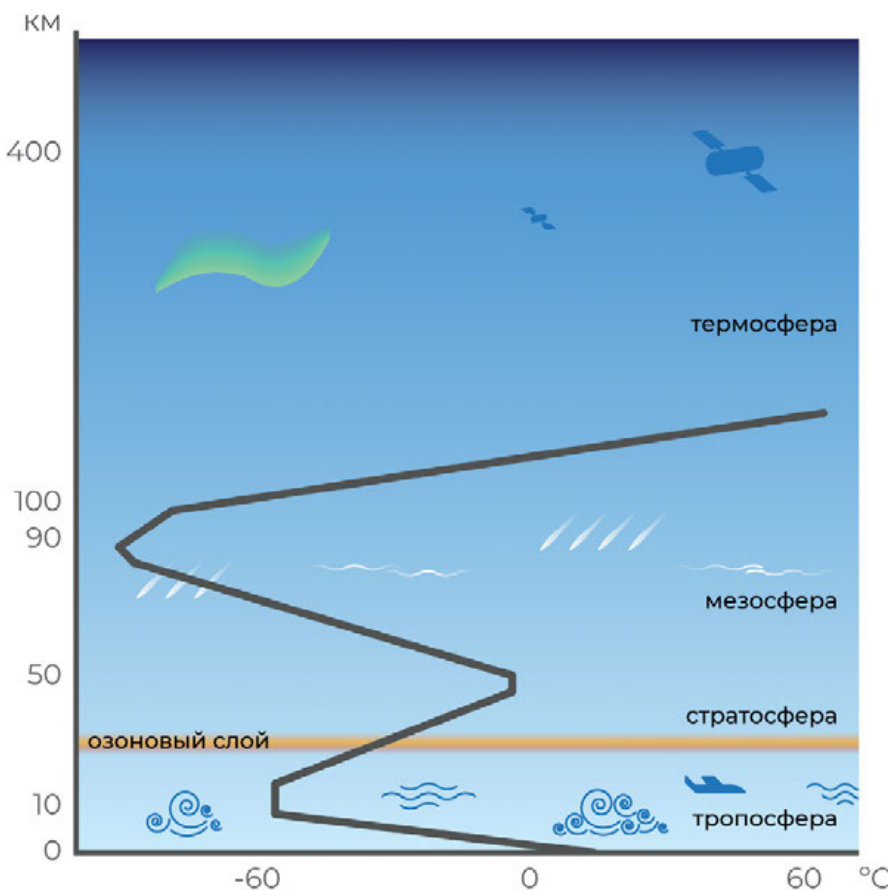
0,05% всей атмосферной массы. До 200–300 километров температура достаточно быстро растет из-за поглощения молекулами газа высокоэнергетического ультрафиолетового и рентгеновского солнечного излучения. Однако если выключить обогрев на Международной космической станции, высота орбиты которой около 300–400 км, космонавты очень скоро вспомнят долгие зимние вечера без центрального отопления. Дело в том, что атмосфера на этих высотах настолько разрежена, что теплообмена с горячими молекулами и ионами газа практически не происходит. Поэтому тем, кто окажется в очень горячей термос-

фере Земли, жарко на самом деле точно не будет.

Еще выше расположена экзосфера, определяемая увеличением длины свободного пробега молекул до десятков километров. В этом слое верхней атмосферы горячие и быстрые молекулы могут развивать скорость большую, чем вторая космическая скорость для Земли, а значит, покидать гравитационное поле нашей планеты, отправляясь в космическое пространство. На высотах 2000–3500 километров экзосфера переходит в ближнее космическое пространство.

Помимо разогрева, взаимодействие газа с жестким солнечным излучением приводит к его ионизации. →

Вертикальный профиль температуры атмосферы Земли





Ионизация азота и кислорода при отсутствии возможности релаксации посредством столкновения с другими молекулами приводит к излучению возбужденных атомов и молекул в красном, зеленом, фиолетовом и ближнем ультрафиолетовом диапазонах спектра. Это красивейшее явление называют полярным сиянием.

### ВОЛНЕНИЯ ТРОПОСФЕРЫ

В тропосфере существуют колебания и волны, которые играют огромную роль в ее поведении. Если в сумерках взглянуть на облачное небо, можно увидеть параллельные борозды облаков — это и есть одно из проявлений атмосферных гравитационных волн. Они имеют ту же природу, что и волны на поверхности воды. Заметное отличие заключается в том, что у воды всегда есть свободная поверхность, на которой и образуются волны, а в случае атмосферы волны формируются внутри среды. Только почему их можно заметить лишь утром или вечером, но невозможно обнаружить в солнечный полдень?

Солнце разогревает поверхность планеты, это приводит к возникно-

ванию активной конвекции водяного пара вверх. Пар быстро охлаждается с высотой, конденсируется и образует привычные кучевые облака. Именно природой этого процесса обуславливается их форма. Поскольку нижняя граница облаков определяется переходом пара через точку росы, лежащую на некоторой высоте, после которой пар резко конденсируется, эта граница оказывается довольно плоской. В то же время верхняя поверхность достаточно клубящая, что отражает природу турбулентного вихря, поднимающего пар наверх.

Если рассмотреть геометрию атмосферферы, можно легко заметить, что при высоте порядка десятков километров ее горизонтальная протяженность составляет десятки тысяч километров. Такая большая разница между горизонтальным и вертикальным масштабами, а также высокий темп изменения свойств вдоль вертикальной координаты приводят к тому, что атмосферу нельзя описывать как изотропную, то есть равномерную в своем объеме среду. Более того, если рассматривать циркуляцию атмосферферы в целом, оказывается, что ее можно описывать как несжимаемую жидкость.

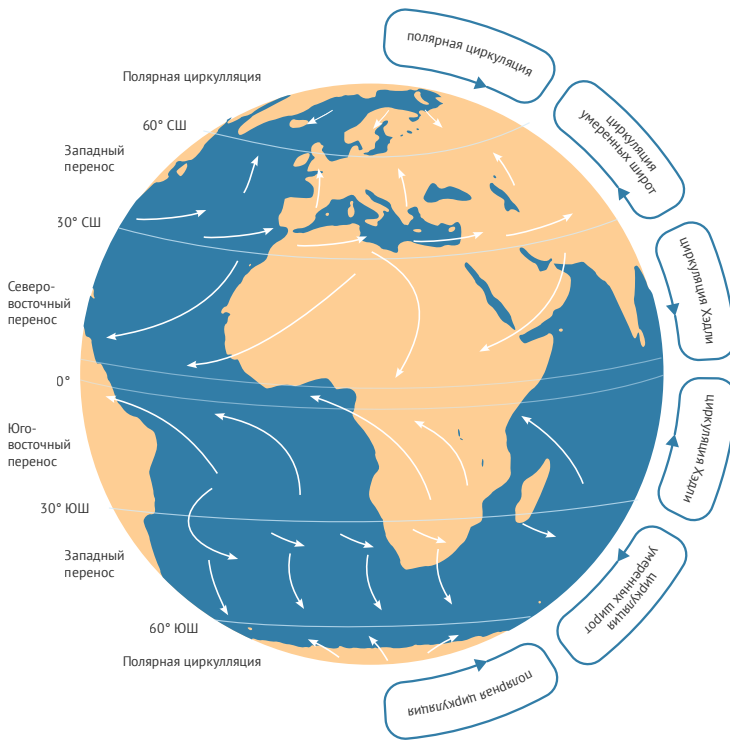
### СПРАВКА

Турбулентность может присутствовать даже в тропопаузе. Это коварное явление известно в авиации как «турбулентность ясного неба». В области кучевой облачности пилоты всегда ожидают сильной тряски, но временами она случается и в безоблачном небе. Дело в том, что присутствие турбулентности может быть обусловлено не только разницей температур между двумя областями, но и, например, резким изменением с высотой горизонтальной скорости движения воздушных масс.

### ПОЧЕМУ ДУЕТ ВЕТЕР?

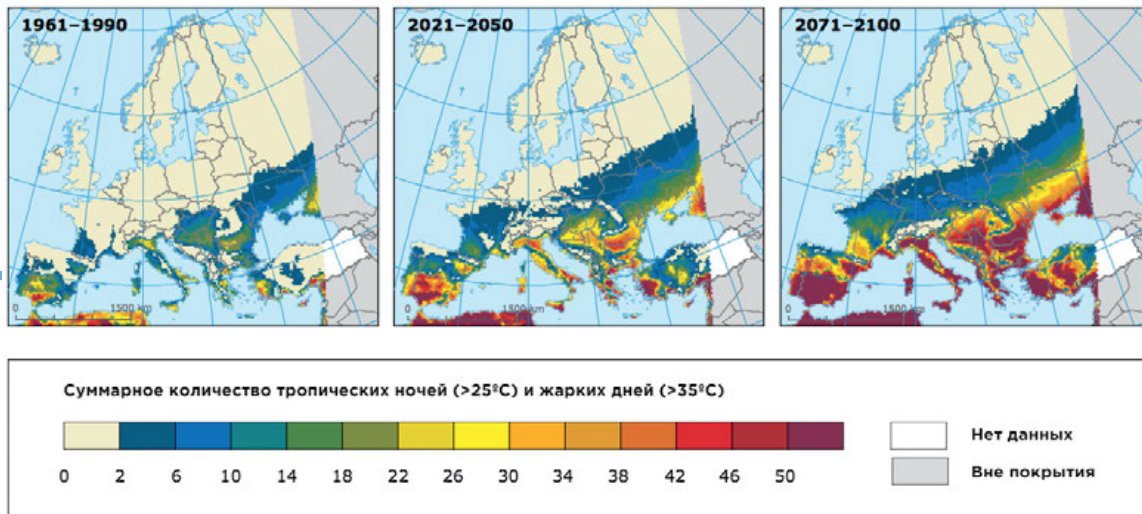
Казалось бы, все процессы в природе подвержены диссипативному затуханию, и за миллиарды лет своего существования атмосфера должна была уже прийти в состояние равновесия. Однако это не совсем так. Атмосфера Земли сплюснута у полюсов и растянута вблизи экватора, что связано с ее неоднородным прогревом солнечным излучением. То есть равное давление на полюсе будет достигаться сильно ниже по высоте, чем на экваторе, — под действием силы тяжести формируется поток воздуха от тропиков к полюсам. Вблизи поверхности планеты будет формироваться противоток воздушных масс.

Оказавшись вблизи полюса и спустившись на небольшую высоту над поверхностью, частицы воздуха, сохраняя свой импульс, начинают обгонять вращение планеты, линейная скорость которого в приполярье сильно меньше, чем в тропических широтах. Таким образом формируется струйное течение вдоль широты. При движении частицы к экватору линейная скорость вращения поверхности увеличивается, и частица начинает отставать от вращения планеты — возникает постоянный ветер, который в северном полушарии дует с северо-востока, в южном — с юго-восточного направления. Такой постоянный ветер называют пассатом.



Глобальная циркуляция атмосферы

Прогноз экстремальных температур в Европе. Источник: Европейское агентство по окружающей среде ([www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu))



В средних широтах циркуляция атмосферы происходит иначе. Здесь работает удивительный в своей противоречивости механизм движения воздушных масс. Кажется разумным, чтобы из области с высоким давлением поток воздуха перемещался в область с низким давлением. Однако природа циклонов и антициклонов, распространенных в умеренных широтах, эту логику разрушает. Здесь ветер образует концентрические поверхности вокруг центров областей высокого и низкого давления. Эта странность связана также с природой атмосферных гравитационных волн, связанных с быстрым вращением планеты вокруг своей оси.

В центре циклона находится область низкого давления, вихрь воздушных масс вращается в ту же сторону, что и планета. В циклоне восходящий поток воздуха, который обуславливает низкое давление в его центре, приводит к охлаждению и конденсации водяного пара, поэтому он всегда приносит с собой облачность и осадки. Внутри антициклона, напротив, воздух движется вниз, нагреваясь. Та влага, что находится в этом потоке, испаряется. Поэтому в случае антициклона погода всегда ясная, а ветер дует в сторону, противоположную направлению вращения планеты.

### КЛИМАТ ИДЕТ ВРАЗНОС?

В течение последних 30 лет большие усилия ученых оказались направлены на то, чтобы понять, что происходит

с климатом. Было обнаружено, что за прошедшее столетие средняя годовая температура на планете выросла на 0,74°C. В связи с этим ускоряется таяние приполярных ледников и повышается уровень Мирового океана. Последние десять лет очень активно развивалось моделирование процессов, протекающих в атмосфере Земли, поведения климата, — изменение среднегодовой температуры в этих моделях достаточно точно совпадает с реально наблюдаемым трендом.

### В отличие от океана, атмосфера довольно плохо помнит свои предыдущие тепловые состояния

Это позволяет строить прогнозы относительно дальнейшего изменения климата в обозримом будущем.

В отличие от океана, атмосфера довольно плохо помнит свои предыдущие тепловые состояния, поскольку тепловая инертность атмосферы много меньше. Поэтому точный прогноз погоды невозможен на длительный срок вперед. Математические уравнения, описывающие поведение атмосферы, перестают корректно работать на интервалах времени, больших, чем одна-две недели. Так что не стоит сильно полагаться на долгосрочный прогноз погоды: скорее всего, в нем будут использованы усредненные по-

казания нужного периода за последние несколько лет, которые никак не могут предсказать какие-либо неожиданные отклонения.

Поскольку океан греется, в нем возникают долгоживущие аномалии температуры поверхности, которые в свою очередь влияют на атмосферу. Это может приводить к перестройке атмосферной циркуляции, изменению направления движения и возникновению новых циклонов. Так, взаимодействие тепловых аномалий поверхности Атлантического океана с атмосферой привело к тому, что традиционно континентальный климат в Северной Европе меняется: зимы с каждым десятилетием становятся теплее.

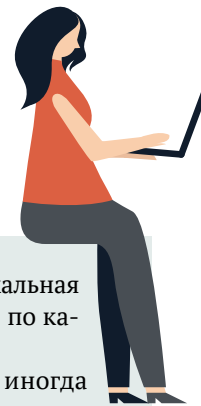
Все чаще случаются длительные непривычно жаркие периоды летом, все чаще мы слышим штормовые предупреждения весной. Все чаще можно услышать гипотезы о том, что в ближайшие полвека Южная Европа и Северная Африка из плодородных регионов превратятся в высушенные пустыни, в то время как российский север станет пригодным для земледелия. Как бы то ни было, человеку стоит уделять вдесятеро большее внимание изучению атмосферы и идущим климатическим изменениям, чтобы возможное новое Великое переселение народов не оказалось для всех полной неожиданностью. **эн**



О том, что цифровизация меняет наш мир, знают сейчас даже дети. А нам достаточно оглянуться на десять-двадцать лет назад, чтобы ощутить разницу. Но эксперты утверждают: изменения только начались, и они коснутся каждой сферы нашей жизни, в том числе такой консервативной, как образование. В конце мая в Высшей школе экономики прошла генеральная ассамблея Международной академии образования. Фокусом обсуждения стали тенденции образования на разных уровнях.



Какие глобальные изменения происходят в высшем образовании? Об этом редакция ЗН решила поговорить с Исаком Фруминым, научным руководителем Института образования НИУ «Высшая школа экономики».



# Университет университету рознь

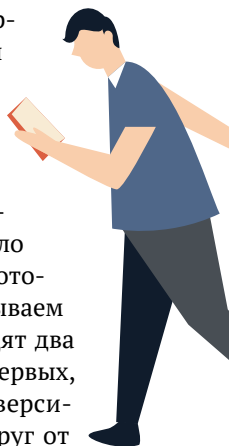
✍ Татьяна Небольсина

## — Есть мировые тенденции в развитии университетов?

— Главным общим направлением развития является массовизация высшего образования. Мы видим, что XX век, особенно конец XX века и начало XXI, стали временем огромной экспансии высшего образования, его расширения. Количество стран, в которых более половины возрастной когорты получают в тех или иных формах высшее образование, сегодня достигает нескольких десятков, и каждый год эти цифры растут.

## — Каковы качественные последствия этого процесса?

— Меняются представления о миссии университетов: все больше их миссия смешивается с миссией, которая раньше принадлежала колледжам, профессиональной подготовке. Это означает, что вся система высшего образования и то, что мы называли и называем университетом, очень сильно диверсифицируется. Еще в начале XX века в России было меньше двадцати университетов, любой из которых был похож на другие, а сегодня мы называем одним словом очень разные вещи. Происходят два ключевых процесса и в России, и в мире. Во-первых, идет горизонтальная дифференциация университетов — они начинают сильно отличаться друг от



друга. Во-вторых, сильная вертикальная дифференциация университетов по качеству, престижу, богатству.

Другим сложным процессом, иногда с не очень понятными последствиями, является «распаковка университетов», когда преподавание конкретных курсов, исследований и даже подготовка кадров высшей квалификации, я имею в виду аспирантуру, переходят в другие организации. По сути, главная функция университета — признавать квалификации. Оказывается, уже в огромном числе случаев квалификации, которые дают университеты, не учитываются. Вместо этого признаются квалификации, определяемые на профессиональных экзаменах: у врачей, юристов.

## — Как в связи с этим меняется образовательный процесс?

— Когда к вам приходят студенты с очень разным уровнем подготовки, разным уровнем мотивации и, откровенно говоря, способностей, вы должны строить образовательный процесс иначе. Когда в высшее образование шли 20% выпускников школ, он строился определенным образом, сегодня идут 60% выпускников школ, значит, мы должны приспосабливаться к этому. Во многих университетах возникает внутренняя дифференциация студентов, мы мало это замечаем. Их учат по-разному. Появляются превосходные студенты — им дают такое название в ряде крупных американских, австралийских или китайских университетов — и студенты обычные, которым надо помогать учиться.

Вторая, печальная для многих моих коллег история состоит в том, что в целом образовательные программы перестают быть стройными. Как рассказывали мне друзья, которые учились на Физтехе, было понятно, что есть курс общей физики, есть основы матанализа. Я даже помню этот учебник — по-моему, Никольского. Сегодня возникают совершенно странные образовательные программы, в которых все намешано, как нам кажется, полидисциплинарные программы. Замещение в огромном числе случаев классической, очень стройной и длинной программы таким набором — феномен, который сейчас распространяется. Я не могу и не хочу его оценивать. Некоторые мои коллеги-профессора, с ужасом закатывая глаза, говорят, что это разрушение классического образования. Да, это разрушение классического образования, но мы не можем однозначно негативно характеризовать то, что появляется вместо него.

Последнее, что, как я вижу, начинает сильно проникать в высшее образование, — объективная оценка результатов. Самым священным моментом в деятельности каждого университета был прием экзаменов. Я помню своего замечательного профессора, который приходил на экзамен с термосом и бутербродами, экзамен проходил двенадцать часов, и это было священнодействие. Сегодня мы видим, что растет доля студентов, которые сдают так называемые объективные экзамены, проверяемые часто не людьми или вне университетов. Пока масштабы этого не очень велики, но думаю, что лет через десять мы узнаем, что большинство студентов в мире будут сдавать такие внешние экзамены.

— **У работодателей видение выпускников тоже меняется?**

— Знаменитая консалтинговая компания McKinsey теперь не требует диплома, а смотрит только на опыт предыдущей работы. Тут есть лукавство. Хотя когда ко мне на работу устраивается человек, который после вуза должен знать иностранный язык, я его спрашиваю: «Есть ли у вас свидетельство о сдаче объективного внешнего экзамена, TOEFL или IELTS?» Это нормально. Тренд на объективную оценку в значительной степени связан не столько с облегчением жизни преподавателей, чтобы они не сидели на экзамене по двенадцать часов, сколько с желанием работодателей, которые относятся к университетам как к массовому производству, иметь более точные характеристики потенциальных работников.

— **Изменится ли роль студентов и должна ли она меняться в сторону большей свободы?**

— Мы иногда путаем активность и свободу. Если посмотреть на физтеховскую традицию, насколько я ее представляю, люди очень много работали сами, очень много занимались. Можно ли сказать, что система была очень свободной? Нет, но они были очень

сильно вовлечены. Я бы разделил эти два вопроса.

В условиях массовизации, появления огромного числа студентов, которых реально наука и знания не очень интересуют, задача их вовлечения, организации их самостоятельной работы только усиливается. В этом нет никакого сомнения.

Свобода будет расти в выборе курсов и так далее, но роста свободы прохождения конкретных курсов вряд ли можно ожидать, потому что контроль, в том числе с помощью современных технологий, над регулярностью работы студента будет усиливаться. Будут люди, которые готовы к этому контролю и даже будут рассматривать его в качестве опоры собственной учебной деятельности, а будут те, которые сопротивляются. Роль студента должна быть еще более активной, но это не значит, что у него будет существенно больше прав.

— **Получается, что университет будущего — большая фабрика по передаче знаний, по научению навыкам?**

— Нет. Университет будущего — общее название для очень разных институтов. Лет через двадцать хорошо бы проверить, но я бы предсказал, что останется немного небольших университетов для самых талантливых — таких, как Физтех, Принстон. Они мало изменятся. Затем будет довольно много университетов неоднородных, которые работают на очень широком поле, в том числе новых профессий, полидисциплинарных направлений. Часть таких университетов будет очень престижна. Высшая школа экономики — такой университет. Это фабрика, но очень высококачественных продуктов.

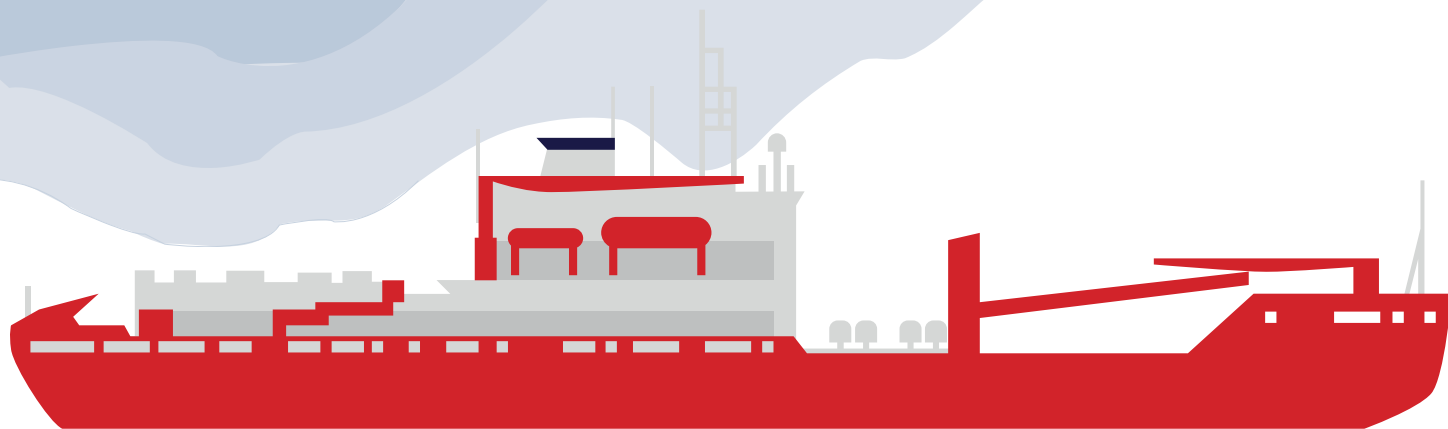
Будут крупные teaching-университеты, фабрики массовой профессиональной подготовки, они будут довольно технологизированы. Они играют и будут играть важнейшую роль. В Кремниевой долине большинство сотрудников компаний — не выпускники Стэнфорда, а выпускники Государственного университета Сан-Хосе — типичного крупного инженерного колледжа.

Университет будущего — это очень разные университеты. ■■





# Как попасть в экспедицию?



Экспедиции — основа практически любого исследования в области наук о Земле. Натурные измерения и образцы нужны для мониторинга окружающей среды, разработки и проверки теорий. Сами экспедиции — дело дорогое, поэтому пробиться в рейс неопытному студенту нелегко. Как добиться своего, рассказываем в нашем материале.

## ПО РЕЛЬСАМ

Самый простой способ попасть в экспедицию — стать сотрудником лаборатории или кафедры, для которого измерения «в поле» будут частью рабочего процесса. На Физтехе такие возможности есть на кафедре термогидромеханики океана, сотрудничающей с Институтом океанологии им. П. П. Ширшова РАН и Институтом физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН, а также в лаборатории геофизических исследований Арктики и континентальных окраин Мирового океана, работающей с тем же Институтом океанологии. Студенты этих кафедр регулярно участвуют в морских экспедициях, в основном — в Балтийском и Черном морях, а также Северном Ледовитом океане.

Если решите воспользоваться таким подходом, все просто: работайте усердно, занимайтесь исследованиями, требующими натурных наблюдений, открыто заявляйте о своем желании отправиться в рейс, и рано или поздно все получится.

## ШКОЛЫ ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Второй способ — участие в школах для молодых ученых, или, как часто их называют, летних школах. Это что-то между конференцией и коротким образовательным курсом, проходящим на корабле вместе с настоящей экспедицией или на базе научно-исследовательской станции параллельно с реальными научными работами.

Школы молодых ученых проводятся, чтобы помочь студентам углубить свои знания по конкретной теме, соприкоснуться с объектами исследований и поработать «в поле». Они длятся от нескольких дней до нескольких недель, имеют лекционную и практическую программы и заканчиваются защитой небольших проектов, подготовленных участниками за время школы под руководством действующих ученых.

Хороший пример школы молодых ученых, проходящей в организациях-партнерах Физтеха, — Плавающий университет ИО РАН. Это программа подготовки молодых экспедиционных кадров на базе института, которая проводит для всех заинтересованных студентов лекции и практические занятия. Первый — лекционный — этап школы проходит весной. Организаторы стараются отправить активных участников занятий на прибрежную и морскую практику от Института океанологии и помогают найти лабораторию для начала карьеры в науке.

## СТАЖИРОВКИ

Если постоянная работа в лаборатории вам не подходит или на вас вечно не хватает мест в экспедициях для сотрудников, можно попытаться устроиться на стажировку. По сравнению с работой в лаборатории, стажировка — это краткосрочная история с заявленными ожиданиями как со стороны студента, так и со стороны принимающего научного коллектива.

Поскольку сильным научным группам ни к чему репутационные потери, стажеров тщательно отбира-

ют. Чтобы вас взяли, придется предоставить резюме и пройти одно или несколько собеседований. На этом этапе важно доказать будущему руководству, что вы окажетесь полезны, а также озвучить свое желание заниматься в том числе и экспедиционной работой.

Обычно предпочтения стажера хотя бы частично учитываются — все понимают, как важно для молодого исследователя испытывать интерес и удовольствие во время работы. Добавим, что со стажировками работает тот же принцип, что и с летними школами: чем моложе кандидат, тем ниже ожидания от него и тем проще получить место.

#### **СОВЕТ**

Как правило, отбор в летние школы ведется на конкурсной основе. В заявке обязательно объясните, почему именно вас должны включить в список участников. Тут помогут неподдельный интерес к объекту исследований, хорошее резюме и рекомендации. Кстати, чем моложе потенциальный участник, тем меньше с него спрос, поэтому студенту бакалавриата или магистратуры пробиться на школу проще, чем аспиранту. От последних ждут списка публикаций, выступлений на конференциях и уже достигнутых реальных результатов. От первых — разве что эрудиции и «огня» в глазах.

#### **ПОЛЕВЫЕ ПРАКТИКИ**

Некоторые научные центры и лаборатории проводят профильные полевые практики. Это что-то вроде летней школы, но с акцентом на экспедиционные работы: забор проб, работу с приборами в реальных условиях, участие в измерениях и первичной обработке данных.

#### **КОГДА ДОБИЛИСЬ СВОЕГО**

Предположим, вы наконец-то добились своего и получили подтверждение заявки. Знаете дату начала заветной экспедиции, ее маршрут, задачи. Что дальше?

Во-первых, внимательно читайте рассылки для участников и не стесняйтесь задавать организаторам вопросы, какими бы нелепыми последние ни казались. До того, как вы уйдете в море на борту корабля или отправитесь вдаль от цивилизации, важно собрать все необходимое. Когда экспедиция начнется, возможности съездить в магазин, что-то купить, скачать или одолжить у друзей не будет. На снаряжении лучше не экономить — подходящая одежда и удобная обувь должны быть с вами. Они — часть требований безопасности, которые соблюдать обязательно.

Во-вторых, помните, что экспедиция — это стрессовая ситуация для вас и каждого человека вокруг. Учитывайте это как во время рейса, так и после него. Вы будете ограничены в перемещении и общении — с корабля, острова или из дремучей тайги не сбежать

Каждая полевая практика имеет свою специфику и довольно узкую тематику. На Физтехе их организует лаборатория молекулярной генетики для студентов биологического направления на Белом море. В мероприятиях участвуют студенты не только МФТИ, но и партнерских вузов. Программа состоит из измерений, лекций ведущих ученых и научных мини-проектов, так что практика может быть вписана в диплом как дополнительная дисциплина.

#### **ВОЛОНТЕРСКИЕ ПРОГРАММЫ**

С одной стороны, это «последняя надежда» для тех, у кого не получилось добиться желаемого ни одним из вышеперечисленных способов. С другой стороны, волонтерство в экспедициях — это тот случай, когда вы, как Портос, участвуете в проекте просто чтобы в нем участвовать, а значит, и спрос с вас небольшой.

Главная отрицательная черта такого подхода состоит в том, что найти экспедицию по нужному профилю крайне сложно. Скорее всего в итоге она будет непрофильной, а работа — простой, не требующей каких-то особых знаний и навыков. Из плюсов — практически полное отсутствие отбора, который обычно сводится к «проверке на адекватность», а не выбору по профессиональным достижениям.

Волонтерские позиции часто встречаются в археологических и экологических экспедициях, когда нужно организовать раскопки или сбор мусора на большой площади. Места для волонтеров в морских экспедициях — это скорее мечта, чем реальность, поскольку каждый день человека на борту стоит дорого.

домой на денек от надоевшего коллеги. Кроме того, экспедиции часто проходят в удаленных регионах, где есть проблемы со связью, а значит, возникнет недостаток общения с близкими.

В-третьих, экспедиции — это физически тяжело. Кто-то не привык к пешим походам, кто-то — к жизни в палаточном лагере, кто-то — к постоянной качке на корабле. Все это потенциальный дискомфорт, а значит, усиление стресса.

Вы будете жить в необычной обстановке, которая со временем станет привычной. По возвращении придется привыкать обратно — считается, что человек «выходит» из экспедиционного режима за промежуток времени, в 1,5 раза больший, чем сама экспедиция.

Так или иначе экспедиция — это сложный, но интересный и уникальный опыт. Кого-то он вдохновляет усерднее заниматься наукой, кому-то помогает определиться с направлением работы в будущем, но в любом случае остается в памяти как яркое приключение. Берегите себя и удачи! **эн.**





# Путь к финалу

✍ Мария Мильшина

В 2020 году Физтех завоевал право провести финал чемпионата мира по спортивному программированию ICPC (International Collegiate Programming Contest). Это старейшее и самое престижное соревнование среди студенческих команд со всего мира, победа и даже просто участие в финале которого открывает молодым программистам лучшие карьерные возможности. О том, что будущий финал ICPC впервые примет Москва, было объявлено на финале текущего года в Порту (Португалия). Как складывался путь к почетному званию ICPC World Finals Host University, рассказал проректор по международным программам и цифровым инновациям МФТИ Алексей Малеев.

**— Что значит для Физтеха и страны проведение финала ICPC в Москве?**

— Возможность принять порядка 400 самых талантливых молодых программистов со всего мира — большая честь для Физтеха и всей страны. Это и доверие, и признание достижений университета международным сообществом. В названии вуза — сочетание физики и техники, но сегодня МФТИ — еще и один из лидеров в области Computer Science. Когда нам доверили проведение финала самого уважаемого и признанного соревнования по олимпиадному программированию, мы встали в ряды элиты университетов в области компьютерных наук. Но это еще и большая ответственность. Мы должны на высоком уровне принять чемпионат, организовать его так, чтобы показать Россию гостям со всего мира, и не просто гостям, а молодежной элите программирования. Нам предстоит познакомить более 1,5 тысяч делегатов с нашей культурой и историческими ценностями. Это вызов, и мы хотим провести финал с изюминкой, так, чтобы он принципиально и в лучшую сторону отличался от других чемпионатов.

В качестве нововведений мы думаем запустить треки по искусственному интеллекту. Сегодня российская индустрия занимает ведущие позиции в этом направлении, и мы сможем поделиться своими компетенциями с лидерами мнений, которые приедут из нескольких десятков стран.

Мы уже опробовали трек по AI совместно с лабораторией нейронных систем и глубокого обучения iPavlov в рамках международного фестиваля программирования MosCode, который ежегодно проводится перед финалом ICPC, и успешно.

**— Какой путь прошел Физтех, чтобы принимать у себя финал ICPC? С чего все начиналось?**

— Первые шаги в мире спортивного программирования мы начали делать примерно в 2010 году. При поддержке ректора МФТИ был создан Центр развития ИТ-образования, и тогда мы впервые стали организаторами четвертьфинала ICPC в Московском регионе, а также запустили цикл интенсивных занятий со студентами Физтеха. Дальше это движение развивалось. Наши студенты стали ездить на разные чемпионаты, чтобы практиковать свои навыки. Где-то выступали успешно, где-то нет. Но основным толчком к победам был запуск в вузе программ бакалавриата и магистратуры по направлению Computer Science. Это было обдуманым и необходимым шагом, отвечающим запросам современности.

Компьютерные науки — это очень большой пласт знаний. ИТ-индустрия в целом быстро развивается, квалификация, которая требуется от сотрудников, с каждым днем растет. И наши выпускники с физтеховской подготовкой способны справляться с нестандартными задачами, создают но-

вые технологии и уже с первых шагов в отрасли добиваются успехов. К слову, МФТИ занял первое место в рейтинге Superjob по уровню зарплат выпускников, работающих в сфере ИТ, по данным за 2012–2018 годы.

За десять лет Физтех прошел большой путь в мире олимпиадного программирования. Примерно с 2011 года наши студенты регулярно выходят в финал ICPC. Такого не было раньше. Последние 4 года физтехи становятся призерами, завоевывают медали. Это уникальная история. МФТИ на сегодня — единственный вуз в мире, который сохраняет непрерывную серию медальных побед более трех. Все это получается благодаря развитию сообщества на кампусе Физтеха. Мы привлекаем талантливых студентов, они вырастают в талантливых выпускников.

Так что наши ключевые тренеры — это наши выпускники. Например, Михаил Тихомиров учился в аспирантуре МФТИ, и именно он привел команды Физтеха к четырем медалям финала. Еще один наш выпускник Филипп Рухович — участник финала ICPC 2014 года в Екатеринбурге, сегодня тоже входит в тренерский штаб.

**— Как в целом обстоят дела с олимпиадным движением в Москве, будущей столице ICPC?**

— Нам удалось переломить отношение к ICPC и внутри уни- →



верситета, и вообще в Москве. Если раньше всем казалось, что участие в чемпионате — удел избранных, которые глубоко погружены в специфику олимпиадного программирования, то сейчас нам удалось показать, что это интересно, это весело и это возможно. В отборочном туре ICPC от Физтеха ежегодно участвует уже около 250 студентов, многие из которых приходят ради спортивного интереса и удовольствия друг с другом посоревноваться, не опасаясь, что это что-то такое заумное, что они с чем-то могут не справиться. Конечно, не всем участникам поддаются все задачи, но как минимум 2–3 из предложенных решают все наши команды.

Когда мы включились в проведение отборочных этапов ICPC в Московском регионе, начался рост числа участников. Тут были предприняты правильные организационные шаги: мы добавили еще один этап отбора, назвали это квалификационным раундом и создали из этапов 1/8 и 1/4 ICPC московский чемпионат по программированию Moscow Programming Contest. Нам удалось собрать локальное сообщество энтузиастов — активистов, преподавателей, нынеш-

## **Основным толчком к победам был запуск в вузе программ бакалавриата и магистратуры по направлению Computer Science**

них и бывших участников ICPC и других соревнований с Физтеха и из других университетов. Эти люди делают свой вклад и развивают движение в своих вузах,

которые становятся площадками проведения московских соревнований. В результате в квалификационном туре 2018 года в Москве участвовали около 1080 студентов на площадках 14 столичных вузов. Этот показатель даже зафиксирован в Книге рекордов России как самое массовое студенческое соревнование по спортивному программированию.

На мой взгляд, популяризация этого движения — одно из главных для нас как университета направлений. Мы помогаем молодым ребятам сделать первые шаги в профессии, даем мотивационный посыл: «Участвуйте, и все у вас сложится хорошо!». Практика показывает, что выпускники не только Физтеха, но и других московских университетов, те, кто участвовал в соревнованиях по программированию, имеют преимущество на старте карьеры и сразу приходят в ведущие технологические компании Москвы. В первую очередь, в «Яндекс», Mail.ru Group, Huawei с центром разработки в Москве, «ВКонтакте», JetBrains, «МегаФон». С каждым годом этот пул растет.

Код Москвы также заключен в самом названии международного образовательного проекта, который семь лет назад зародился на кампусе Физтеха, — Moscow Workshops ICPC. Идея воркшопов очень простая: для того чтобы добиваться результатов в спортивном программировании, важно тренироваться с сильнейшими конкурентами. Это приносит в обучение драйв, добавляет адреналина тренировкам, это возможность для новых творческих контактов. Сначала студенческие сборы проходили только на кампусе МФТИ, но позже мы стали открывать точки по всему миру, чтобы дать ребятам возможность путешествовать и знакомиться с новыми людьми из разных стран.

Проект стал ярким, массовым и международным: воркшопы проходили в Испании, Китае, Бразилии, Омане, Белоруссии и

## **Мы привлекаем талантливых студентов, они вырастают в талантливых выпускников**

в России, на Дальнем Востоке. Обучение у нас уже прошли более 2,2 тысяч студентов из 55 стран, которые представляли более чем 200 разных университетов. Moscow Workshops ICPC дает возможности развиваться в программировании не только престижным вузам-гигантам вроде Корнелльского университета или университета Цинхуа, но и маленьким вузам. Заметно подняли свой уровень студенты из Университета Рейкьявика, Немецкого технологического университета в Омане. После такой программы люди более мотивированы на развитие, они явно горят мыслью защищать честь своего вуза на финалах ICPC и, может быть, в будущем принимать у себя крупные соревнования.

**— Финал ICPC Россия принимала дважды: в 2013 году в Санкт-Петербурге и в 2014 году в Екатеринбурге. У международного комитета ICPC есть какая-то особая любовь к российским вузам?**

— Международный комитет на то и международный комитет, чтобы быть максимально объективным. Например, честь принимать соревнования в Москве завоевана результатами наших студентов, которые,

как мы уже отметили, последние несколько лет восходят на пьедестал. На финале ICPC 2019 года сразу три московских вуза взяли медали: Физтех, МГУ им. М. В. Ломоносова и НИУ «Высшая школа экономики». В 2018 году в Пекине впервые два вуза из одного города, из Москвы, заняли первое и второе места. Это были снова МФТИ и МГУ. Эти успехи и послужили основным толчком к тому, что, вопреки текущей общемировой повестке, несмотря на слегка ревностное отношение конкурентов, которые тоже хотели бы принять финал, международный комитет склонился к Москве.

На самом деле, чтобы провести финал в Москве, нам предстоит еще очень много чего сделать. Это работа не из простых. К счастью, у нас сложились теплые отношения с индустрией. Отечественные, да и международные компании видят в финале ICPC важное для себя участие. Для них ценна связь с академической средой, с топовыми студентами. На сегодня у нас есть уже несколько крупных партнеров, готовых поддержать будущий финал. Это международные компании — Huawei и JetBrains, а также наши отечественные — «МегаФон» и «Яндекс». Совместными усилиями индустрии, академического сообщества, органов исполнительной власти и профильных министерств мы достигнем поставленных целей. Важность финала ICPC оценили и на высшем уровне: возглавить попечительский совет финала ICPC в Москве согласился председатель правительства России Дмитрий Анатольевич Медведев. Нам также особенно приятно, что ректоры ведущих вузов, таких как Университет ИТМО, МГУ, МФТИ, РАНХиГС вошли в академический совет

финала. И мы чувствуем сильную поддержку волонтерских сообществ, студентов, которые хотят быть частью масштабного для России события.

#### — Сколько нужно в среднем готовиться финалисту ICPC? Как будут готовиться студенты Физтеха?

— Для выхода в финал, на мой взгляд, надо готовиться три-четыре года. Только 1% участников доходит до этого этапа. Отбор очень большой, в отборочных этапах участвует около 50 тысяч студентов. Для достойного выступления нужно решить много задач. За плечами наших студентов, которые выходят в финал, обычно уже как минимум тысяча решенных констестов, то есть это около 10 тысяч решенных задач, а бывает и больше.

Если непосредственно говорить про подготовку к фина-

Финал — это не только умение решать задачи, но и волевые качества, стрессоустойчивость, умение работать в условиях сильного давления извне, ведь к ребятам приковано внимание миллионов зрителей. Это серьезнейший уровень ответственности: каждый студент имеет право принять участие в финале всего два раза в жизни, университет может быть представлен только одной командой, всего от России в этом году участвовали 10 команд. Поэтому к финалу разные качества нужно тренировать. Не только технические, но и умение работать в команде, работать в непростой ситуации, и нарабатывается это разными способами.

У студентов Физтеха очень большие шансы на победу. Во-первых, у нас есть пул команд, которые регулярно пишут задачи и постоянно

### **МФТИ на сегодня — единственный вуз в мире, который сохраняет непрерывную серию медальных побед более трех**

лу, то здесь существует много различных методик. Система Moscow Workshops ICPC — одна из возможных и эффективных. Среди финалистов этого года каждый третий вуз-участник проходил обучение в воркшопах хотя бы единожды, 11 из 12 команд-медалистов учились у нас, то есть практически все. В июле мы проводим традиционные сборы во Владивостоке и Гродно, а также открываем новые локации: в сентябре приглашаем студентов на Байкал и в Сингапур, в октябре — в Ригу, а в ноябре — на традиционные сборы Moscow International Workshops ICPC перед полуфиналом ICPC.

участвуют в различных международных и локальных соревнованиях по спортивному программированию. За спонсирование поездок студентов мы благодарны Фонду целевого капитала МФТИ. Во-вторых, с ребятами занимаются опытные тренеры, которые сами выигрывали в престижных соревнованиях и уже не раз приводили к успеху подопечные команды. В-третьих, это мощная мотивация студентов защитить честь своего вуза, города и страны. Мы будем поддерживать подготовку ребят и содействовать ей в течение года до финала ICPC 2020 года и уверены, что у них все получится! **ЭН**



# Зачем ученому научная коммуникация?



✍ Алена Гурьева, специалист пресс-службы МФТИ, директор мастерской научной коммуникации «Летней школы»

В то время как за рубежом распространение научных идей в обществе, в частности, работа со СМИ, является повседневной нормой, в России отношение к продвижению научных исследований среди широкой общественности все еще вызывает у исследовательского сообщества много вопросов: к нему скорее относятся настороженно. Нужно ли тратить время и ресурсы на общение с пресс-службой и журналистами? Есть ли действительно какая-то польза от продвижения научных результатов на широкую аудиторию? В этом материале мы разбираем, чем может быть полезна научная коммуникация.

## Что скрывается за понятием «научная коммуникация»?

Научная коммуникация в общем случае — это процессы и механизмы продвижения научных идей внутри профессионального сообщества и за его пределами. Однако в зарубежной практике существует два понятия: «scientific communication» и «science communication». Под первым понимают в том числе выступления на конференциях, публикации в научных журналах и постерные доклады, то есть по большей части внутреннюю коммуникацию между самими учеными. Под вторым же подразумевают транслирование научного знания для аудитории неспециалистов. В этом смысле коммуникация может обеспечить поддержку научных исследований и информировать



общественность, в том числе людей, принимающих решения в политике и этических вопросах около науки. Для этого существуют разные каналы коммуникации, например, СМИ, социальные сети и научно-популярные лектории.

В России же в силу особенностей языка для этих двух ветвей существует только одно понятие — научная коммуникация, что по опыту часто вызывает путаницу и недопо-

нимание у разных участников этого взаимодействия. Небольшой опрос в Facebook показал, что «развитие в научной коммуникации» для ученых значит прокачку выступлений, умение составлять презентации и заводить полезные знакомства на конференциях. То есть исследователи в первую очередь думают о «scientific communication», а научные пиарщики и журналисты — о «science communication».

## Зачем ученому стоит продвигать работу вне рамок конференций и рецензируемых журналов

### ЦИТИРОВАНИЕ

Ученые заинтересованы в том, чтобы на их работы ссылались, — это один из важнейших показателей успеха в научном мире. Упоминания исследования в СМИ или социальных медиа расширяют «воронку» распространения статьи и, таким образом, повышают шансы исследования быть замеченным другими учеными в этой области.

Так, статья про графеновый биосенсор ученых из лаборатории нанооптики и плазмоники МФТИ на 27 ноября 2015 года вышла на первое место в рейтинге Altmetrics среди всех статей журнала ATC Applied Materials & Interfaces за всю его историю. Этот рейтинг качественно и количественно отражает то внимание, которое получила статья в онлайн-поле. Им пользуются и другие престижные научные издательства, например, Nature Publishing Group и American Physical Society.

Зарубежная практика и вовсе показывает, что освещение научной статьи в новостях может увеличивать частоту ее цитирования. Это следствие еще в 1991 году отразил

David P. Philips в статье «Importance of the lay press in the transmission of medical knowledge to the scientific community». Он обнаружил, что влияние ряда медицинских исследований в научном сообществе усилилось после распространения информации о них в СМИ.

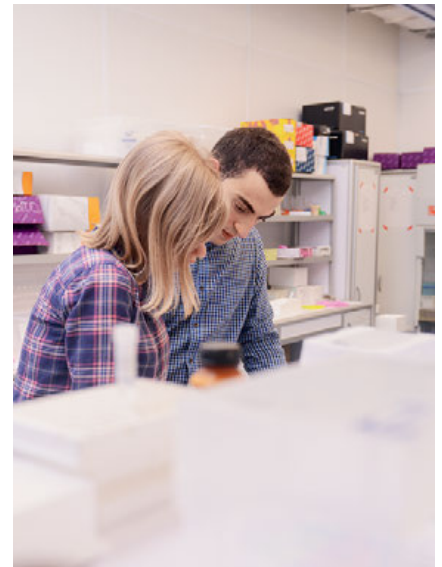
### ВОЗМОЖНОСТИ ОФИЦИАЛЬНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Благодаря продвижению результатов одного исследовательского проекта ученого могут пригласить участвовать в другом, только запускающемся. Так, ученые из лаборатории перспективных исследований мембранных белков МФТИ после публикации релиза о новом методе изучения экстремофилов получили предложения из Научно-технологического центра уникального приборостроения РАН и Desert Research Institute.

Еще один пример — это антрополог Дин Фальк из Университета штата Флорида, которая получила предложение о сотрудничестве от коллег из Венского университета после комментирования их работы в научно-популярном СМИ. Впоследствии они написали несколько совместных статей и провели полевую экспедицию.

Нередко такие предложения принимают вид междисциплинарных заявок на грант, а слово «междисциплинарный» имеет большое значение для тех, кто оценивает грантовые заявки.

При этом если статья написана в коллаборации с иностранными



научными центрами, то благодаря пресс-релизу у исследователей появляется дополнительная возможность «подкрепить» это сотрудничество. Таким образом научная группа и конкретный ученый могут стать известнее среди коллег: «О, это тот самый Иванов, который напечатал статью с Johns Hopkins University/CERN/LIGO? Знаем, знаем такого!».

### НЕФОРМАЛЬНЫЙ ОБМЕН ИНФОРМАЦИЕЙ

После публикации материалов о работе на ученых могут выйти коллеги из других организаций, с которыми те получают возможность обмениваться идеями. Иногда поступают и предложения поделиться данными.

Допустим, благодаря публикации в одном из отраслевых изданий один ученый (назовем его Доктор Я.) узнал о работе, которую ученый из другой организации (Доктор А.) собирался проводить в рамках нового гранта. Доктор Я. работал над похожим, но несколько иным проектом на другом конце страны. Он связался с Доктором А. и предложил поделиться с ним значительным объемом собственных данных. Доктор А. сразу же согласился и сказал, что ответит тем же, когда получит свои результаты. Доктор А. очень успешно начал свой проект, и оба исследователя в итоге получили больше данных, чем ожидали. →



### → **ЗАИНТЕРЕСОВАННОСТЬ БИЗНЕСА И ГОСУДАРСТВА**

Конечно, не каждый научный проект в силу своей специфики будет в одинаковой степени интересен бизнесу, властям или некоммерческим организациям, и не каждый ученый стремится с ними работать. Но если, к примеру, результаты исследований имеют значение для строителей мостов или производителей медицинского оборудования, то имеет смысл как можно быстрее донести эту информацию до тех, кто сможет ее использовать в будущем. В этом случае публикации в научном журнале может быть недостаточно.

Не все организации, заинтересованные в результатах исследований, могут уследить за тем, что происходит в научных журналах, но зато они точно читают СМИ, в которых может оказаться заметка о работе ученых.

Результаты исследований не обязательно предполагают немедленное внедрение: они могут просто подсказывать пути, по которым организациям нужно вести работу дальше. Но, поделившись этой информацией с миром, ученые создают возможности для сотрудничества с индустрией и ускоряют внедрение новых технологий.



### **ПОИСК НОВЫХ СОТРУДНИКОВ**

Новые сотрудники могут сыграть важную роль в жизни лаборатории, но они не придут в команду, если не будут знать о ее существовании.

Например, в пресс-службу обратилась лаборатория оптоэлектроники двумерных материалов с просьбой разместить на ресурсах МФТИ объявление о наборе сотрудников. Мы пошли дальше и подготовили развернутый текст для социальных сетей: рассказали о том, какие задачи стоят перед командой, и об атмосфере в коллективе. Получилась живая история, которая дополнительно раскрывает научную область и условия работы.

### **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ГРАНТОДАТЕЛЯМИ**

Ученые не понаслышке знают, что в грантовых заявках бывает раздел, посвященный тому, как команда планирует распространять информацию о своих результатах. Многие финансирующие организации стремятся, чтобы общество знало



## ПОЛЕЗНЫЕ РЕСУРСЫ

«Prepare for 15 Seconds of Fame: Media Contacts for Researchers». Fred Balvert, Marcel Hulspas, Souad Zgaoui

Авторы рассказывают о роли средств массовой информации в обеспечении общественной поддержки исследований. Эта книга также поможет вам самостоятельно прокачаться в работе с журналистами.

Science Career и Nature Career Column

Колонки о научной карьере от Science и Nature. Рассказывают обо всех аспектах научной коммуникации: от продвижения в СМИ до написания заявок на гранты.

Telegram-канал о научной коммуникации для ученых @scicommmforscientists

Канал о процессах и механизмах продвижения научных идей внутри исследовательского сообщества и за его пределами. Здесь собраны как зарубежные материалы, так и успешные коммуникационные истории российских ученых.

## Не все заинтересованные в результатах исследований могут уследить за тем, что происходит в научных журналах, но они точно читают СМИ



об исследованиях, которые они поддерживают. Поэтому упоминание грантодателей в научном релизе — дополнительная возможность для позитивного взаимодействия исследователей с ними.

Например, Российский научный фонд (РНФ) помогает грантополучателям рассказывать об исследованиях: на сайте есть специальная форма, заполнив которую ученые могут рассказать о своем результате. Если в рамках исследования, поддержанного РНФ, недавно была принята к публикации или опубликована онлайн статья в престижном научном журнале, то она может стать новостным поводом для СМИ. Полученной информацией пресс-служба делится с научными журналистами, которым интересно писать про российскую науку. Лучшие результаты грантополучателей также попадают на сайт

и в новостные дайджесты фонда, а также в ежегодный рейтинг научных открытий.

### ЛИЧНЫЙ БРЕНД УЧЕНОГО И УКРЕПЛЕНИЕ НАУЧНОЙ РЕПУТАЦИИ

Личный бренд может оказаться полезным для карьерного роста. Неважно, насколько усердно вы учились и насколько вы опытни, если не знаете, как продемонстрировать это работодателю. При этом формирование репутации вне научного сообщества влияет и на репутацию, которую ученый получает в научном сообществе. Когда мы говорим «известный ученый», мы прежде всего имеем в виду ученого, который имеет репутацию, сформированную в широком общественном круге. И здесь может стать эффективным инструментом интервью для СМИ.

Таким образом, не стоит воспринимать научную коммуникацию исключительно как дополнительную нагрузку, которая нужна только организации, — вы тоже можете извлечь из нее пользу. Кроме того, эта область в России активно развивается и получает все больше поддержки: например, в сентябре 2018 года Российская академия наук создала комиссию по популяризации науки. Вы можете сделать свой вклад в распространение научных знаний, а для этого стоит познакомиться с пресс-службой и рассказать о вашей работе. **ЭИ**

Автор благодарит слушателей курса «Наука в медиа 2.0», а также Мэтью Шипмана, автора книги «Handbook for Science Public Information Officers», идеи которой были использованы в материале.



# Как измерить новый килограмм

Итак, решение развенчать килограмм принято, и с 20 мая 2019 никому уже не отвертеться от нового эталона. Давайте разберемся аккуратно, как теперь ученый мир будет измерять единицу массы.

✍ Екатерина Жданова



## ПОЧЕМУ НОВЫЙ КИЛОГРАММ БЫЛ НУЖЕН

Старый килограмм действительно имеет почтенный возраст: Метрическая конвенция назначила его задающим единицу массы еще в 1875 году. То есть именно тогда метрологическое сообщество провозгласило килограмм массой международного прототипа килограмма (ИПК, от английского — International Prototype of the Kilogram, IPK). Роль ИПК все еще играет платино-иридиевый цилиндр высотой и диаметром 39 миллиметров, который изготовили в 1889-м. Тогда же сделали еще 42 точных копий — их разделили между странами-участниками конвенции, чтобы там могли следить за единством измерений, периодически обращаясь напрямую к французскому цилиндру.

За годы службы эталонов проводились неоднократные сличения с ИПК — в 1889, 1948, 1989 и 2014 годах. Сверка показала, что эталоны «расползлись» за сто с небольшим лет на 20–50 микрограммов. Несмотря на высокую химическую устойчивость платино-иридиевого сплава, эталоны все равно подвергаются испарению и диффузии (они не только «худеют»). В современном мире с растущими требованиями к точности измерений набег расхождений масс эталонов тревожен: такое непостоянство — на грани утраты функциональности, ведь накапливающаяся неточность грозит потерей первоцели эталонов — обеспечения единства измерений.

Метрологи давно предлагали перевести все основные величины на определения через фундаментальные физические константы (ФФК). Некоторые величины (секунда, метр, ампер, кандела) обрели свои квантовые «фамилии» еще давно, а на последней конференции в ноябре 2018 года пришел черед килограмма и его брата — моля, который был определен, по сути, через массу (а теперь завязан на ФФК — постоянной Планка и числе Авогадро).

## НОВОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ И СФЕРА ВМЕСТО ЦИЛИНДРА

До 26-й Генеральной конференции по мерам и весам килограмм был привязан к физическому объекту, а не природной константе. На конференции все изменилось кардинально: всем известная мера массы теперь определяется через постоянную Планка, значение которой фиксированное и равно  $6,62607015 \times 10^{-34}$  кг\*м<sup>2</sup>/с. Секунда и метр определены в терминах значений скорости света и частоты квантового перехода в цезии, которые, в свою очередь, так же, как и постоянная Планка, являются фиксированными ФФК. Другими словами, новый «килограмм» теперь не отождествляется с массой эталонного цилиндра, а завязывается на значениях достаточно точно измеренных постоянных.

Новое определение отрывает единицу массы от физического объекта, что тут же вызвало множество вопросов, ведь миру по-прежнему надо взвешивать объекты, измерять их массы и уточнять измерительные приборы. Метрологический мир нашел два решения.

Во-первых, можно создать более «абсолютный» эталон. То есть такой, который максимально точно мог бы воспроизводить единицу массы, но при этом и сам был бы воспроизводимым. И ученые создали такой объект — это сфера из кремния-28 максимально технологически возможной «чистоты», которую проверяли исследователи из Национального института метрологических исследований (Италия) и Австралийской организации ядерной физики и технологий с помощью нейтронно-активационного анализа. Метод позволяет очень точно определять элементный состав образца. В результате была подтверждена высокая степень чистоты: концентрация примесей порядка от фемтограммов до нанogramмов на грамм кремния.

Кремний был избран в качестве основного материала для нового «физического» килограмма, так как благодаря развитию полупроводниковых технологий в мире освоены способы получения «чистого» кремния. Основным фикси-

рованным параметром для кремниевого эталонизатора является число атомов. Структура кремния известна, и у любой достаточно оснащенной лаборатории есть возможность воссоздать сферический килограмм (в вакууме, безусловно). Способ не самый бюджетный (каждая такая сфера стоит 3,2 миллиона долларов), но он смещает фокус от конкретного объекта в сторону его точного определения и потенциальной заменимости.

Интересно, что создатели кремниевой сферы — коллаборация «Международный проект Авогадро» — по сути, занимались более точным определением числа Авогадро ( $N_A$ ). То есть логически-метрологическая цепочка такова: есть 1 кг (цилиндр), делаем точную копию по массе (сфера из кремния), хорошенько ее исследуем самыми современными методами (определяем радиус сферы, кристаллическую структуру), зная точную массу каждого атома кремния-28, считаем, сколько в сфере атомов, и таким образом определяем число Авогадро. Уточненное значение константы оказалось равно  $6,02214076 \times 10^{23}$ , неточность 20 частей на миллиард. В таком виде теперь постоянную фиксируют для переопределения единицы моля. А далее применим обратный подход: зная точное число атомов, структуру, размеры и состав сферы, мы имеем возможность воспроизвести килограмм, пользуясь постоянной Авогадро, — все снова через ФФК.

## ВЗВЕСИМ ПО-НОВОМУ

Вторая возможная реализация нового определения единицы массы — так называемый электронный килограмм. Чтобы понять, как такой килограмм работает, давайте сначала рассмотрим прибор, который единицу массы воспроизводит, — весы Киббла (the Kibble balance).

Аппарат был разработан в Национальной физической лаборатории в Великобритании в 1975 году и известен под несколькими именами — его называют ватт-весами с движущейся катушкой, или весами Киббла. Первое название отражает физическую и техническую суть устройства, второе имя весы приобрели после смерти своего разработчика Брайана Киббла в 2016 году.

Первоначально конструкция разрабатывалась для замены оборудования, реализующего ампер по старому механическому определению. В общем, и сейчас ватт-весы в сочетании с эталоном единицы ома могут воспроизводить единицу вольты и ампера. Но основным их применением первоначально стало точное измерение постоянной Планка, а затем — реализация единицы килограмма на основе фиксации полученного значения константы.

Весы Киббла функционируют в двух основных режимах: взвешивания и движения.

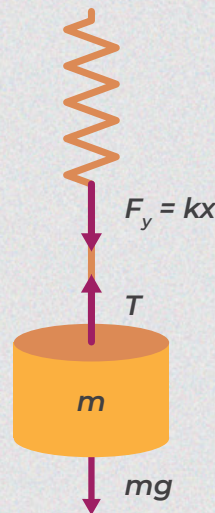
### ДЛЯ СПРАВКИ

Раньше ампером называлась «сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 метр один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 метр силу взаимодействия, равную  $2 \cdot 10^{-7}$  Ньютона».

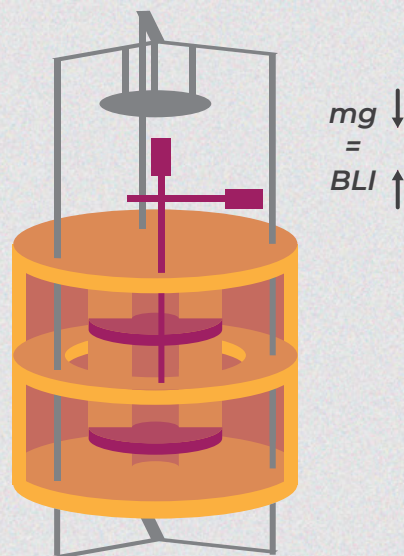
Представим классические ручные весы, в них измерение массы происходит за счет уравновешивания двух сил — силы тяжести измеряемого объекта и упругости проградуированной пружины.

В режиме взвешивания на весах Киббла гравитационная сила уравновешивается электромагнитной. Взвешиваемый образец помещается в специальную чашку, а ток через катушку подбирается таким образом, чтобы действующие силы уравновесили друг друга

Режим движения основан на явлении электромагнитной индукции. Измеряемый объект удаляется за ненужностью, а катушка движется в магнитном поле. Цель такого дополнительного измерения проста: косвенно и с меньшей погрешностью измерить параметр магнитного поля — плотность магнитного потока в зазоре постоянного магнита — необходимый для итогового вычисления массы.



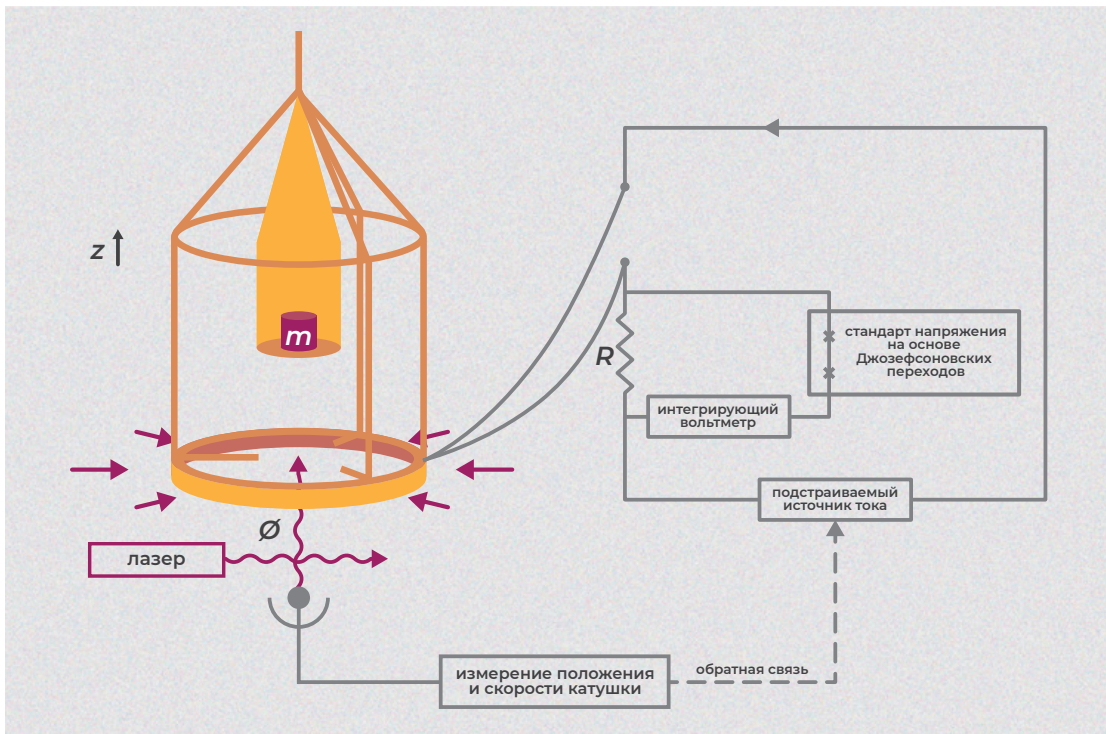
классические  
пружинные весы



режим взвешивания  
весов Киббла



Принципиальная схема работы весов Киббла



## ГОНКА ЗА ТОЧНОСТЬЮ

Чтобы обеспечить точное измерение или воспроизведение массы, необходимо выполнить ряд вещей, уменьшающих неточности. Один из шагов — упомянутая выше калибровка, устраняющая неопределенность измерения индукции магнитного поля и линейного размера катушки. Следующий шаг — наиболее точно определить значения всех входящих в уравнение ватт-баланса величин.

Скорость движения катушки измеряется с помощью лазерного интерферометра, а благодаря открытию в 1980 году квантового эффекта Холла и ранее известному к тому времени эффекту Джозефсона появилась возможность точной и стабильной реализации единиц ома и вольта соответственно.

Также в устройство ватт-весов входит гравиметр. Он измеряет точное значение ускорения свободного падения (которое входит в уравнение для вычисления массы) в том месте, где находится измеряемая масса. Сегодня несколько существующих весов Киббла воспроизводят единицу массы в диапазоне от миллиграммов до килограммов с точностью  $2$  на  $10^{-8}$ .

## ПРИКЛЮЧЕНИЯ НОВОГО КИЛОГРАММА В РОССИИ

Наш отечественный килограмм «увольнять» в 2019-м никто не планирует. Результаты сверки с МПК действуют до 2024-го года. А наш килограмм к тому же еще вел себя хорошо: по словам хранителя государственного эталона Виктора Снегова,

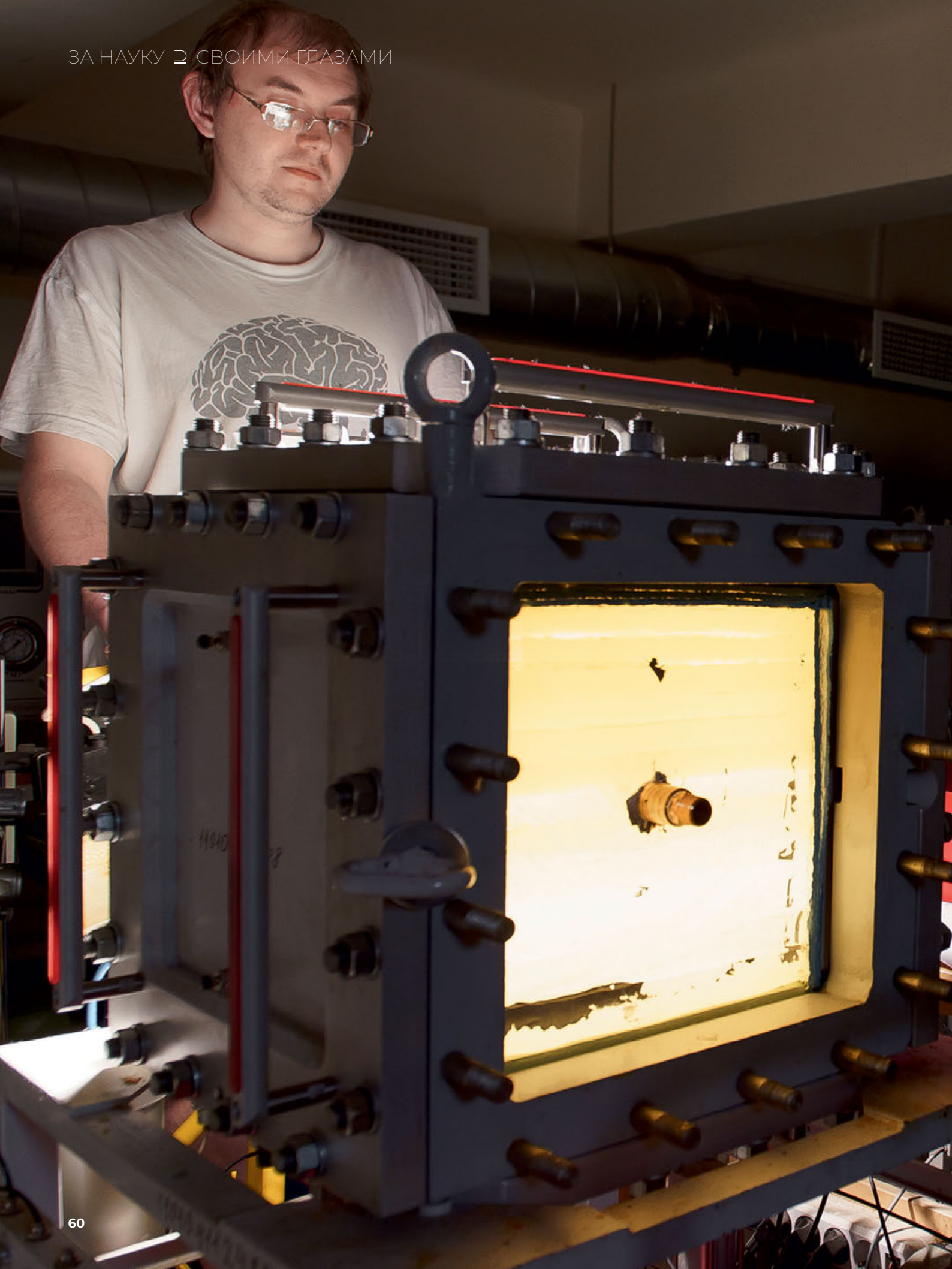
сотрудника ВНИИМ им. Д. И. Менделеева (организации Росстандарта), отклонился только на 1 микрограмм за 20 лет. Хранитель говорит, что еще лет 10 наш эталон должен держаться в рамках требуемой точности. К этому сроку российские метрологи планируют реализовать независимый килограмм с необходимой точностью.


«В рамках национального проекта будут создаваться отечественные весы Киббла на основе многолетнего опыта других стран, но пока непонятно, кто конкретно будет реализовывать новое определение килограмма у нас», — говорит Виктор Снегов.

Но все реформы касаются первичных метрологических уровней. Госэталон должен будет со временем воспроизводить единицу массы с точностью, заданной определением. Передаваться килограмм на второй уровень должен будет в условиях вакуума, то есть в условиях калибровки первичного эталона. А далее — уже передача единицы массы в условиях атмосферы другим измерительным приборам (вплоть до бытовых весов) не будет никак отличаться от того, что было раньше.

Кстати, передача единицы осуществляется с помощью еще одних специальных весов — компаратора массы. Работает эта машина на принцип электромагнитной компенсации — так же, как и ватт-весы в режиме взвешивания, когда измеряемая масса уравнивается током. Компаратор при этом, конечно же, дает гораздо меньшую точность. **ЗН**







✍ Александр Караваяев

# Космические вычисления

Каждый раз, знакомясь с новой лабораторией, наша редакция не устает удивляться ее предыстории. Все началось с серьезного проекта по созданию модели капельной системы охлаждения для космических установок мегаваттного класса, которые являются важной составляющей будущих дальних космических полетов. Именно из этого проекта и выросла лаборатория моделирования механических систем и процессов в 2015 году. Команда под руководством Натальи Завьяловой уверена, что способна решить любые физико-математические задачи, начиная от моделирования спутниковых систем и заканчивая разработками программного обеспечения для нефтяников.





Эта лаборатория необычна и интересна хотя бы потому, что руководит ей физтешка, выпускница факультета аэрофизики и космических исследований 2008 года, кандидат физ.-мат. наук Наталья Завьялова. Путь до завлаба не обошелся без интересной предыстории.

*«Мои родители почему-то решили, что с физикой и математикой я сама разберусь, а вот с языками... Поэтому училась в языковой школе, хотя она показала, что я полностью неспособна к лингвистике. Физика с математикой у меня и правда получались, но для поступления на Физтех надо было сильно ботать, а я не очень старалась. В итоге набрала тогда 17 баллов из 24-х, и меня чудом взяли на ФАКИ. По-моему, с 17 баллами больше никого не приняли. Видимо, какое-то послабление сделали»,* — вспоминает Наталья. Что ж, деканат ФАКИ точно не ошибся в своем решении.

Как и все, Наталья на первом курсе думала: «выгонят». Честно признается, что никогда так много не занималась в жизни, как во время первых двух семестров. В результате обе сессии закрыты на «отлично», правда, по истории поставили четверку. Как ни странно, в аспирантуру ФАКИ Наталью не взяли, и ей пришлось поступать на факультет управления и прикладной математики здесь же, в МФТИ.

После защиты будущая завлаб начала преподавательскую карьеру: *«У нас всю математику вела очень хорошая преподавательница — Лидия Ивановна Коваленко. Она понятно объясняла, очень интенсивно спрашивала. На втором курсе вся наша группа сдала матан на "отлично". Я подумала, что на самом деле матан — это круто, а народ не весь понимает, потому что нет преподавателей, которые бы до них донесли так же интересно, как доносили до нас. Это на самом деле не так сложно, как кажется поначалу. Я решила: пойду преподавать, обязательно на ФАКИ. Когда приходишь в первый раз на занятие, очень тяжело. Все первокурсники ничего не понимают, ты не понимаешь, как им объяснить, приходишь домой, решаешь 25–30 задач, на семинаре разбираешь три или четыре. Эта не наглядная, эта слишком сложная, эта далеко от программы уходит. Я один год преподавала, поняла, что это слишком тяжело, и пошла преподавать вычислительную математику. На третьем курсе народ гораздо более уравновешенный, спокойный, с ними гораздо легче».* Позже Наталья стала зам. зав. кафедрой по базовым специализациям вычислительной математики. Именно этот опыт и привлек директора Физтех-школы аэрокосмических технологий Сергея Негодяева, который предложил Наталье руководить молодой лабораторией.





## ПЕРВАЯ МИССИЯ

Происхождение у лаборатории с ФАКИ, конечно же, космическое! Изначально ребят собрали в команду для участия в реализации проекта, выполняемого под эгидой Центра Келдыша, по созданию энергодвигательной установки мегаваттного класса. Эта программа началась в 2010 году с указа президента.

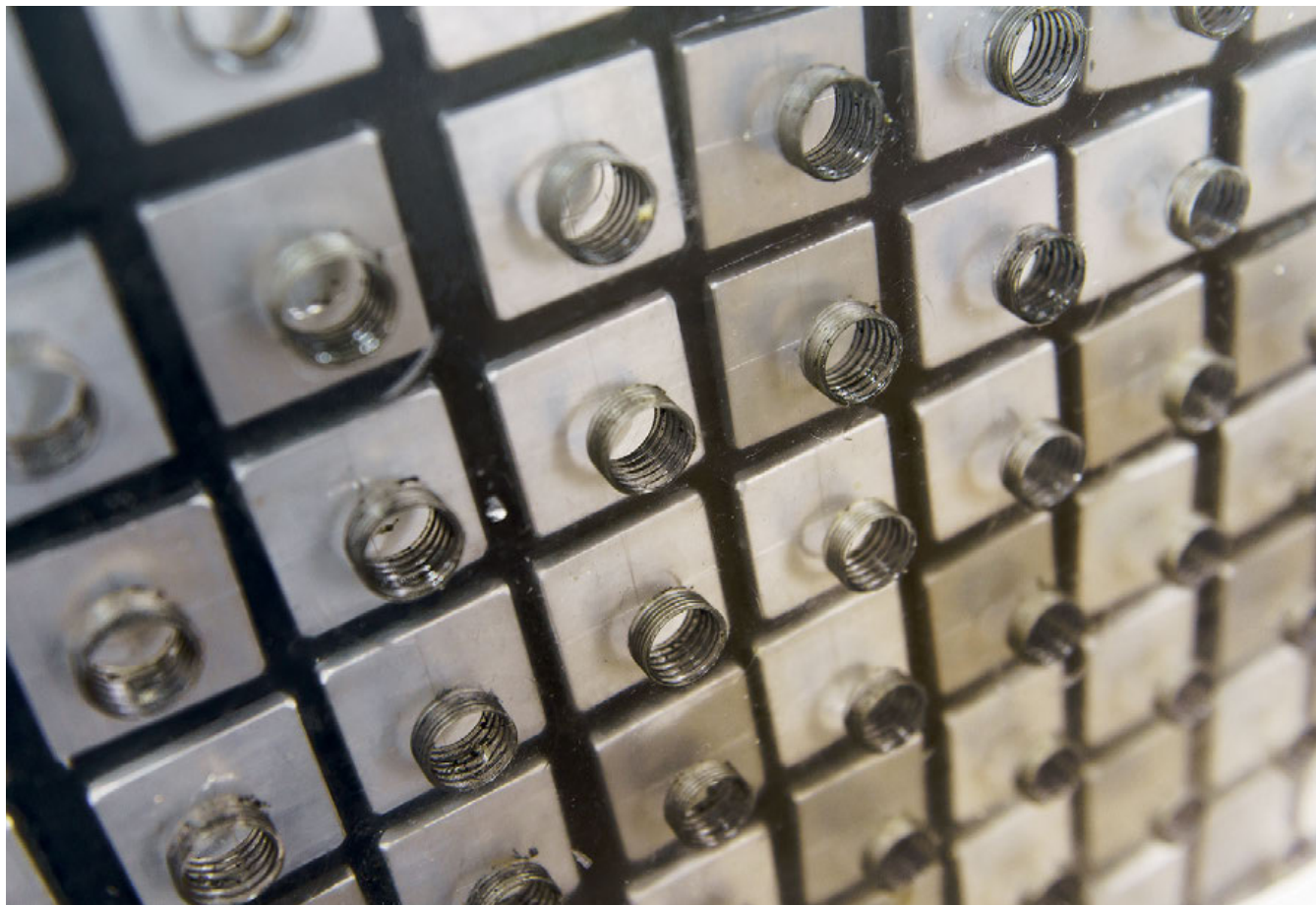
Космические полеты на дальние расстояния требуют мощных двигателей, питание которым обеспечивают мощные энергоустановки. Они сильно нагреваются, и им требуется эффективная система охлаждения. Традиционный способ решения этой задачи — выносимые во внешнюю часть корабля панельные радиаторы, по трубам которых циркулирует жидкость-теплоноситель, излучая лишнее тепло в космос. Но такие радиаторы, как правило, имеют большой вес и габариты, а кроме того, они никак не защищены от попадания метеоритов. *«Система охлаждения для такой гигантской мощной установки занимает 90% массы, — объясняет Наталья Завьялова. — Даже в самой маленькой комплектации она не помещалась в ракету “Ангара”».*

Российские ученые предложили новое решение: капельный холодильник-излучатель. Это установка, похожая на душ, в которой жидкость не циркулирует в трубах, а распыляется в виде капель прямо в открытое космическое пространство, там отдает тепло, затем улавливается и проходит цикл заново. Таким способом жидкость охлаждается гораздо быстрее (из-за большей площади поверхности капель), конструкция становится существенно легче, плюс повышается ее живучесть — метеорит, пролетевший через жидкость, никак не повредит системе охлаждения.

Однако здесь появляется следующая проблема: капли жидкости-теплоносителя под действием солнечного излучения, частиц ионосферы и других эффектов заряжаются и начинают разлетаться в разные стороны, не попадая в приемник. Именно из-за этой проблемы капельная система охлаждения на тот момент не считалась применимой в космической технике. Команда Натальи Завьяловой сумела найти решение: *«По сути, мы сделали численное описание открытой части системы охлаждения. Важно было правильно оценить эффект разлета и придумать, как его скомпенсировать. Для этого мы создали специальный комплекс программ, который позволяет моделировать реальные условия полета в космосе».*

Физтехи не ограничились математическим моделированием, в лаборатории была сконструирована специальная установка, позволяющая создать условия, приближенные к реальному космическому полету. *«Мы сделали программу, собрали установку, получили совпадение эксперимента и теории. Готово!»* — резюмирует Наталья. Все наработки были переданы в Исследовательский центр имени Келдыша для следующего шага — эксперимента в космосе.

В итоге этот проект одновременно подарил науке очень важный результат и новую успешную лабораторию, которая с 2015 года решает не только космические, но и практически любые физико-математические задачи.



### **«КАЧАЕМ-КАЧАЕМ, А ВЫКАЧАТЬ НЕ МОЖЕМ!»**

Сейчас много задач лаборатории связано с подземной гидромеханикой и нефтедобычей. *«Обычно к нам приходят, если возникают проблемы в создании физико-математических моделей, численных методов или принципиально новых продуктов. Остра тема санкций, часть коммерческого ПО стала недоступной, и приходится разрабатывать самим что-то, чтобы не уступать нашим партнерам, — рассказывает программист лаборатории Ян Невмержицкий. — В последнее время было два больших проекта: по разработке программного обеспечения для моделирования теплового воздействия при извлечении высоковязких нефтей и проект, связанный с моделированием гидроразрыва пласта в низкопроницаемых коллекторах».*

*«Традиционные месторождения истощаются, вариантов, когда вы пробурили скважину, и вдруг из нее фонтан нефти забил, не наблюдается. Если лет пятьдесят назад было так, то теперь с этим проблема», — говорит научный сотрудник лаборатории Иван Завьялов. Большинство известных месторождений имеют так называемую «высоковязкую нефть», которая составляет около 60% от всех мировых запасов. Вязкость в десятки тысяч раз выше, чем у воды. Люди додумались до некоторых ухищрений: подогревать такую нефть снизу, чтобы она разжижилась, стала по свойствам ближе к воде и проще выкачивалась.*

Лаборатория прикладная, поэтому к ней приходят в основном внешние заказчики в лице компаний, для которых ученые разрабатывают готовые производственные решения. Например, для «Зарубежнефти» необходимо было разработать программный продукт, который позволил бы оптимально планировать разработку месторождений с учетом прогрева и рассчитывать показатели добычи — сколько нефти добудут и сколько денег потратят. Проблема была в том, что стандартные симуляторы выдавали результат, далекий от того, что происходит «в поле». Поэтому в лаборатории МФТИ сделали свой полноценный гидродинамический промышленный симулятор выкачки нефти, куда пришлось добавить физики от высоковязких нефтей, нелинейные эффекты и фильтрацию бингамовской жидкости. Раньше так делали в единичных случаях или в научных статьях.

*«Мы отдали программу заказчикам, она прошла успешное внедрение. Выглядит ПО цивилизованно: не черный экранчик что-то считает, а нормальный интерфейс с нормальными кнопками и системой подсказок. Как бы ни было смешно, интерфейс — одна из самых важных частей, потому что именно ее воспринимает инженер. Он в физике и математике профессионалом не является, у него другие компетенции. Если ему сложно продаться через интерфейс, то ПО не получит распространения. Мы также организовали курсы, чтобы обучить сотрудников ей пользоваться», — вспоминает Наталья.*





## СПАСЕНИЕ ВРЕМЕНИ

Еще один большой проект был связан с моделированием гидроразрыва пласта (ГРП) — основной технологией интенсификации добычи нефти, при которой в нефтесодержащем пласте создается система техногенных трещин. Но эта технология имеет существенный недостаток: трещина гидроразрыва может случайно задеть непродуктивные пласты, которые не нужно разрабатывать, например, воду или газ.

Чтобы этого избежать, индустрии потребовались точные методы моделирования образования трещин. Цель лаборатории ММСП заключалась в том, чтобы сделать метод не только точным, но и быстрым. Тогда инженер сможет с высокой скоростью просчитывать множество возможных вариантов установления трещины и выбирать наилучшие.

Прежде чем делать основную трещину, проводится пробное нагружение, или мини-ГРП. Главная проблема нефтяников в том, что они ничего не знают про пласт. Исследования стоят очень дорого, и их стараются не делать лишний раз. «Такие исследования, в общем-то, погоду на Марсе показывают, в основном», — шутит Иван Завьялов. Когда бурят скважину и делают гидроразрыв, то идут в основном вслепую, не зная точных параметров, поэтому и нужно провести мини-ГРП. Посмотрят, похоже ли на то, чего ожидали, или непохоже. Если непохоже, все срочно переделывают. У инженера буквально несколько часов, чтобы принять решение сделать нормальное ГРП, так как для проведения гидроразрыва вызывается очень большая команда людей с техникой, каждый час которой стоит несколько миллионов рублей.

Лаборатория моделирования механических систем и процессов создала ПО для быстрого и точного моделирования ГРП. Особенности являются расчет динамики роста трехмерных трещин в сложной неоднородной среде с учетом их взаимного влияния друг на друга и дальнейшая оценка их влияния на параметры окружающей среды.





## КОМАНДА

В лаборатории есть два основных физика-экспериментатора, это Александр Быков и Иван Завьялов. Александр отвечает за установки «на заказ». Например, купленный томограф или новосибирскую установку для исследования пластовых условий. А Иван заведует оборудованием, которое лаборатория ММСП собирает самостоятельно.

Если нужно спроектировать и изготовить какую-то деталь для эксперимента, то подключаются инженеры из соседней лаборатории, также идет тесное сотрудничество с опытно-промышленной базой МФТИ. Каждая задача лаборатории представляет собой комплексный проект. *«Обычно начинается с “ничего не понятно”, — раскрывает секреты работы Наталья. — Тогда за дело берутся наши физики: Александр Быков, Алексей Бычков, Иван Завьялов и Олег Извеков. Когда формируется модель системы, важно понять, что с ней делать дальше, какие методы и алгоритмы использовать, или же изобретать что-то свое. На этом этапе у нас работают математики-вычислители, определяющие ход решения задач: Ян Невмержицкий, Илья Перепечкин, я тоже участвую. На этом этапе, бывает, мы консультируемся с нашими друзьями и партнерами извне, которые охотно помогают, к работам часто подключаются Андрей Конюхов и Александр Галыбин».*

Ну а дальше за дело берутся программисты: Владимир Панов, Вадим Семака и Денис Заворотнюк. Тут следует отметить, что это не обычные прогеры: как и другие физтехи, они понимают и физическую постановку, и алгоритмическое наполнение, что значительно ускоряет их продвижение к решению.

В исследованиях активно участвуют студенты и аспиранты. Очень приятен тот факт, что они творчески подходят к выполнению задач: находят новые подходы и решения, причем даже в тех местах, где кажется, что все уже решено.

Сейчас в лаборатории работает 19 человек.

Каждый проект имеет что-то общее с предыдущими. И практически везде фигурирует механика сплошных сред. *«МСС — это профильный предмет на ФАКИ, который мучил нас долго. Существует байка, что Гейзенберг пытался заниматься механикой сплошной среды, у него ничего не получилось, и он ударился в квантовую механику», — шутит Наталья. Поэтому в области МСС еще много научных задач, равно как и в области вычислений».*

## CHALLENGE

*«Есть один challenge, в котором очень хочется поучаствовать, — делится Наталья. — Мы ведем переговоры по проекту создания российской системы моделирования и проектирования многоспутниковых группировок с Фондом перспективных исследований. Это большая работа на три года».*

*Сейчас идет динамический переход от освоения космоса к его активному использованию. Например, американцы сделали систему спутниковой связи “Iridium”. Абонент платит 1 доллар в минуту и может звонить по телефону из любой точки мира: из Тихого океана, из Сахары, из Гималаев. Активно используется космическая съемка Земли для контроля состояния сельскохозяйственных земель, контроля состояния лесных массивов для предупреждения пожаров и мониторинга их продвижения».*

*В России на данный момент формируется гигантская федеральная программа “Сфера”, которая объединит в себе уже имеющиеся космические аппараты из действующей группировки: “Глонасс”, “Гонец”, “Луч”, “Ресурс” и другие — и дополнит их самыми разнообразными космическими аппаратами».*

*Для понимания, на каких орбитах должны быть аппараты, какой должна быть их компоновка, как должен быть организован информационный обмен между ними и с Землей, как управлять такой группировкой конечно же, нужен программный комплекс, который сможет оказать адекватную поддержку инженерам, работающим на этом проекте».*

*Участствовать в “Сфере” будут предприятия Роскосмоса, частные компании, университеты и, конечно же, наш Физтех». **ЭН***

*Лаборатория ждет студентов, которые хотят присоединиться к работе над интересными и одновременно весьма непростыми задачами. По вопросам можно обращаться к Наталье Завьяловой: [zavialova.na@mipt.ru](mailto:zavialova.na@mipt.ru).*



✍ Елизавета Чернышева

## «Открытие лаборатории — это стартап»

Выпускник МФТИ Игорь Калташев в аспирантуре уехал по обмену в США, где получил степень «доктор философии» в области биохимии более 20 лет назад, открыл свою лабораторию в Университете Массачусетса в Амхерсте и работает на должности профессора по сей день. О степенях свободы и трудовых буднях университетского ученого в США Игорь рассказал нашей редакции.

**История не терпит сослагательного наклонения.** В 1989 году я окончил институт, в 91-м, буквально через пару месяцев после моего отъезда, прекратил существование Советский Союз. В одночасье исчезла вся структура, в которой я не то что комфортно себя чувствовал, но хотя бы представлял, что это такое. Поэтому мне трудно сказать, как сложилась бы моя научная карьера, если бы я остался в аспирантуре МФТИ.

**Какая им разница, русский, китаец или еще кто-то.** В Америке практически все такие же, как я. Своих, местных студентов у них очень мало, меньше половины, по крайней мере, на естественнонаучных направлениях. Аспирантура там отличается от нашей, очень значителен объем курсов, которые надо прослушать до начала исследовательской работы или параллельно с ней. В Америке в университетах четырехлетнее обучение, они не выходят на такой уровень, на который студенты выходили в СССР и в России по окончании пяти или шести лет обучения.



**В Штатах совершенно другая обстановка.** Каждой осенью появляются объявления: в университетах требуются молодые профессора на начальные позиции (так называемые Assistant Professors). Так я подал документы, прошел несколько интервью и оказался в Массачусетском университете в Амхерсте, где и работаю до сих пор. Когда пишешь заявление, помимо CV и списка трудов, подаешь план научной работы, что является, пожалуй, самой важной частью заявки.

**Как говорил Козьма Прутков, нельзя объять необъятное.** Уже в объявлении оговаривается, в каком направлении нужен специалист. Они не пишут, что им нужен профессор химии. Они пишут: нужен профессор химии в области, связанной с электронными материалами. Каждый факультет пытается сбалансировать свой научный портфель, они знают, где у них сильные стороны, где слабые. Даже на очень сильных факультетах серьезных вузов нет такого, чтобы было все прекрасно, — на это никаких ресурсов ни у кого не хватает.

**К человеку относятся с большим доверием.** Деньги на открытие лаборатории дают сразу, но в банке они лежат не на твоё имя. Они могут пойти на покупку оборудования, на



набор лаборантов и постдоков. Зависит полностью от самого заведующего, однако никакого отчета не требуется. Для меня было культурным шоком, что не надо на каждую вещь собирать бумажки, объяснять, почему это тебе нужно. Есть гибкость. Если заложил в изначальный бюджет деньги на покупку хроматографа, а вместо этого закупил большое количество дорогостоящих реагентов, у тебя поинтересуются, где столь необходимый тебе аналитический прибор, но, в принципе, никаких серьезных проблем из-за этого быть не должно.

**По существу, открытие лаборатории — это стартап.** Дают начальный капитал, а потом отправляешься в самостоятельное плавание, соревнуешься с более опытными коллегами на факультете за то, чтобы к тебе шли аспиранты. Небольшая часть аспирантов — сильные, очень много средних, есть откровенно слабые, к сожалению. Хочется, чтобы у тебя работали сильные, но каждый аспирант тоже просчитывает, куда лучше пойти. Такое соревнование проходит на локальном уровне. А вот на национальном уровне идет очень серьезная конкурентная борьба, потому что тебе надо получать гранты.

**После успешного завершения шестилетнего испытательного срока тебя могут уволить только в случае очень серьезного нарушения служебной этики или дисциплины,** либо при закрытии факультета, что маловероятно. Когда человек приходит в университет, ему дают пять лет, а потом начинают собирать материалы и оценивать его работу. По истечении шестого года университет принимает решение, оставлять тебя здесь или расставаться. Решение очень серьезное, потому что при положительном результате это пожизненная ставка, зачастую до ухода на пенсию.

**Гранты — важная вещь, но не единственная.** Нужны публикации в хороших журналах, более или менее нормальные отзывы студентов о том, как ты проводишь занятия. Университет рассылает письма двенадцати специалистам, которые работают в твоей области, некоторые из них могут жить за границей. Они должны написать письмо с оценкой твоей деятельности: как они тебя видят, рекомендуют или не рекомендуют.

**Траектория должна идти вверх.** После положительного решения комиссии надо работать с еще большей энергией. К сожалению, некоторые этот момент пропускают. Очень мно-

го было приложено усилий, чтобы к концу шестого года все было великолепно, потом идет глубокий выдох, который заканчивается затяжной паузой. Жизнь такая, что если ты взял серьезную паузу, поезд уйдет и трудно будет в него вскочить.

**Вопрос о хорошей подготовке для студентов МФТИ не стоит — тут и так все ясно.** За двадцать с небольшим лет, которые я преподаю и веду свою группу, пришел к выводу, что самое главное — интерес и энтузиазм, желание заниматься вещами, которые, возможно, до недавнего времени лежали вне зоны твоих интересов. Такие люди нам и нужны — все просто.

**Наша группа внесла большой вклад в развитие методики изучения структуры белков, которая называется «водородно-дейтериевый обмен».** Она известна достаточно давно, использовалась еще в ЯМР, потом ее переняли масс-спектрометристы. Мы провели серьезную серию работ, где попытались строго описать модель обмена, чтобы понимать, как правильно проводить интерпретацию данных. Белки — очень сложные системы, и можно себя сильно обмануть, если не понимать, как все происходит на молекулярном и даже атомном уровне.

**Большинство американских вузов раз в неделю проводят семинары,** на которые за свой счет привозят выступающих из других университетов. Лектор приезжает накануне вечером, с утра у него деловой завтрак с человеком, который его пригласил, а потом весь день — встречи по 30–45 минут с руководителями лабораторий, большинство из которых работают вне его области. Потом проходит выступление, ланч — обязательно с аспирантами. Профессора там не присутствуют, поэтому студенты могут позволить себе быть очень откровенными. Вечером гость идет на ужин с двумя-тремя профессорами университета. Есть возможность рассказать человеку про свою деятельность, завязать контакты, обнаружить неожиданные точки соприкосновения.

**Хотел бы бросить ложку дегтя в бочку меда:** в Америке перепроизводство PhD, кандидатов наук, по-нашему, даже в химии, одной из наиболее «практичных» областей естествознания. В биологии совсем печальная ситуация: не надо столько биологов выпускать. Люди проводят десять лет, иногда больше, работая постдоками, потому что не могут найти постоянную работу, многие потом просто сдаются и уходят делать что-то другое. Наиболее перспективная область сейчас и в обозримом будущем с точки зрения получения работы — это биоаналитическая химия: такие специалисты нужны всегда, и до сих пор есть существенный дефицит.

**Думаю, что в конце концов вернусь обратно в Россию.** Хотелось бы продолжать сочетать науку и преподавательскую деятельность, начинаешь задумываться, а что ты можешь дать другим людям. В идеале на Физтехе. Пока, правда, с альма-матер активно не сотрудничаю, но надеюсь это изменить. Может быть, что-то начнем вместе делать. Будет здорово, если это получится! **zn**

*Интервью с Игорем Калташевым читайте на сайте [zanauku.mipt.ru](http://zanauku.mipt.ru).*

Птица уже не влетает в форточку.  
Девушка, как зверь, защищает кофточку.  
Подскользнувшись о вишневую косточку,  
я не падаю: сила трения  
возрастает с падением скорости.  
Сердце скачет, как белка, в хворосте  
ребер. И горло поет о возрасте.  
Это — уже старение.

Здравствуй, младое и незнакомое  
племя! Жужжащее, как насекомое,  
время нашло, наконец, искомое  
лакомство в твердом моем затылке.  
В мыслях разброд и разгром на темени.  
Точно царица — Ивана в тереме,  
чую дыхание смертной темени  
фибрами всеми и жмусь к подстилке.

Я БЫЛ как все. То есть жил похожею  
жизнью. С цветами входил в прихожую.  
Пил. Валял дурака под кожей.  
Брал, что давали. Душа не зарилась  
на не свое. Обладал опорой,  
строил рычаг. И пространству впору я  
звук извлекал, дуя в дудку полую.  
Что бы такое сказать под занавес?!



# Литературный физтех

✍ Ксения Цветкова

Виктор Голышев — старейшина отечественной школы художественного перевода и выпускник МФТИ 1961 года. В его арсенале классический перевод книг «1984» Джорджа Оруэлла, «Пролетая над гнездом кукушки» Кена Кизи, «Свет в августе» Уильяма Фолкнера, «Гарри Поттер и Орден Феникса» Джоан Роулинг и многое другое. Ему Иосиф Бродский посвятил одно из лучших русских стихотворений о старении тридцатилетних «Птица уже не влетает в форточку». Мы поговорили с Виктором Петровичем о Физтехе, литературе и знаменитых современниках.

## О ФИЗТЕХЕ

— **Расскажите про свою жизнь на Физтехе, вы жили в общежитии?**

— Нет, из Москвы ездил. Хотя многие москвичи оставались в общежитии. Но они сильнее учились. А я ездил — полтора часа туда, полтора обратно, в общежитии мне не хотелось жить. Первый год моего обучения даже электричек еще не было, и мы иногда ездили на паровике. Туда нормально можно было ехать, а когда возвращались — часов в 10–11 вечера — уже поздно, ничего не ходило, приходилось даже в поезда дальнего следования подсаживаться, на пустые плацкартные места. У нас было много учебных часов, 50 часов в неделю при шестидневной неделе. Поэтому поздно возвращались.

— **Почему решили поступать на Физтех?**

— Гуманитарные науки в СССР были очень отравлены идеологией. Литература, история — все гуманитарные предметы — были заточены прежде всего на идеологическое воспитание. Вам это сейчас трудно представить, но тогда вся литература была наполнена воспеванием социализма и обличением капитализма. Что в школе проходили? «Молодая гвардия» — просто плохая литература, «Поднятая целина» и тому подобное унылое чтение. А Перельмана «Занимательную физику» открываешь — и оторваться невозможно. Вот я и увлекся естественными науками: там книжки интересные.

Поначалу я собирался поступать не на Физтех, а в Бауманку: у отца там друг занимал какую-то высокую должность. А потом случайно встретил бывшего комсорга нашей школы Севу Гантмахера (Всеволод Гантмахер — российский физик, академик РАН, главный редактор журнала «Письма в ЖЭТФ» — *Прим. ред.*), он мне и говорит: да что тебе делать в Бауманке, там же не наука, а сплошное черчение, иди-ка лучше к нам на Физтех. У него отец был профессором там, да и сам Сева со временем, окончив Физтех, стал известным ученым.

— **Когда вы начали читать английскую литературу в оригинале?**

— Как раз когда на Физтехе учился. У нас было очень сильное преподавание английского, нужно было «сдавать странички», штук по сто за семестр. Это значит, ты должен был прочитать эти странички и уметь пересказать прочитанное. Так что первую книгу на английском языке я прочел, когда учился на втором курсе — лет 18 или 19 мне тогда было.

— **На какой базовой кафедре вы учились?**

— В Институте автоматики и телемеханики, который потом стал называться Институт проблем управления. Меня распределили в лабораторию самонастраивающихся систем. Я там конструировал специализированную аналоговую вычислительную машинку — устройство для поиска максимума функции нескольких переменных. И я сделал эту машинку, но мы уже тогда знали, что это тупиковый путь и будущее — за цифровыми ЭВМ.

Примерно в этот момент стало понятно, что мне больше нравилось не ходить в институт, а сидеть дома и рассказыки переводить по три месяца. И я не уважал устаревшую машинку, которую я делал, а других тем мне научный руководитель не предлагал. Это уже после распределения было. Я спросил его: может мне в аспирантуру поступить? Годам к 33 стать кандидатом, к 55 доктором... А он говорит: что-то вы пассивно себя ведете, давайте повременим. Я даже обрадовался, что за меня решили. Ведь если ты занимаешься наукой, ты

Слушай, дружина, враги и братие!  
Все, что творил я, творил не ради я  
славы в эпоху кино и радио  
но ради речи родной, словесности  
За каковое реченье-жречество  
(сказано ж доктору: сам пусть лечится)  
чаши лишившись в пиру Отечества,  
нынче стою в незнакомой местности.

Ветрено. Сыро, темно. И ветрено.  
Полночь швыряет листву и ветви на  
кровлю. Можно сказать уверенно:  
слезы и туман — это не ветер.



Во время работы инженером в Институте автоматизации и телемеханики, 1961 год. Фотография из личного архива Виктора Гольшиева

должен научную карьеру делать: в аспирантуру идти, защищаться. А мне не очень это было интересно. Переводить больше нравилось.

— **Чем вам запомнился Физтех?**

— Там приятели были — раз. Грязь была — два. Отвратительная столовая — три. После ее посещения весь пиджак вонял горелым маслом. В футбол там можно было играть. Часто просто уходили вместо лекций в лесок там неподалеку и гоняли вчетвером-впятером. Нас там несколько таких прогульщиков было, я их всех знал. А иногда просто спать заляжешь где-нибудь в пустой аудитории, чтоб только на лекцию не ходить.

**О ПРЕПОДАВАНИИ**

— **Чем вы занимались после работы в базовом институте?**

— Недолго преподавал в Институте стали и сплавов электронику, а потом работал в издательстве «Мир», которое научные книги издает. Тогда очень много переводили научной литературы — не только научно-популярной. В тех областях, в которых мы отставали, это важно было. Ну вот в редакцию физики меня позвали. Через полгода оттуда тоже ушел. Я ведь думал, что смогу там по вечерам заниматься своими переводами. Но работа оказалась такая, что целый день занят. Я редактировал научные книжки. Одну отредактировал, больше не успел. Там была большая норма выработки, 88 листов в год. Кто поопытнее, те не так сильно редактировали, как я. Я старался чтоб хорошо по-русски было, а этой задачи нет, когда научную книгу переводишь. Там о благозвучности думать не надо. Но у меня-то мозги в другую сторону направлены. Книга, которую я редактировал, называлась «Точечные эффекты в металлах».

— **Вы еще преподавали когда-нибудь?**

— Я в Бостоне поработал один семестр, а потом в Литературном институте. Как в Америку попал: когда Горбачев собрался в США, параллельно были запущены еще какие-то люди — писатели, может быть, художники, композиторы. Среди писателей поехал и я. В Нью-Йор-

ке побывали, в Бостоне. А потом меня позвали в Бостонский университет преподавать. Мой курс назывался American Fiction in the Soviet Union, это про их литературу, которая у нас издавалась. Фолкнера у нас издавали, вот мы Фолкнера и проходили там. Или Мелвилла. Это не имело отношения к России никакого. Ну, пару раз я там параллели какие-то ставил: например, «Превращение» Кафки и «Собачье сердце» — там близкие темы перевернутые. У меня были американские студенты, очень умные. Почти взрослые, старше 30 лет.

— **Кажется, Бродский жаловался: американские студенты ему не очень нравились.**

— Да, он составил огромный список того, что человек должен прочесть, я сказал ему, что это невозможно, а он: все равно, пусть знают! Там от Гильгамеша до Улисса. Но это все невозможно прочесть — 300 книг. Сам-то он их не прочел, все 300, это ясно. Правда, тут приезжал лет 20–30 назад его бывший студент, который сейчас работает школьным учителем. Так вот он хвастал, что дошел уже до половины списка и собирается прочесть весь. Буду, говорит, работать учителем, пока не прочту. А он такой здоровый, розовый, рослый, спортсмен с виду.

**О ЛИТЕРАТУРЕ**

— **Кто из «ваших» авторов был самым сложным для перевода?**

— Пожалуй, Уильям Фолкнер. Еще была книжка «Уайнсбург, Огайо», автор Шервуд Андерсон. Она написана очень просто, но почему-то я с ней страшно мучился: целый год семь листов переводил, это очень долго. Я не мог тон подсечь какое-то время. Он совсем стал по-новому писать. Они не зря к нему ходили — Вулф, Фолкнер, Хемингуэй. Я попробовал Бунина, он в то же время примерно писал, — ну ничего похожего. Там все так красиво, роскошно, у Бунина, а у этого очень элементарно, но за этим многое кроется.

Это из старых времен. А из новых — Сьюзен Сонтаг, книжка называлась «О фотографии». У нее такой научный, наукообразный стиль, она очень разносторонне образована в литературном смысле. В общем, ни одна

Данная песня — НЕ ВОПЛЬ ОТЧАЯНЬЯ.

Это — следствие одичания.

Это — точней — первый крик молчания,  
царствие чье представляю суммою  
звуков, исторгнутых прежде мокрою,  
затвердевшей ныне в мертвую  
как бы натуру, гортанью твердую  
то и к лучшему. Так я думаю.



Это и к лучшему. Чувство ужаса вещи не свойственно. Так что лужица подле вещи не обнаружится, даже если вещица при смерти.

Точно Тезей из пещеры Миноса,  
выйдя на воздух и шкуру вынеся,  
не горизонт вижу я — знак минуса  
к прожитой жизни. Острее, чем меч его,  
лезвие это, и им отрезана  
лучшая часть. Так вино от трезвого  
прочь убирают, и соль — от пресного.  
Хочется плакать. Но плакать нечего.

фраза на русский прямо не переводится. Самое хорошее — это когда как написано, так ты и переводишь. А там ни одна фраза не ложится на русский язык. Там если напрямую переводить, то получатся одни отглагольные существительные: «усиление», «направление», «давление»... А уже на втором мозги отказывают, ты уже смысл неловишь, когда подряд отглагольные существительные. «Дальнейшее усиление роста населения» — вот это вот. А ее именно так и надо переводить, и приходится все время ломать себя. Вот это было самое трудное.

Но все можно преодолеть. Или если не можешь преодолеть, то ты за это не берешься.

— Кажется, вы переводили Гарри Поттера?

— «Гарри Поттера» переводил потому, что за это деньги хорошие платят. Мы втроем одну книжку перевели, а уже от следующей отказались. Чтобы «Орден Феникса» переводить, пришлось предыдущие четыре книжки «Поттера» прочесть, и ни одна мне не понравилась. Там какой-то налет паранойи есть в этом деле, и он мне несимпатичен, и герой не нравится — неврастеник какой-то. Только деньги там хорошие. Хотя переводить его очень легко: там совсем простой английский, элементарный просто. И некоторое однообразие в ремарках: «... — сказал он, почесываясь».

— Расскажите про вашу дружбу с Бродским.

— Мы познакомились в Тарусе. Когда на него начались гонения, ему посоветовали уехать в Тарусу, к нам в дом. А я в это время работу как раз бросил, туда тоже приехал. Там мы и познакомились. Я туда поехал потому, что там жить дешевле, чем в Москве. Он там прожил недели две, а потом уехал в Питер, откуда его и забрали.

— Вы с ним подружились за это время?

— Да, сразу. Примерно один возраст — я чуть старше, года на три. Общие темы литературные. Но эта химия не зависит от общих тем. А он же тогда никто был, это сейчас он шишка, а тогда был какой-то беглый поэт, мало кому известный. Так что у нас равенство как бы было социальное. Стихов его я не знал тогда, первый раз услышал от него. Ни фамилии его не знал, ни стихов, просто понравился он мне по-человечески.

— Что он вам читал — помните?

— Да. «Большую элегию Джону Донну». А там Джон Донн уснул, а дальше идет перечисление того, что все кругом уснуло. Мне показалось, это несколько маниакальное проявление, о чем я ему и сказал тут же. Но он совершенно не обиделся. Читал еще стихи, которые мне понравились. Да и этот потом понравился, со второго раза.

— Как проходит работа над книжкой? обычный день переводчика как выглядит?

— Встал, позавтракал, сел переводить. Когда молодой был, иногда и всю ночь сидел. До физического истощения порой. С возрастом теряешь такую способность.

— Сколько можно перевести за один день?

— Зависит от текста, конечно. Ну, две страницы в среднем. Хотя, например, Гарри Поттер — мы и по семь страниц в день переводили. Когда тебя гонят и текст легкий. А так — страницы две максимум.

— Как думаете, это возможно, что в будущем переводчиков заменят машины, искусственный интеллект?

— Думаю, что да: в технических делах, политических делах — там, где словарь ограниченный и реальность абстрактная. А в книжках... Ну, конечно, хочется думать, что никогда. Но черт его знает. Иногда и люди так переводят, что машина может это сделать...

Там ведь, кроме букв, есть физиологические вещи: человек знает, что такое мозоль, например, или чувство похмелья. Механический переводчик этого не может постичь, он лишен физического ощущения. Не знает, как птички чирикают. Он может перебрать все варианты, которые когда-либо писались, но ведь живой переводчик иногда придумывает что-то новое в художественной прозе. Вот с этим будут проблемы. Но не с абстракциями. Может быть, с чувствами, а может быть, с ощущениями. Мне трудно представить, чтоб машина до такой степени дошла, чтоб она тоже соловья слушала.

— Перед переводом вы читаете книгу целиком?

— Я удивляюсь людям, которые этого не делают. Если целиком прочесть, то, может, и переводить не захочешь. Или увидишь, что тебе скучно станет.

Есть книжки, которые не выдерживают своего объема. Очень немногие писатели могут написать роман так, чтоб он в конце был не хуже, чем в начале. С переводом это особенно сильно чувствуешь. Когда исчерпана и идея, и мысли, и характеры. А еще надо закругляться. До конца дописать и у Достоевского не получалось в какой-то момент.

— А у Толстого получалось?

— У Толстого получалось. Не знаю, как с Анной Карениной, а с «Севастопольскими рассказами» получилось, с «Хаджи Муратом» получилось. «Войну и мир» я очень молодой читал — там тоже получилось, хотя четвертый том очень странный, с абстрактными рассуждениями. Но не надоело мне. А бывает, что надоедает. Но это, может быть, какое-то личное свойство. **эн**

Полную версию читайте на сайте [zanauku.mipt.ru](http://zanauku.mipt.ru).



Капица в Кавендишской лаборатории

## Пётр Капица.

# Принцип «конструктивного творчества»

✍ Марина Тебенькова

**К**огда Пётр Леонидович про-износил свою торжественную речь на церемонии вручения Нобелевской премии, то упомянул, что все исследования, за которые он получает награду лишь в 1978 году, были проделаны десятилетиями ранее. В начале тридцатых Капица стоял у самых истоков своей работы в области низких температур, имел собственную лабораторию, а значит, практически неограниченную свободу. Позднее он назовет этот период своей жизни «потерянным раем», который будет всеми силами пытаться воссоздать на родине для своих учеников. В основе «рая» лежит «конструктивное творчество», ставшее одним из столпов «системы Физтеха»: это касалось отнюдь не только процесса обучения, но и всей студенческой жизни в целом. Что же помогло ему столь безошибочно сформулировать принципы, которые живы до сих пор? Разумеется, личный опыт и умение его анализировать.

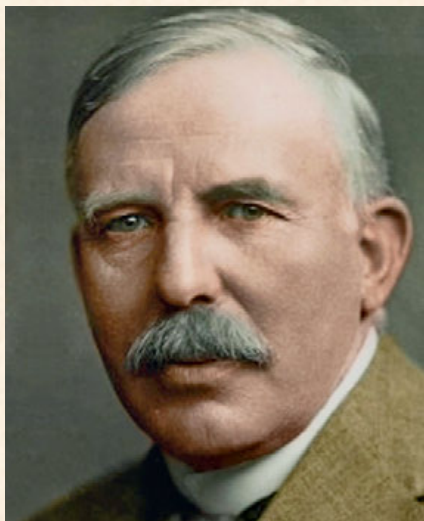
Хотя «большое видится на расстоянии», оно неизбежно складывается из мелочей. Их необходимо замечать, о них необходимо говорить без недомолвок. Когда биография великих творцов опускает подробности их жизни — становится чертовски обидно; так редко люди создают что-то действительно стоящее, а о них говорят в формате ведомости: «был», «решил», «сделал». По случаю 125-летия со дня рождения Петра Леонидовича Капицы мы попытались воссоздать наиболее интересные отрывки из его биографии. Отказ от сухих списков его заслуг в пользу нарратива — шанс для читателя самостоятельно обосновать мотив каждого капицевского «решил» и «сделал».



## СЭР ЭРНЕСТ КРОКОДИЛ

Казалось бы, за Капицей никогда не замечалась тяга к зоологии, но был в его судьбе один персонаж, после встречи с которым Петр Леонидович не мог не окрестить его таким «зеленым и зубастым» прозвищем. К сожалению, сохранилось мало материалов, посвященных английской биографии Капицы, однако Крокодил родом именно оттуда. Крокодил — это Ученый с большой буквы, как и сам Капица. Крокодил — это лауреат Нобелевской премии по химии 1908 года. Крокодил — это Резерфорд.

Дело было совершенно не в больших клыках или повадках хищника, хотя поначалу Эрнест Резерфорд, руководитель Кавендишской лаборатории, и впрямь не расплывался в гостеприимной улыбке перед молодым советским физиком.



Эрнест Резерфорд, «отец» ядерной физики

— Чем вы будете платить за учебу? — скептически поинтересовался Резерфорд.

— Мне платят жалование.

В 1921 году Ленин командировал группу передовых советских физиков, а среди них и Капицу, в Англию с целью «восстановления научных связей». Пётр Леонидович стал руководить закупкой промышленного оборудования, так что имел вполне благонадежный источник дохода.

Мечта посещать лекции и стать, наконец, своим в Кавендишской лаборатории была уже на расстоянии

протянутой руки, так как даже Иоффе, его наставник из Политехнического института, этому всячески способствовал. Но фигура Резерфорда опять выросла на входе в исследовательский институт:

— Это невозможно, штат укомплектован. В нем уже ровно тридцать один человек.

Капица быстро нашелся:

— Скажите, пожалуйста, профессор, какова точность ваших работ?

— Пять-семь процентов. А в чем, собственно, дело?

— В таком случае вы можете допустить подобную погрешность и в комплектовании штата — в случае со мной.

Резерфорд про себя усмехнулся: «Даже здесь торжество мысли, способность все предусмотреть». «Ладно, оставайтесь!» — прогремело наконец над головой оцепеневшего в ожидании Капицы. Вся аристократически-консервативная Англия того времени трепетала при одном упоминании о «большевистской агитации», поэтому дабы подшутить над ней, на правах притворно-грозного директора Резерфорд добавил: «Но если вы вместо научной работы будете заниматься коммунистической пропагандой, я этого не потерплю!».

... Минуло десять лет, и вот сэр Эрнест уже всюю помогает Петру Леонидовичу в оснащении Мондовской лаборатории, ставшей самой современной из всех, что на тот момент существовали в Кембридже, первой собственной лабораторией Капицы.

Резерфорду пришлось немало похлопотать, чтобы Королевское общество рассталось с 15 тысячами фунтов стерлингов и вложило их в новое детище науки. Когда же он добился своего и в феврале 1933 года состоялось торжественное открытие лаборатории, в дверной скважине щелкнул и провернулся ключ в виде золотого крокодила, а тем временем по торцевой стене, бороздя кирпичную кладку, полз такой же, но восьми футов в длину. На свои собственные средства Капица заказал «зубастый» барельеф у известного тогда скульптора Эрика Гилла.

Непосвященным в дела лаборатории это показалось странным, но все «домашние» были в курсе: коллеги Петра Леонидовича, да и сам Резерфорд. Получив от них объяснение, что, дескать, крокодил для Капицы — это воплощение его кембриджского наставника, гости лаборатории пришли в ужас. А объяснения у Капицы заготовлены — проще некуда: крокодилы не умеют пятиться назад.

**«Это животное никогда не поворачивает назад и потому может символизировать резерфордовскую проницательность и его стремительное продвижение вперед».**  
**Пётр Капица**



Фасадная стена Мондовской лаборатории в Кембридже



**ПТИЦА**

Возможно, для других Капица был уважаемым академиком, почетным членом Королевского общества, но для нее — «Птицей-Капицей». Прозвище стало обиходным с ее легкой руки: стоило читателям только заглянуть в дневники эмигрировавших друзей Петра Леонидовича, как им навстречу выпархивала целая стая.

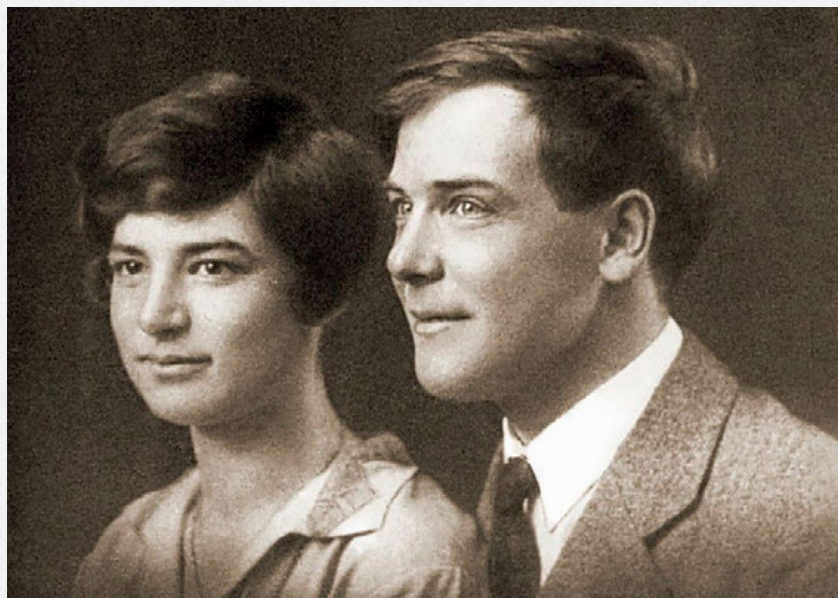
Если он и был птицей, то точно редкой, незаурядной. Ему ничего не стоило взвиться вверх по фонарному столбу посреди Парижа и повиснуть там, на высоте, глядя вниз на ее реакцию. Но Аня Крылова и бровью не повела, не была шокирована выходками молодого советского физика, что, впрочем, всегда ужасно его радовало.

Она и сама охотно устраивала фокусы. Как-то однажды администратор гостиницы, в которой Аня остановилась, пожаловался Капице, что «мисс много шумит».

Оказалось, шкаф в ее номере мешал ей «смотреть на великолепный пейзаж», и она просто сдвинула преграду. «Что ж, — улыбнулся Капица, — мне под стать».

Когда они наконец простились на вокзале Виктории в Лондоне, то из окна уплывающего поезда фигура Птицы показалась Ане как будто бы меньше: печальный и нахохлившийся, он одиноко стоял на перроне.

Птица прилетел за ней в Париж на следующий же день.



*Пётр Леонидович Капица с женой Анной Алексеевной*

*(По материалам из документального фильма «Опыт постижения свободы», режиссер: Григорий Илугдин)*

**«KAPITZA — ZUSTAND»: «СОСТОЯНИЕ КАПИЦЫ»**

«Сейчас я хочу идти по Вашим стопам и, если возможно, перейти в так называемое «Kapitza — Zustand» («состояние Капицы»), то есть жить за границей с советским паспортом», — писал в одном из своих писем к Капице Георгий Антонович Гамов. После он в «firm expressions» попросил Москву о продлении его командировки на год и не вернулся. Кремль быстро отреагировал на бегство: запретил выезд из страны всем гражданам без особого разрешения ЦК.

Капица, находясь за тысячи километров, не смог расслышать лязг железа. Он и его жена не боялись ехать туда, где им всегда были рады, поэтому летом 1934 года на машине через Норвегию они вернулись в СССР. А когда Пётр Леонидович засобирался обратно, его выездная виза была аннулирована, занавес громыхнул за его спиной.

В отрыве от Мондовской лаборатории Капице было невыносимо думать, что он оставил свои успешно продвигающиеся исследования в области сильных магнитных полей и низких температур, что все без него заглохнет. Поэтому он стал самозабвенно искать альтернативу и, как ему казалось, нашел ее в физиологии, став ассистентом известного советского вивисектора Ивана Павлова.

Впоследствии он нашел в себе силы продолжить борьбу за свои кембриджские наработки. Обсуждал эту возможность с Крокодиллом в многочисленных письмах. Наконец, в 1935 году Политбюро само занялось этим вопросом: вело диалог с Резерфордом о передаче

Мондовской лаборатории СССР и скорейшем ее переносе в только что отстроенный Институт физических проблем, директором которого назначили Капицу.

Но, как выяснилось позднее, чего-то все же не доставало здесь в сравнении с той, первоначальной Мондовской лабораторией в Кебридже, которой, как и его самого, там больше не было. Недоставало оперативности: то, что в Англии он мог решить одним телефонным звонком, здесь утопало в бюрократизме и тянулось месяцами.

**«Эти машины не могут работать без Капицы. А Капица не может работать без них». Эрнест Резерфорд**



Опять пришлось просить о помощи у Крокодила, и не раз, и не два, так как непрерывный научный процесс требовал своего всегда неожиданно и жадно. То, чего он требовал, нельзя было достать нигде по всему Союзу. Это были не подшипники, которые каждым заводом закупаются на год вперед, а, скажем, «несколько кружков фосфористой бронзы».

Резерфорд со многим расстался ради помощи Капице. С приборов Мондовской лаборатории он сдувал пылинки и, по словам лаборантов, мог ругаться из-за их порчи, как фермер. Однако когда Пётр Леонидович попросил его пойти навстречу в диалоге с полпредом Майским о переносе лаборатории, Крокодил согласился на выдвинутые условия. После стольких жертв — новая череда просьб?

Сэр Эрнест учтиво заметил, что «выдаиванию Мондовской лаборатории» пора положить конец, что он уже ждет, как его будут просить «содрать краску со стен его лаборатории», чтобы покрасить стены в новой лаборатории Капицы. На что Пётр Леонидович «с улыбкой» ответил в следующем письме, что все понимает; пытался объяснить, что система снабжения заводов и лабораторий должна различаться, но здесь, в условиях промышленного роста, все едино.

Холодный тон Резерфорда напомнил Капице времена его освоения Кавендишской лаборатории, когда наставник называл его «надоедливым», а втайне радовался неумности нового сотрудника. Пётр Леонидович после прочтения письма вместо досады вновь почувствовал прилив счастья, как тогда, разъезжая по Англии на мотоцикле и не боясь оставаться на пустынной дороге в одиночестве, зная, что за ним не следят. «Потерянный рай», — подумал он.

*(По материалам из книги «Пётр Капица: "Я чувствую себя Дон-Кихотом"; автор: Павел Рубинин)*



*Пётр Леонидович с Дираком за шахматами*

### **ПОБЕДЫ ШАХМАТНОГО КОРОЛЯ**

После тяжелых трудовых будней в лаборатории Капица любил решать шахматные задачи, эта привычка выработалась у него еще со времен Кембриджа. Там он обыграл всех своих коллег, ловко обхитрил Поля Дирака. В 1923 году он вступил в местный шахматный клуб «Trinity chess club». Это стало последним штрихом в его образе, как со стороны казалось, маститого англичанина: всегда неизменный костюм из твида и трубка в уголке рта.

Английские привычки, как ценный багаж, он бережно увез вместе с собой в Москву, продолжая выписывать сюртуки из Европы, всегда иметь при себе чубук, и, конечно же, играть. Весь «капичник» (шутливое название семинара Капицы в Институте физических проблем) неизбежно попал под влияние своего предводителя: каждый хотя бы раз заезжал в кабинет Петра Леонидовича и сидел с ним во время перерывов за шахматной доской.

Капица терпеть не мог, когда соперник подолгу раздумывал над каждым ходом, делал игру затяжной. В этой неторопливости он всегда угадывал непреодолимое желание обыграть его, именитого академика, и, по его мнению, в ней же терялась вся прелесть игры. Однажды Пётр Леонидович не выдержал и очередному тихходу заявил: «Шахматы не для того, чтобы выигрывать, а для того, чтобы играть!»

Обманчивый облик чистокровного англичанина нередко вводил в заблуждение соотечественников Капицы, путешествовавших, как и он, по Европе. Однажды Пётр Леонидович решил посетить кафе «Рижанс» в Париже, где в век Руссо и Вольтера коротало время общество местных шахматистов.

Один из завсегдатаев кафе, русский эмигрант, подсел за столик к Капице и предложил сыграть. Привыкший к победам среди парижан, он распространял свою самоуверенность и на случай с незнакомцем, однако через несколько ходов его король подвергся мощной атаке.

Встревоженный маэстро вступил в разговор с товарищем, стоявшим неподалеку, разумеется, по-русски, чтобы англичанин ни о чем не догадался:

— Англичанин этот здорово играет! Что посоветуешь?

— Отпросись у него на минутку, а сам уйди через черный ход.

Пётр Леонидович с невозмутимым видом отпустил соперника и остался сидеть за столиком.

В тот вечер из кафе по-английски уходили только двое эмигрантов.

*(По материалам статьи «Увлечение Петра Леонидовича Капицы», автор: Сергей Гродзенский; к. т. н., мастер спорта)*







Пётр Капица — студент Политеха

### → «КАКАЯ СТРЕЛА ЛЕТИТ ВЕЧНО? — СТРЕЛА, ПОПАВШАЯ В ЦЕЛЬ»

Еще в голодные Петроградские годы, будучи студентом Политехнического института, Капица разработал уникальный способ получения сверхтонких кварцевых нитей. Идея блеснула в голове, как яркая искра, а технология была отработана прямо на месте.

В узком коридоре института расстелили бархатный ковер, откуда-то с пыльного городского чердака студенты приволокли игрушечный лук и стрелы: родом из детства. Конец стрелы опустили в раскаленный плавящийся кварц и, не дав ему затвердеть, натянули на луке тетиву. Стрела полетела вглубь темного коридора, оставляя за собой хрупкий, сверкающий непрерывный шлейф, который целым и невредимым достиг пола.

Это была одна из первых попыток Петра Леонидовича в формировании своего уникального научного почерка, то есть сочетания замысла и реализации. Как правило, идея всегда долго обдумывалась, просчитывалась до мельчайших деталей, но в воплощении царил экспромт. Именно поэтому очень многие его опыты выглядели проведенными словно «на коленке».

По крайней мере, так показалось владельцам фирмы «Siemens — Schuckert», когда те попросили Капицу проконсультировать их по одному электродвигателю, который никак не хотел работать. Осмотрев машину, советский гений взял молоток и ударил по коренному подшипнику, раздался лязг, после чего двигатель снова начал работать как надо.

Предприниматели закусили губу: им стало жаль отдавать 10 тысяч марок, обещанные ученому, поэтому они попросили Петра Леонидовича составить письменную калькуляцию. Вскоре получили ответ: «Один удар молотком — одна марка и 9999 марок за то, что знал куда ударить».

Капица действительно признавал, что точность его инженерных расчетов дорогого стоит, однако волна самодовольства его никогда не накрывала: не было в нем ощущения собственной незаменимости. Напротив, часто просыпалась тревога за свое будущее. В письмах к самым близким Петр Леонидович признавался, что растерян и «скептически относится к своим успехам», не знает, как их понимать: уж не случайность ли все они? Однако вместе с тем он продолжал: «Иногда думаю, что если есть возможность испытать силы на этом поприще, то нужно попытаться — не правда ли?».

**«... В своей работе он человек очень решительный. Если он начинает действовать в каком-то направлении, то сбить его с этого направления невозможно. Я пробовал, но у меня не получилось <...> Он видит только одну цель и устремляется к ней...»**  
**Эрнест Резерфорд о Капице, 1934 год**

(По материалам из журнала «Наука и техника», автор: Евгений Добровольский, 1976 год)

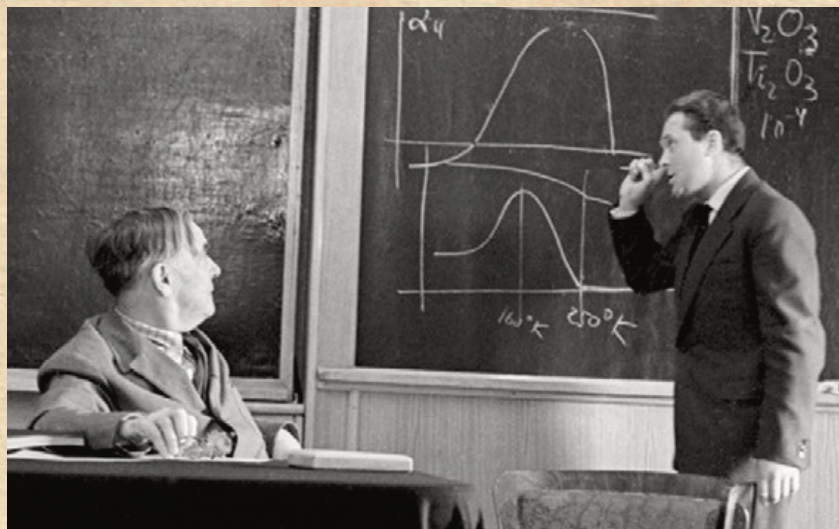


## ФИЗТЕХ

Постулаты «Системы Физтеха» были сформулированы Капицей в письме к Сталину в 1946 году. В них сквозила тоска Петра Леонидовича по Кембриджу, где еще в тридцатые годы размещались самые передовые лаборатории в области физики плазмы и ядерных технологий, и более того — студенты не оставались в стороне, они включались в научный процесс беспрепятственно, как когда-то это довелось и самому Капице. Однако тогда к ядерным исследованиям относились довольно прохладно, никто не подозревал, что в будущем военная мощь многих стран будет исчисляться количеством их успешных атомных проектов.

Желание Капицы предаваться воспоминаниям о Кембридже и воссоздавать его образовательную систему в СССР пришлось, по мнению Лаврентия Берии, весьма кстати: стране нужен был постоянный источник кадров для проекта, которым руководил Лаврентий Павлович. Сложности взаимоотношений Берии и Петра Леонидовича и, как следствие, выход последнего из Атомного проекта не являются центральными темами этой статьи, поэтому должны остаться за кадром: общение Капицы с партийным аппаратом — предмет отдельного, крайне щепетильного разговора.

Казалось, претворение в жизнь инициативы Капицы было лучшим решением для Союза в условиях разгоравшейся гонки вооружений, Сталин незамедлительно одобрил предложенную Петром Леонидовичем «систему»: подписал поста-



*Пётр Капица во время защиты диссертации научным сотрудником*

новление в том же сорок шестом. А на следующий год в стенах бывшего общежития Московского авиационно-технологического института стали проводить первые занятия для студентов физико-технического факультета МГУ.

После подписания Сталиным постановления спокойной жизни ждать не пришлось. Сначала посыпались доносы на Ландау от преподавателей Московского университета, потом — жалобы со стороны лиц, крайне незаинтересованных в расширении Физтеха. Основатели действительно стремились привлечь на Физтех как можно больше талантливых студентов, и им это удавалось: шла нескончаемая «утечка умов» в новый институт, которую всем негодующим хотелось тут же пресечь. Покровители и ректоры многих московских вузов были на короткой ноге с «верхушкой», кто-то из них даже был вхож в Политбюро... Под натиском всеобщего недовольства первая попытка построения уникальной образовательной системы обрушилась весной 1951 года.

Казалось, классическая школа грубо вытеснила Физтех, не признав его своеобразной элитарности. Но идеологи системы пожелали продолжать борьбу и обратились за помощью к генералу Петрову. Тому не пришлось долго вводить Сталина в курс дела: было понятно, что инициативу Капицы необходимо восстанавливать и притом не на руинах разрушенного факультета, а сызнова, уже независимо. 17 сентября 1951 года был «окончательно конституирован» Московский физико-технический институт, факультеты которого были отражениями групп распавшегося некогда ФТФ.

Начало было положено. Самый сложный этап — выстоять в первые годы. Далее предстоял упорный труд, попытки отшлифовать пока еще плохо отработанный механизм образовательной машины, чтобы в конечном счете получить то самое — «потерянное» когда-то Капицей, но, к счастью, вновь обретенное. **■**

*Автор благодарит Музей истории Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого за предоставленные материалы, в частности, за возможность ознакомления с выдержками из интервью с Петром Леонидовичем Капицей, что является большой редкостью и дает более точное представление о его жизни, нежели все прочие статьи и заметки. Отдельную признательность автор выражает Любови Павловне Скоробаровой за помощь в творческой корректировке текста и проверке достоверности используемых исторических фактов.*

*Полную версию материала читайте на сайте [zanauku.mipt.ru](http://zanauku.mipt.ru).*



Что еще происходило в МФТИ, смотрите в нашем фоторепортаже.



📍 Сборная МФТИ заняла первое место на Международной олимпиаде по теоретической механике



📍 Александр Пушной на капустнике клуба «Квант»

📍 Огненное шоу на Днях Физика в МФТИ



📍 День открытых дверей в МФТИ. Фотограф Владислав Баранов



📍 Губернатор Ямало-Ненецкого автономного округа Дмитрий Артюхов подписал соглашение с МФТИ о начале пилотного проекта по замене дизельной генерации в отдаленных поселках Ямала. Фото: [www.yanao.ru](http://www.yanao.ru)



📍 Группа «Хлеб» на фестивале FestTech

Нобелевский лауреат Константин Новосёлов на Матче века среди выпускников 40+. Фотограф Дмитрий Новосёлов  $\Rightarrow$



📍 Школьная олимпиада им. Максвелла в Физтех-лицее им. П. Л. Капицы. Фотограф Владислав Баранов

📍 День карьеры в МФТИ





**Nov. 21-22, 2019,  
Moscow**



# 6th International Conference on Engineering and Telecommunication

The Moscow Institute of Physics and Technology, or MIPT (Russia), supported by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, or IEEE (U.S.) – the world's largest association of engineering professionals with a 130-year history – Tsinghua University (China), Polish Neural Network Society and the Czestochowa University of Technology (Poland), the Indian Institute of Information Technology, and the MIPT alumni association Phystech Union hold the sixth International Conference on Engineering and Telecommunication (En&T-2019).

## CONFERENCE SECTIONS

- Telecommunication and information technology.
- Radar and radio communication systems.
- Computer systems and networks.
- Artificial intelligence systems.

The conference schedule also features a roundtable discussion titled "Artificial Intelligence for Telecommunication Systems."

## OPPORTUNITIES FOR PUBLICATION

Article in a separate compilation under the auspices of IEEE:

Publication conditions: meeting the formatting requirements, receiving a positive review from the review board.

Submission deadline: Sept. 15.

Abstract in conference proceedings:


Publication conditions: meeting the formatting requirements and receiving a positive review from the review board.

Submission deadline: Sept. 30.

## CONTACTS

Organization committee email: [ent@frtk.ru](mailto:ent@frtk.ru)  
Phone: (7-985) 416-4078, Aleksa Pozdeeva,  
(7-915) 442-1023, Aleksander Ivchenko

Website: [en-t.info](http://en-t.info)

A globe of Earth is shown splashing in water against a blue background. The water is splashing upwards and outwards, creating a dynamic and energetic scene. The globe is the central focus, with its green and blue colors clearly visible. The water droplets are captured in mid-air, creating a sense of movement and freshness. The overall composition is clean and modern, with a strong emphasis on the natural world and the element of water.

**Довольно  
неуместно называть  
эту планету — Земля,  
когда очевидно,  
что она — Океан**

Артур Кларк