

# ЗА НАУКУ

ВЫХОДИТ С 1958 ГОДА

SAPERE AUDE

**Два полюса**



## От редакции

Тему для этого номера мы задумали почти полтора года назад. Повод известный: 200 лет назад, в 1820 году две русские военно-морские экспедиции под руководством Фаддея Беллинсгаузена и Михаила Лазарева открыли шестой континент — Антарктиду. Вспомнив про Южный полюс, мы не могли обойти Северный — невероятно важный для нашей страны.

В этом выпуске мы вспоминаем путь человечества в Антарктиду и трагическую гонку Амундсена и Скотта, поднимаем одну из важнейших тем для современных ученых — климат в Арктике, обсуждаем с экспертами научные достижения для Крайнего Севера и то, как много еще предстоит сделать.

Удивительно, но два относительно свободных от политических неувязок места на нашей планете — как раз Антарктика и Арктика. Последняя — уже сильно в меньшей степени. Тем не менее на Крайнем Севере и Крайнем Юге люди работают сообща, иначе погибнут. Пандемия продемонстрировала, как важно коммуницировать и уметь объединяться для общего дела, но сделали ли мы вывод?

Помните, у науки нет национальности, она не принадлежит конкретной стране. Наука — не только важная часть развития человечества, это инструмент выживания в мире. Вам подтвердит это любой полярник или космонавт. Не будет науки — не станет и человека.

# Содержание

## Новости

- 4 Новости науки
- 6 Новости вуза
- 8 МФТИ в СМИ

## Крупным планом

- 10 Снежинка



## Взгляд в будущее

- 12 10 лет вперед

## Образование

- 14 Кем быть в XXI веке

## Открыто

- 16 **Геология**  
100 миллионов лет эволюции Арктики
- 17 **Фотоника**  
Потом и кровью
- 18 **Здравоохранение**  
Цирроз как антииндикатор
- 19 **Биофизика**  
Несовместимые компоненты подружили

- 20 **Биофизика**  
Молекулярный лифт
- 21 **Квантовые технологии**  
Нейросеть-предсказатель
- 22 **Астрофизика**  
3D-очки для квазаров
- 23 **Искусство**  
Тайна портрета из Третьяковки

## Главное

- 24 **Два полюса**
- 28 **Арктика – полюс тепла**  
Чем Арктика привлекает внимание ученых, военных и политиков?
- 32 **Свет в полярную ночь**  
Решение проблем автономной энергетики в арктических регионах
- 36 **Это вы увидите только здесь**  
Интересные факты про Арктику и Антарктику
- 38 **Путь в Антарктиду**  
История открытия самого южного материка
- 42 **Гонка века**  
Экспедиции на Южный полюс Амундсена и Скотта



46

- 46 **Полярное братство**  
Волонтерские экспедиции в Арктику

## В тренде

- 50 **От моделирования борьбы с пандемией к правам человека**  
Колонка Каримы Нигматулиной, профессора РАН

## Актуально

- 54 **Потепление в Арктике: какие задачи стоят перед учеными?**

32



### Своими глазами

- 58 **Четырехчастотный гироскоп: на шаг ближе к Арктике**  
Чем занимаются в лаборатории лазерных навигационных систем МФТИ

### Лаборатории

- 64 **Шельфовая полка с ресурсами**  
О задачах лаборатории морских инженерно-геофизических исследований континентального шельфа МФТИ
- 66 **Центр, которому сверху видно все**  
НИЦ освещения обстановки разрабатывает три системы слежения

### Будущее науки

- 68 **Лучшие выпускники МФТИ 2020**



### Background

- 72 **Фотография как стиль жизни**  
Даниил Коржонов, пейзажный фотограф, амбассадор Nikon и талантливый физтех

### История

- 74 **Ландау. Бескомпромиссность и универсализм**

### Разбор полетов

- 78 **Сковородки-убийцы**  
В фильме «Темные воды» адвокат Роб Билотт борется с компанией DuPont за здоровье людей и экологию
- 80 **Фотохроника**

## №1 (1961) 2020 год

**Главный редактор** Анна Дзарахохова

**Научный редактор** Татьяна Небольсина

**Арт-директор** Елена Хавина  
**Дизайн и верстка** Эмма Бурляева, Дмитрий Гушин

**Фотографы** Наталья Арефьева, Евгений Пелевин

**Цветокоррекция и пре-пресс**  
Максим Куперман

### Корреспонденты

Александр Березин, Анастасия Власова, Елена Егорова, Екатерина Жданова, Мария Комарова, Варвара Кравцова, Егор Колесников, Валерия Маслова, Вячеслав Мещеринов, Анастасия Медведева, Станислав Отставнов, Анастасия Покровская, Николай Посуныко, Елизавета Павлова, Марина Тебенькова, Елена Хавина, Анна Чуносова, Елизавета Чернышева

**Корректор** Юлия Болдырева

---

### Ректор МФТИ

Николай Кудрявцев

### Проректор по научной работе и программам развития

Виталий Баган

---

### е-mail и сайт редакции:

zn@phystech.edu, zanauku.mipt.ru

---

**Подписано в печать** 29.06.2020

Тираж 999 экз.

### Отпечатано в типографии

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

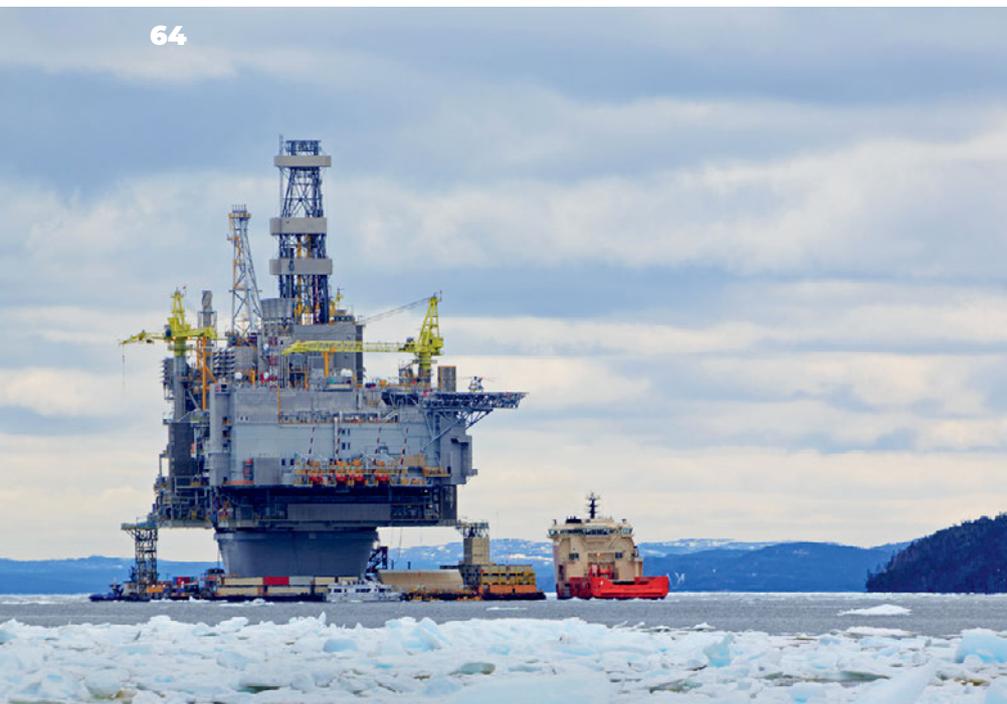
Перепечатка материалов невозможна без письменного разрешения редакции журнала.

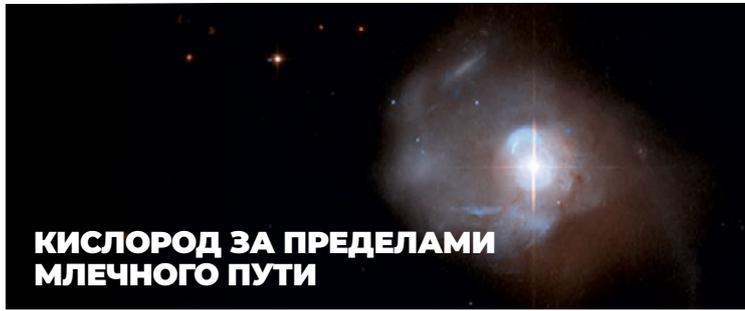
Мнения и высказывания, опубликованные в материалах журнала «За науку», могут не совпадать с позицией редакции.

На обложке: Антарктика, 2018 год.

Фото Даниила Коржонова, Danielkordan.com.

64





**КИСЛОРОД ЗА ПРЕДЕЛАМИ МЛЕЧНОГО ПУТИ**

© NASA

Впервые обнаружен молекулярный кислород в галактике за пределами Млечного Пути. Астрономы из Шанхайской астрономической обсерватории нашли молекулы в галактике Маркариан 231 на расстоянии 560 миллионов световых лет от Земли. Используя радиотелескопы, астрономы зафиксировали излучение на длине волны 2,52 миллиметра, что является признаком присутствия O<sub>2</sub>. Открытие имеет большое значение для понимания решающей роли кислорода в эволюции планет, звезд, галактик и жизни.

**КАК МЫ ЗАБЫВАЕМ**

Ученые Университета Чжэцзян в Китае выявили, что определенные клетки мозга ликвидируют воспоминания мышей. В гиппокампусе мыши иммунные клетки мозга, известные как микроглия, могут устранить связи между нервными клетками, которые хранят некоторые типы воспоминаний. Хотя механизм хранения воспоминаний до конца не изучен, наличие связей между большими группами нервных клеток считается ключевым в этом процессе. Вероятно, забывание включает в себя разрушение или из-

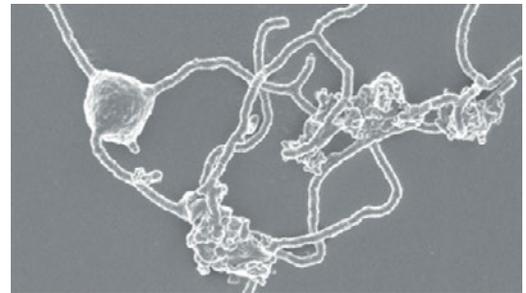


© Fotolia, freshidea

менение этих больших сетей точных связей, называемых синапсами, как предполагают другие направления исследований. Новый результат показывает, что микроглия влияет еще и на процесс забывания.

**МИКРОБ СО СЛОЖНЫМ ОБРАЗОВАНИЕМ ЖИЗНИ**

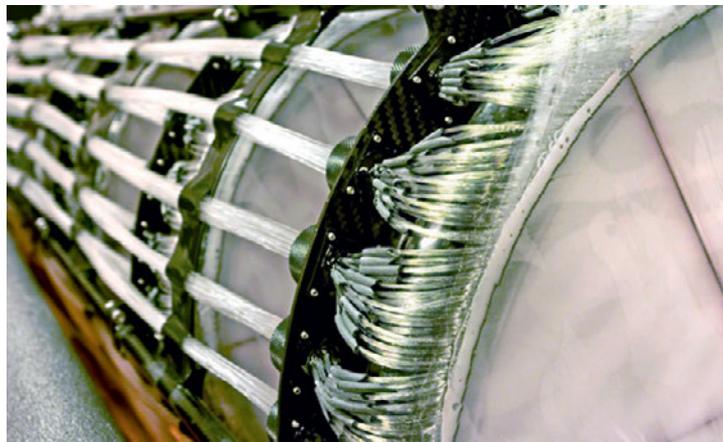
Микробиологам из Японии потребовалось 12 лет, чтобы вырастить новый вид, который они назвали Prometheoarchaeum syntrophicum. Микроорганизм был выделен из микробного мата, обнаруженного в водах Тихого океана на глубине 2 500 м в 2006 году. Согласно общей теории возникновения эукариот, древний архей поглотил бактерию, которая впоследствии превратилась в митохондрии. Это способствовало возникновению сложной жизни. Ученые предполагают, что данный микроорганизм позволит во многом объяснить образование многоклеточных организмов.



© M.K. Nobu and H. Imachi

**87 миллиардов километров**

или 17 расстояний от Солнца до Плутона — длина всех молекул ДНК в развернутом состоянии в теле обычного человека



© STFC

**БАРЬЕР РАЗРУШЕН**

Физики международной коллаборации MICE охладили элементарные частицы — мюоны, тем самым приблизившись к созданию мюонного коллайдера. Новый эксперимент может радикально изменить способ создания больших ускорителей. Ученые реализовали систему ионизационного охлаждения мюонов (MICE) для увеличения яркости мюонных пучков и вероятности их столкновения. Представленные результаты являются важным шагом к достижению качества мюонного пучка, необходимого для поиска явлений за пределами досягаемости Большого адронного коллайдера.



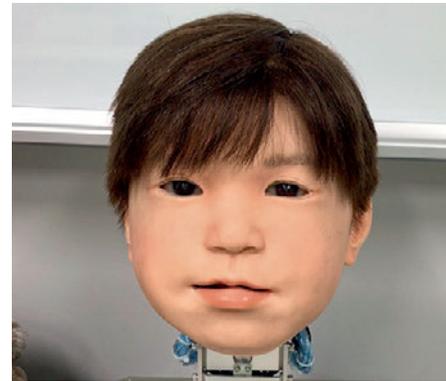
© NASA

## ЧАСТНЫЙ ЗАПУСК

Компания SpaceX осуществила первый в истории частный пилотируемый запуск в космос. 30 мая с космодрома на мысе Канаверал стартовала ракета Falcon 9 с космическим кораблем Crew Dragon. Через две с половиной минуты произошло отделение первой ступени ракеты, которая спустя семь минут успешно приземлилась на платформу Of Course I Still Love You в Атлантическом океане. Через 12 минут после старта произошло отделение второй ступени ракеты, после чего Crew Dragon был выведен на орбиту. На борту ракеты находились два американских астронавта — Боб Бенкен и Даг Херли, которые успешно прибыли на Международную космическую станцию (МКС).

## РОБОТ, «ЧУВСТВУЮЩИЙ» БОЛЬ

Сиэтл — робот с чувством осязания, разработанный инженерами японского университета в Осаке. Датчики прикосновения позволяют роботу зафиксировать сигнал, который бы вызвал человеческую боль. В роботизированной системе в виде головы ребенка эти сигналы могут быть преобразованы в эмоциональные выражения лица. Система, обладающая связью чувства осязания с движением лица, может привести



© Osaka University

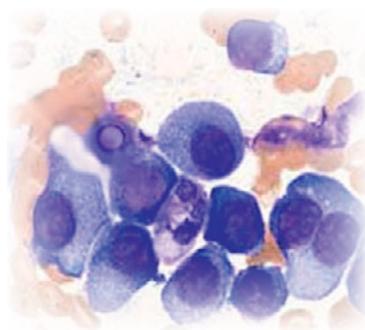
к роботам, способным распознавать боль других людей. Это является ценным навыком для роботов, предназначенных, например, для помощи пожилым людям.

**67 миллионов лет** назад жила самая ранняя из современных птиц *Asteriornis maastrichtensis*

## ТЕСТ НА БЕЗОПАСНОСТЬ

Отредактированные CRISPR иммунные Т-клетки не вызвали серьезных побочных эффектов у трех участников исследования, проведенного учеными в Университете Пенсильвании. Исследователи использовали редактор генов CRISPR / Cas9 для создания иммунных клеток для борьбы с раковыми клетками. Хотя отредактированные генами иммунные клетки не излечивали рак, они оставались в организме до девяти месяцев и не вызывали серьезных

побочных эффектов. Эти обнадеживающие наблюдения открывают дорогу для будущих исследований по изучению иммунотерапии рака, разработанной CRISPR.



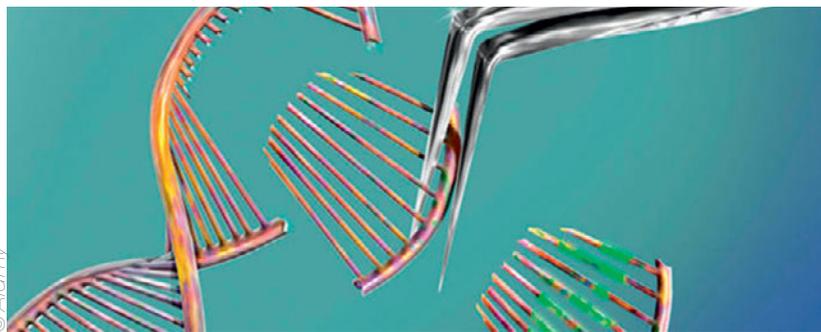
© Mayo Clinic



© Pinterest

## ОХЛАДИТЬ, ЧТОБЫ НАГРЕТЬ

Теоретическое исследование показало, что предварительное охлаждение определенных типов материалов позволяет значительно быстрее их нагревать. Физики Амит Гал и Орен Раз из Израиля изучали модельную систему двумерной сетки атомов, магнитные полюса которых направлены вверх или вниз. В частности, они рассмотрели вариант модели Изинга, в котором соседние атомы стремились направлять свои полюса в противоположных направлениях. В этой системе нагрев может происходить быстрее после фазы предварительного охлаждения.



© Alamy

## АВИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

S7 Group открывает в МФТИ кафедру «Информационные технологии в авиации». Программа будет ориентирована на подготовку специалистов по созданию и внедрению data-driven ИТ-систем и включает несколько ключевых направлений: исследование бизнес-контекста, создание продуктов на основе данных, информационные технологии. В основе курса реальные задачи и кейсы из практики S7 Group: часть обучения пройдет в ходе работы над научно-исследовательскими задачами в области машинного обучения внутри компании. Обучение рассчитано на 4 семестра и начнется 1 сентября 2020 года.



## БЕСПЛАТНЫЙ КУРС ПО МАШИННОМУ ОБУЧЕНИЮ

ВКонтакте совместно с МФТИ и ВШМ СПбГУ запускает бесплатный образовательный курс для преподавателей информатики. Они узнают основы машинного обучения и смогут использовать новые знания в своей работе. Также среди тем — управление ИТ-проектами и мотивация учеников. Педагоги, которые пройдут курс целиком, получают сертификат о повышении квалификации. Курс размещен на платформе stepik.org.



## СТАЛИ ЧАСТЬЮ КОЛЛАБОРАЦИИ

Лаборатория методов ядерно-физических экспериментов МФТИ стала полноценным членом коллаборации IAXO — эксперимента, направленного на поиск гипотетических частиц аксионов. В рамках эксперимента команда ученых из лаборатории будет заниматься разработкой системы сбора данных. Планируется решить две задачи: разработка системы медленного контроля на основе уже существующих платформ, а также создание нового API на базе технологии Kotlin-multiplatform.



## R&D-ЛАБОРАТОРИЯ ОТ HUAWEI

МФТИ и Huawei открыли совместную R&D-лабораторию по разработке технологий искусственного интеллекта. Такой формат сотрудничества позволит объединить опыт и усилия академического сообщества и ведущих экспертов индустрии для разработки прорывных технологий и создания самых современных, удобных и продвинутых устройств. Приоритетными направлениями совместной работы в рамках лаборатории станут:

- разработка нейросетевых алгоритмов компьютерного зрения, машинного обучения и искусственного интеллекта;
- разработка методов вычислительной фотографии и улучшения изображений при помощи математического моделирования и передовых алгоритмов;
- решение математически сложных задач в области создания алгоритмов одновременного поиска и позиционирования.

## KOTLIN- COOPERATION

Физтех, JetBrains и JetBrains Research заключили соглашение о сотрудничестве. В рамках партнерства студенты МФТИ смогут проводить научно-исследовательскую работу с помощью интеллектуальных программных решений от компании JetBrains. Также совместно с компанией JetBrains в МФТИ идет курс по научному программированию на Kotlin. Наиболее активные студенты смогут участвовать в летних стажировках в компании.



## ЛАБОРАТОРИЯ ТРАНСЛЯЦИОННОЙ ГЕНОМНОЙ БИОИНФОРМАТИКИ



В МФТИ на базе Физтех-школы биологической и медицинской физики открылась лаборатория трансляционной геномной биоинформатики. Здесь будут проводить исследования и разработки в области лечения хронических заболеваний человека и анализа Big data в онкологии.

## МФТИ В РЕЙТИНГАХ

Глобальное аналитическое агентство  
QS Quacquarelli Symonds

Название	Место
«Естественные науки»	67
«Инженерные науки и технологии»	202
«Физика и астрономия»	51–100
«Математика»	101–150
«Информатика и информационные технологии»	151–200
«Химия»	351–400
«Инженерное дело в электронике»	251–300
«Машиностроение, аэрокосмическая и промышленная инженерия»	201–250
«Материаловедение»	251–300
«Биологические науки»	401–450

### Британская компания Times Higher Education

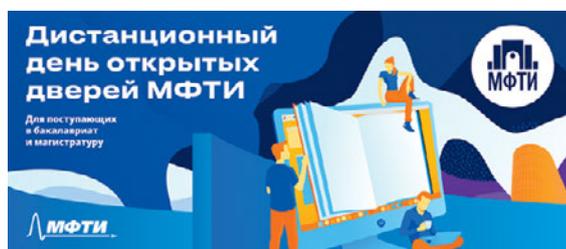
Название	Место в мире
«Самые интернациональные университеты мира»	119
Emerging Economies University Rankings	12
«Недорогостоящая и чистая энергия»	64
«Ликвидация нищеты»	76

### Рейтинговое агентство RAEX

Название	Место
Рейтинг ста лучших вузов России	2

### Рейтинг Round University Ranking

Направление	Место
«Качество образования»	85



## ДЕНЬ ОТКРЫТЫХ ДВЕРЕЙ ОНЛАЙН

С 25 апреля по 10 мая прошли дни открытых дверей МФТИ в дистанционном формате. Абитуриентам бакалавриата, специалитета и магистратуры рассказали о поступлении, учебе, перспективах и возможностях для выпускников, а также о современной науке в России.

## ПОБЕДЫ И НАГРАДЫ

### ЕЖЕГОДНАЯ ПРЕМИЯ ИМЕНИ УИЛЛИСА ЛЭМБА ЗА ВЫДАЮЩИЙСЯ ВКЛАД В ОБЛАСТЬ ЛАЗЕРНОЙ НАУКИ И КВАНТОВОЙ ОПТИКИ

Лауреат: выпускник МФТИ, профессор Техасского университета A&M Алексей Соколов

### ПРЕМИЯ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА ЖУКОВСКОГО ЗА МОНОГРАФИЮ «ЭКСТРЕМАЛЬНЫЙ НАГРЕВ ТЕЛ В ГИПЕРЗВУКОВОМ ПОТОКЕ»

Сотрудник Физтех-школы аэрокосмических технологий Владимир Мошаров.

### ПРЕМИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ МОЛОДЫМ УЧЕНЫМ

В номинации «Физика и астрономия»: выпускники МФТИ, сотрудники ИЯИ РАН Александр Измайлов и Артур Шайхиев.

В номинации «Фармацевтика, медицинское оборудование и материалы»: выпускник ФПФЭ, сотрудник ОИВТ РАН Михаил Васильев.

В номинации «Физика и астрономия»: выпускники кафедры квантовой радиофизики ФОПФ, научные сотрудники Физического института имени П. Н. Лебедева РАН Дмитрий Трегубов, Артем Головизин и Елена Федорова.

В номинации «Технологии экологического развития»: выпускник ФМБФ, сотрудник ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН Дмитрий Ионов.

В номинации «Биология»: выпускник ФМБФ, сотрудник Института биологии гена РАН Юлий Шидловский.

В номинации «Физика и астрономия»: выпускник ФМБФ Алексей Орлов.

### КОНКУРС ПО АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ РУССКОГО ЯЗЫКА GRAMEVAL-2020

Второе место: сотрудник лаборатории нейронных систем и глубокого обучения МФТИ Алексей Сорокин.

### ПРЕМИЯ ИМЕНИ ЮРИЯ ТИМОФЕЕВИЧА СТРУЧКОВА ЗА ЛУЧШЕЕ НАУЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ХИМИИ

Аспирант кафедры биофизики ЛФИ, сотрудник лаборатории перспективных исследований мембранных белков МФТИ Кирилл Ковалев.

### КОНКУРС ФОНДА САЙМОНСА ЗА УСПЕХИ В ПРЕПОДАВАНИИ И В ИССЛЕДОВАНИИ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ПРОБЛЕМ В ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОПОЛОГИИ

Лауреат фонда: сотрудник кафедры дискретной математики ФПМИ МФТИ Аркадий Скопенков.

### КОНКУРС ФОНДА САЙМОНСА ДЛЯ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ-МАТЕМАТИКОВ

Лауреаты фонда: сотрудники кафедры дискретной математики ФПМИ МФТИ Арсений Сагдеев и Дмитрий Кошелев.

### КОНКУРС «МОЛОДАЯ МАТЕМАТИКА РОССИИ»

Победитель: аспирант ФПМИ Арсений Сагдеев.

### КОНКУРС В ОБЛАСТИ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

Финалист в номинации «Лучшее научно-популярное видео»: видеоролик «Квантовая свобода» от проекта «Физтех.Science» — творческого объединения на базе пресс-службы МФТИ.

### VI ВСЕРОССИЙСКАЯ ПРЕМИЯ «ЗА ВЕРНОСТЬ НАУКЕ»

Диплом II степени в номинации «Лучшее периодическое печатное издание о науке»: научно-популярный журнал МФТИ «За науку».

### ТРЕНИРОВОЧНЫЕ СБОРЫ ПО СПОРТИВНОМУ ПРОГРАММИРОВАНИЮ ОТ ПРОЕКТА MOSCOW WORKSHOPS

Победитель первого дивизиона: команда Физтеха LinkCat.

### СОРЕВНОВАНИЯ ПО КЕРЛИНГУ НА VI ВСЕРОССИЙСКОЙ ЗИМНЕЙ УНИВЕРСИАДЕ

Второе место: команда Физтеха.



**СТУДЕНТ МФТИ  
СВОИМИ РУКАМИ СОЗДАЛ  
АППАРАТУРУ ДЛЯ ПРОЕКТА  
«ЭКЗО-МАРС»**

Прибор, над которым работает студент Искандер Газизов, представляет собой уникальный лазерный спектрометр для изучения сезонных и суточных вариаций изотопного состава атмосферы Марса. Такие приборы есть не у многих научных групп. Американцы, к примеру, используют подобный на марсоходе Curiosity, который работает на Красной планете с 2011 года. Он в числе прочих ищет на Марсе изотопы метана. Главная задача российской аппаратуры — изучение разновидностей атомов воды и углекислого газа на планете.



**ЗАГРУЖАЙСЯ В СТУДЕНТЫ**

Денис Дмитриев, заместитель проректора по учебной работе и довузовской подготовке МФТИ: — Эта приемная кампания, конечно же, более тяжелая. Много неизвестности, постоянные изменения в нормативных документах. Но что касается подачи документов и проведения конкурса, то здесь, возможно, все пройдет даже более спокойно. Дистанционная подача документов надежная и быстрая. Абитуриенту не придется тратить время на разъезды между университетами. Можно сделать все, не выходя из дома. Если ошибиться — не беда, все так же быстро можно исправить. У МФТИ нет дополнительных испытаний, но обычно каждый поступающий проходит собеседование. Это важный элемент профориентационной работы. Мы его сохраним, но в режиме онлайн.

**360°**

**ТРЕНАЖЕРЫ  
ДЛЯ ХИРУРГОВ  
ПРИДУМАЛИ  
МОЛОДЫЕ МЕДИКИ  
ИЗ МФТИ**

Трое молодых ученых изобрели тренажеры, представляющие собой имитацию человеческой кожи. Теперь студенты учатся накладывать швы на них, а не на трупах.



**КАК ГРАФЕН МЕНЯЕТ  
ЖИЗНЬ?**

Какое изобретение из графена сможет произвести революцию? О развитии данного направления в программе «Индустрия» телеканала РБК рассказали в Центре фотоники и двумерных материалов МФТИ.



**5 ВОПРОСОВ РЕКТОРУ**

Николай Кудрявцев, ректор МФТИ: — Сейчас мы на практике понимаем, что вполне реально оптимизировать онлайн-обучение синхронно с традиционным, но все-таки как дополнение, которое позволяет существенно интенсифицировать процесс и повысить качество. Много можно почерпнуть из онлайн-источников, но личный контакт с преподавателями тоже необходим. Онлайн-образование позволяет организовывать индивидуальные траектории обучения для студента. Во времена моей учебы это была эксклюзивная возможность. <>А сейчас любой студент может сам выбирать учебную траекторию. Это очень важно, потому что научный ландшафт меняется очень быстро. И пока студент шесть лет учится, все может измениться, а индивидуальные траектории теснейшим образом связаны с онлайн-образованием. Резюмируя, думаю, что через 5 лет, если вы посмотрите на образовательный процесс Физтеха, он будет совершенно другой. Значительно лучше!



**ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РАКА ВПЕРВЫЕ  
ПРИМЕНИЛИ РНК-СЕКВЕНИРОВАНИЕ**

— Мы показали, что результаты РНК-анализа и иммуногистохимических исследований соответствуют друг другу. Только для последних нужно сделать намного больше экспериментов. Секвенирование РНК позволяет сразу количественно охарактеризовать работу всех 20 тысяч генов, кодирующих белки, — рассказал заведующий лабораторией в МФТИ Антон Буздин.

**СОЗДАН НОВЫЙ МЕТОД  
ДИСТАНЦИОННОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ СКОРОСТИ  
ВЕТРА**

Исследователи из МФТИ вместе с коллегами из компании Samsung разработали новый подход, который превосходит распространенные лидарное и радарное зондирование скорости ветра. — Мы сделали прибор, который существенно



выигрывает — он компактный, недорогой, и его можно производить с помощью элементов, находящихся в серийном производстве, — рассказывает руководитель лаборатории МФТИ Александр Родин.

**ЛЕД И В ПЛАМЯ:  
«ГОРЯЩИЙ» В ХОЛОДНОЙ  
ВОДЕ МЕТАЛЛ ОБОГРЕЕТ  
АРКТИКУ**

Российские ученые предложили безопасный и экологичный метод добычи тепла и энергии в условиях Арктики.<...>

— Это классическая химическая реакция: когда металл растворяется (реагирует с водой), выделяется водород, — напомнил заведующий лабораторией накопителей энергии МФТИ Дмитрий Семенов. <...> разработчики добились результата довольно простым способом, понизив температуру и добавив в раствор соли особого состава для ускорения реакции. В подобных условиях процесс взаимодействия магния и алюминия с водой проходит эффективно. Это сравнительно простой и дешевый способ получения водорода. Данная технология вполне может стать востребованной в удаленных регионах страны.

**РЕВОЛЮЦИОННО БЫСТРАЯ  
ФЛЕШПАМЯТЬ НА ПЛЕНКЕ  
СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКА  
ОКСИДА ГАФНИЯ —  
СДЕЛАНО В МФТИ!**

Прорыв на пути к созданию новых типов энергонезависимых ячеек памяти совершила группа исследователей из МФТИ и коллеги, работающие в Германии и США.

Ученым удалось создать уникальную методику измерения распределения электрического



потенциала внутри так называемого сегнетоэлектрического конденсатора — основы элементов памяти будущего, которые будут работать на порядок быстрее современных флешек или твердотельных дисков и выдерживать в миллион раз больше циклов перезаписи.

**PUTIN SEEKS TO PLUG GAPS  
IN RUSSIA'S STATE-DRIVEN TECH  
EFFORTS**

Konstantin Vorontsov, who leads the machine intelligence laboratory at the Moscow Institute of Physics and Technology, or MIPT, reiterated the need for a Russia-wide platform where scientists, researchers, engineers, and entrepreneurs could share their work and cooperate, and said that the country's tech drive urgently needed more engineers, researchers, and computer programmers.

"We are witnessing an explosive increase in vacancies for data analysis. We have literally several years to organize the mass training and retraining of engineers, analysts, task managers. Modern educational technologies can help here, and we have thousands of good engineers, but hundreds of thousands are needed," Vorontsov said.



**SENDING CLEARER SIGNALS.  
YURY POLYANSKIY IS WORKING  
TO KEEP DATA FLOWING AS THE  
INTERNET OF THINGS BECOMES  
A REALITY**

In the secluded Russian city where Yury Polyanskiy grew up, all information about computer science came from the outside world. Visitors from distant

Moscow would occasionally bring back the latest computer science magazines and software CDs to Polyanskiy's high school for everyone to share.

Polyanskiy earned his bachelor's in physics from the Moscow Institute of Physics and Technology, a top university worldwide for physics research. But then, interested in pursuing electrical engineering for graduate school, he applied to programmes in the US and was accepted to Princeton University.

**MEET THE RUSSIAN "BOT MAN" THAT WANTS  
TO CLONE YOUR SALES FORCE**

Russian bots are not just for election meddling anymore. Just kidding! Bots, whether Russian or American made, can also pose as virtual assistants ready to help an existing sales team, or build one where there wasn't one before. Dmitry Kochin is a Russian 'Botman', taught the tools of the trade at the Moscow Institute for Physics and Technology, where he earned his PhD in computer science in 2006. His three-year old company, FuturologyAI, has a team of five developers, all of them sitting in an office in Moscow, building what he calls a "virtual sales force" and training bots to better understand human conversation. He took the tech commercial in August 2019.



**ДЕСЯТЬ ПРОРЫВОВ  
ЗА ДЕСЯТЬ ЛЕТ.  
КАК 2010-Е ГОДЫ  
ИЗМЕНИЛИ НАУКУ**

Иван Гушин, лаборатория структурного анализа и инжиниринга мембранных систем МФТИ: — За последние 10 лет мы научились запускать и останавливать не только нервные импульсы в определенных участках мозга, но и почти все клеточные процессы. <...> Это, безусловно, может помочь людям. Например, сейчас есть замечательные микрофоны для людей с нарушениями слуха. Но этот микрофон должен как-то передать информацию человеку. Активировать нейроны, отвечающие за слух, можно с помощью инструментов оптогенетики.

# С Н Е Ж И Н К А

## **ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ**

Станция — пилотный проект, который откроет новую страницу в истории арктической энергетики. Снежинка будет не просто местом для жизни и работы ученых, изучающих Арктику, — здесь будут отрабатываться новые технологии для этого сурового региона. Снабжаться (и снабжать расположенный рядом поселок Лаборовая) электроэнергией станция будет с помощью возобновляемых источников энергии и водородной энергетики, что позволит исключить использование дизельного топлива. Международная арктическая станция «Снежинка» намерена стать

частью международной сети арктических исследовательских станций INTERACT, а также установить партнерские связи с международными арктическими центрами, такими как VTT (Finland) — Cold climate test site, ACEP — Alaska Center for Energy and Power (USA), Wind-hydrogen-diesel energy system on Ramea Island (Newfoundland, Canada) и другие.

## **ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ**

Станция спроектирована из отдельных модулей, их можно будет достраивать по мере необходимости. Помимо жилых помещений, предусмотрены



два лабораторных модуля с минилабораториями и мастерскими для безопасного тестирования и демонстрации различных технологий, технологический модуль, где будет происходить преобразование водородной энергии в электрическую и тепловую, а также несколько водородных, в которых водород будет производиться и храниться.

### **ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

Разработанные на международной арктической станции Снежинка технологические решения будут внедряться в энергоизолированных поселениях по всей России. Вопрос автономной энергетики актуален не только в Арктике, но и в Сибири, на Дальнем Востоке, на Кавказе. Площадка станции в формате «живой лаборатории» станет технологи-

ческой и экономической базой для тиражирования новых решений в нашу жизнь.

### **ИНИЦИАТОРЫ ПРОЕКТА**

Проект Московского физико-технического института реализуется при поддержке МИД РФ, Министерства по развитию Дальнего Востока и Арктики, Министерства науки и высшего образования, а также губернатора ЯНАО.

Кроме того, к проекту планируется привлечь организации из стран-участниц Арктического совета (Канады, Дании, Финляндии, Исландии, Норвегии, Швеции и США), а также представителей государств-наблюдателей. В частности, на текущий момент достигнуты договоренности с японскими компаниями, с норвежскими и немецкими коллегами. **ЭН**



# 10 лет вперед

Ученые МФТИ рассказали о том, как будут развиваться их области науки.

✍ Варвара Кравцова

## АЛЕКСАНДР РОДИН,

руководитель лаборатории прикладной инфракрасной спектроскопии МФТИ

Я уверен, что в ближайшее десятилетие нас ждут прорывные результаты в освоении космоса. Будут развернуты многоспутниковые системы, которые решат различные задачи, в первую очередь, в области связи и в дистанционном зондировании. Подобные многофункциональные системы станут неотъемлемой частью нашей жизни.

Будет продолжаться освоение дальнего космоса, будет создана необходимая инфраструктура на окололунной и марсианской орбитах, и это уже не из области фантастики. В течение последних двадцати лет на Марсе постоянно работают научно-исследовательские аппараты, и освоение красной планеты» будет продолжаться,



однако человек на Марс не полетит. Вероятнее всего, данный полет осуществится в двадцатилетней перспективе, но это будет однократное достижение при участии широкой международной кооперации. Освоение Венеры будет проходить не столь

интенсивно, так как данная планета не столь интересна широкой публике, как Марс. Научное сообщество будет все более активно изучать экзопланеты вне Солнечной системы.

Велика вероятность, что будут созданы технологии управления климатом на региональном масштабе, и в перспективе это станет глобальным бизнесом, в который будут направлены значительные инвестиции, предназначенные для развития и внедрения «зеленых» технологий. В первую очередь, технологии управления климатом будут востребованы в странах Ближнего Востока, США, Китае, возможно, в российской Арктике. Публичная активность вокруг темы глобального потепления будет только нарастать, и это приведет к серьезным конфликтам и экономическим санкциям в отношении отдельных государств и компаний.



## КОНСТАНТИН ВОРОНЦОВ,

руководитель лаборатории машинного интеллекта МФТИ

Мы будем разговаривать с вещами. И не только со своим смартфоном. Узнавать новости, спрашивать

совета, искать информацию, получать новые знания можно будет у кухонного стола или даже у стены. Мы привыкнем потреблять и производить информацию постоянно, все реже будем обращаться к клавиатуре. Мы будем прямо на ходу говорить, диктовать, делиться идеями, рассылать их коллегам или друзьям, поворотом головы делать шоты с комментариями, тут же определяя, кому давать к ним доступ. Это эра персональных помощников, которые будут присутствовать незаметно и повсюду. Все это уже есть сегодня в прототипах, но пока они работают далеко не в полную силу, а через 10 лет будут более совершенны и универсальны.

Продолжится размывание границ между виртуальностью и реальностью. Мы будем всерьез озабочены проблемой ухода миллиардов людей

в виртуальный мир, более яркий и эмоционально насыщенный, но замкнутый и самодостаточный. Исследователи будут активно искать способы дегеймифицировать виртуальную жизнь людей, сделать ее социально и профессионально ориентированной.

Вокруг будет все больше беспилотного транспорта. Больше автоматизации. Меньше посредников. Многих изменений мы не будем замечать в повседневной жизни, потому что они будут касаться производства. Просто товары и услуги станут дешевле. Появится много новых профессий: к блогерам, стримерам и датасайентистам присоединятся даталейблеры, датаклинеры, бототренеры и другие, для которых еще не придумано названий, но это дело будущего.

Пару слов о том, чего не будет. Я очень надеюсь, что не будет

## ДЕНИС КУЗЬМИН,

директор Физтех-школы биологической и медицинской физики МФТИ

Среди ключевых направлений в биологии следующего десятилетия хотелось бы выделить два: редактирование генома с помощью CRISPR/Cas-систем и использование технологий искусственного интеллекта для анализа больших биологических данных.

Появление технологии CRISPR/Cas9, позволяющей проводить точное, направленное редактирование генома, стало одним из важнейших прорывов в биологии прошлого десятилетия. Она позволит по-настоящему лечить тысячи наследственных заболеваний, которые на сегодня под-



даются только симптоматической терапией, а также создавать новые поколения генно-модифицированных организмов с широчайшим спектром свойств.

Применение технологий глубинного обучения и ИИ для анализа больших биологических данных (в основном геномных и транскриптомных) позволит создавать аналитические и предиктивные платформы, способные выявлять скрытые закономерности и механизмы протекания сложнейших

биологических процессов. Например, аналитические системы на основе ИИ смогут проводить молекулярную диагностику онкологии на разных стадиях и подбирать наиболее эффективные препараты для каждого конкретного пациента. Предиктивные системы будут способны предсказывать появление новых штаммов бактерий и вирусов и предупреждать возникновение эпидемий. Помимо решения сугубо практических задач, таких как повышение эффективности персонализированной терапии, внедрение технологий анализа больших биологических данных приведет к новым научным открытиям во всех областях биологии.

## АЛЕКСЕЙ АРСЕНИН,

заместитель директора Центра фотоники и двумерных материалов МФТИ

В ближайшие десять лет нас ждут серьезные перемены: большая вероятность в смене лидера научной отрасли, всеобщее роботизирование производства, соединение живой материи и электроники, переход от эры посткремниевой электроники к господству квантовых технологий и наноматериалов.

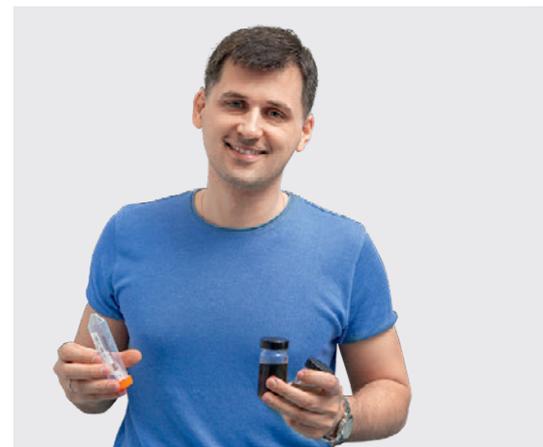
антропоморфных роботов, дорогих и бесполезных. Надеюсь, что мы излечимся от детских фантазий и неуместных эмоций по поводу ИИ. Перестанем видеть в нем тамагочи. Перестанем осуждать инженера, который имеет полное право пинать свое «козлогое создание» и даже разобрать его на запчасти. Послушные машины должны решать наши профессиональные задачи и улучшать качество нашей жизни. Никакой полной автономности, никакого самосознания, никакого эмоционального искусственного интеллекта. Я очень надеюсь, что исследования в области машинного интеллекта помогут человечеству поумнеть через 10 лет, и мы осознаем, где та черта, которую нам никак нельзя переступить.

Азиатские страны — в первую очередь, Китай, Сингапур, Южная Корея — все более утверждают в своих позициях и соревнуются с США за лидерство в области научных исследований. Высокотехническое производство все более смещается в Азию, что ведет к миграции научных и инженерных кадров. Пока там не хватает университетов высокого уровня, и кадры для азиатской науки готовят в лучших мировых вузах, но сокращение профессорских позиций уже наблюдается в Европе.

Бороться за лидерство позволят передовые разработки в области искусственного интеллекта. Производство все больше уходит в сторону робототехники, что делает локацию не столь важной. На первый план выходят сами научные разработки, и здесь у Европы и США весьма твердые позиции.

Наука разворачивается в сторону квантовых технологий — это предполагает очередную революцию практически во всех областях, в первую очередь, в компьютерных науках: со стороны программирования — машинное обучение, ИИ. Дальнейшее развитие технологий — за созданием квантовых компьютеров, и их разрабатывают уже сейчас.

Другой весьма прогрессивный тренд — взаимодействие живой материи и ИИ. Вряд ли мы за бли-



жайшие десять лет создадим искусственный мозг, но мы уже готовы соединить компьютер с мозгом. И именно за ближайшее десятилетие ученые смогут создать мост между живой тканью и электроникой.

Над чем непосредственно работает Физтех? Это область электроники, с чем тесно связана повседневная жизнь. В настоящее время электроника, которая нас окружает, — это в основном кремниевые технологии, которые были разработаны десятки лет назад. Дальше наступит эра посткремниевой электроники. Мы ожидаем, что за ближайшие десять лет производство совершит переход на наноматериалы, которые изменят практически всю электронику. И наша задача — внести свой вклад в это радикальное и всеобщее преобразование. **ЭИ**

# Кем быть

## в XXI веке

В январе этого года вышел Атлас новых профессий 3.0. Его авторы не только описали более 300 профессий, которые появятся до 2030 года, но и выделили надпрофессиональные навыки, наиболее важные для успеха в будущем. «ЗН» поговорил с одним из авторов, выпускником МФТИ Евгением Виноградовым.

**Н**овые профессии появляются, когда происходят какие-то изменения: технологические, социальные, экономические. Например, в тот момент, когда появился компьютер, неизбежно понадобились люди, которые с этим компьютером должны были работать. В какой-то момент эта технология начала все глубже и глубже проникать в мир и оказывать влияние на все остальные профессии. То, что делала машинистка, теперь делает практически каждый на компьютере. Новая технология породила новые профессии и трансформировала существующие. А какие-то заставила отмирать.

В результате люди вынуждены искать себя в других видах деятельности. Им необходимо обрести новую специальность, при этом из старой они забирают с собой часть навыков. Условно говоря, я всю жизнь учился чинить табуретки, водить автомобиль или еще что-то. Но в тот момент, когда табуретки начинают печататься на 3D-принтере, а автомобили становятся беспилотными, этот навык для меня уже бесполезен. Я думаю: чему еще я научился, пока делал табуретки? Выясняется, что я параллельно научился клиентоориентированности. Я мог делать такие табуретки, чтобы люди приходили ко мне, потому что понимал, чего они хотят. И этот soft skill, какой-то более человеческий навык, я смогу забрать с собой в любую другую деятельность.

Если раньше главным было то, что я умею делать руками, то сейчас более важным становится вопрос «а какой я?». В первую очередь,

потому, что техническим навыкам быстрее можно обучиться, и точно так же они могут быстро устареть за счет того, что приходит новая технология. Есть исследования, говорящие о том, что порядка 50 % учебных программ в технических вузах сейчас устаревает к тому моменту, когда студент получает бакалаврский диплом. Это не относится к матану — это скорее относится к языкам программирования и тому подобному. Поэтому, активно развиваясь в каких-то технических навыках, нужно понимать, что это короткая история. Навыки коммуникации и системного мышления долго формируются, на это уходят годы. Но, с другой стороны, они будут и долго востребованы.

«Мы считаем, что техническими навыками нужно обрастать по мере необходимости. В первую очередь, обращать внимание на надпрофессиональные. Этим soft skills довольно много. Но мы выделили 11, которые считаем наиболее важными. При этом, допустим, LinkedIn вычленяет другие. А на Всемирном экономическом форуме были озвучены третьи. Они, естественно, пересекаются, все нужны. Но просто кому-то важнее критически мыслить, кому-то важнее быть более эмоциональным, эмпатичным, но при этом, конечно, в идеале лучше быть здоровым и богатым, чем бедным и больным», — комментирует Евгений Виноградов.

По мнению Евгения и его коллег, одним из самых важных навыков становится умение учиться и переучиваться. С получением бакалаврского, магистерского диплома обучение в новом мире не прекращается. Сейчас весь мир переходит к такой модели карьеры, в которой учиться придется всю жизнь. И много раз менять профессию. И быть готовым к неопределенности. Потому что мир становится таким, когда заранее заложить себе тропиночку на ближайшие сорок лет уже не получится. Это один из важных посылов авторов атласа — уметь работать с неопределенностью, уметь понимать, чего хочешь. Смотреть на мир вокруг себя и на себя! **зн**

## «ЗН» ВЫБРАЛ НЕСКОЛЬКО ИНТЕРЕСНЫХ ПРОФЕССИЙ ИЗ АТЛАСА



### КЛИНИЧЕСКИЙ БИОИНФОРМАТИК

В случае нестандартного течения болезни строит компьютерную модель ее биохимических процессов, чтобы понять первопричины заболевания (выявляет нарушения на клеточном и субклеточном уровне).



### ТАРГЕТНЫЙ НАНОТЕХНОЛОГ

Разработчик способов доставки лекарственных средств, обеспечивающих прицельное попадание в клетки раковых опухолей. Таргетные лекарства способны действовать только на опухоль, не причиняя вреда здоровым тканям. Они могут повреждать сосуды, питающие опухоль, блокировать биохимические сигналы к размножению и даже выключать отдельные гены.



### ДИЗАЙНЕР КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Специалист, проектирующий киберфизические системы под конкретную задачу. Он пользуется искусственными помощниками и консультируется с физиками и, например, металлургами, проектируя модель киберфизической системы в виртуальной реальности.



### АРХИТЕКТОР ВИРТУАЛЬНОСТИ

Специалист по проектированию решений, позволяющих работать, учиться и отдыхать в виртуальной реальности. Разрабатывает софт и оборудование с учетом биологических и психологических параметров пользователя (в том числе под индивидуальный заказ).



### ПРОДЮСЕР СМЫСЛОВОГО ПОЛЯ

Специалист, отвечающий за формирование общей картины мира, в соответствии с которой будут строиться подвластные ему медиапотоки. Он управляет программами, фильтрующими контент, а те формируют информационные потоки для пользователей в рамках заданной картины мира. (Подобную роль в обществе играют «культурные сомелье» из романа Виктора Пелевина «S. N. U. F. F.»).



### ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЭКОЛОГ

Специалист, который разрабатывает нормы цифровой экологической безопасности, анализирует производство, разрабатывает руководства и правила, следит за их соблюдением.



### СПЕЦИАЛИСТ ПО ИММЕРСИВНОМУ ДИЗАЙНУ

Дизайнер, разрабатывающий интерфейсы, которые объединяют разные технологии — от распознавания голоса и управления жестами до виртуальной и дополненной реальности. Иммерсивный дизайн, то есть стирающий грань между цифровым и физическим миром, востребован, в первую очередь, в сферах образования, культуры, городского благоустройства, туризма и развлечений.



### ИНЖЕНЕР- КОМПОЗИТЧИК

Специалист, занимающийся подбором композитных материалов для производства деталей, механизмов, соединительных элементов робототехнических устройств с заданными характеристиками, в том числе с использованием 3D-печати.



### ПРОГРАММИСТ УМНОГО РОЯ

ИТ-специалист, который разрабатывает алгоритмы сложного группового взаимодействия для роботов, в том числе опираясь на примеры из живой природы (в частности, роевой интеллект пчел и муравьев).



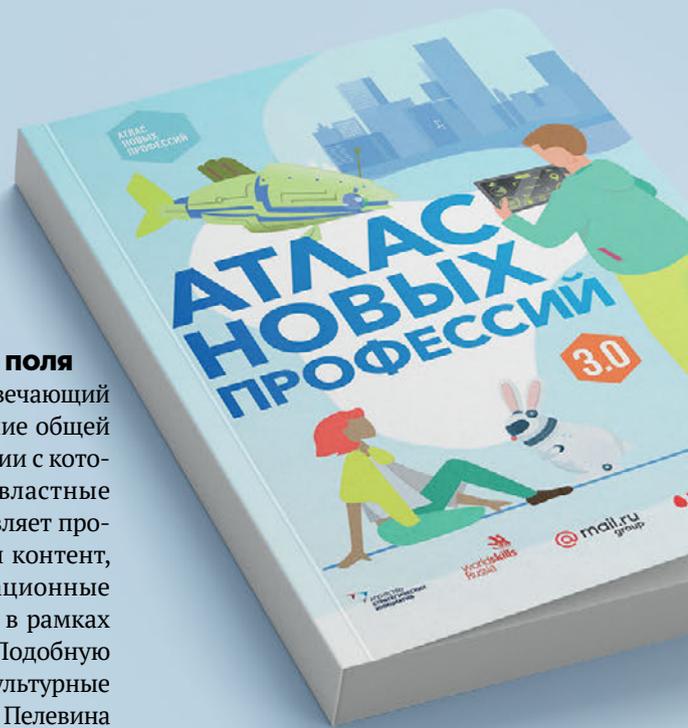
### ДИЗАЙНЕР НОСИМЫХ ЭНЕРГОУСТРОЙСТВ

Специалист, который создает товары для индивидуального пользования (в том числе одежду и обувь) с функцией микрогенерации энергии. Уже существует верхняя одежда со встроенными солнечными батареями — например, куртка Ecotech, созданная итальянской компанией.



### КОСМИЧЕСКИЙ МУСОРОУБОРЩИК

Оператор обслуживающей техники, которая первоначально будет заниматься уборкой космического мусора, а потом возьмет на себя и другие функции — дозаправку, ремонт и т. д.



© Д. Судаков, 2020

© Оформление. ООО «Интеллектуальная Литература»

✍ Екатерина Жданова

Российские геологи разработали модель, которая объясняет образование основных тектонических структур в Северном Ледовитом океане.



225 MILLION YEARS AGO



150 MILLION YEARS AGO



65 MILLION YEARS AGO



PRESENT DAY

## 100 миллионов лет эволюции Арктики

Эволюция литосферы Земли

### ЭВОЛЮЦИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ

Геологическая эволюция Земли описывается на основе современной концепции тектоники литосферных плит. Литосфера — твердая оболочка Земли — включает в себя земную кору и подстилающие части верхней мантии. Литосферные плиты движутся по пластичному слою мантии, что приводит к образованию различных геологических структур — гор, хребтов, океанов и морей.



### ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Леопольд Лобковский**, заведующий лабораторией геофизических исследований Арктики и континентальных окраин Мирового океана МФТИ:

— Модель объясняет раздвижение (спрединг) литосферы Евразийского бассейна за последние 60 миллионов лет, откол и отодвигание хребта Ломоносова от Баренцевоморской окраины, растяжение литосферы в котловинах Макарова и Подводников, магматизм поднятия Альфа и другие особенности тектонического строения дна Северного Ледовитого океана.

Арктический бассейн состоит из разновозрастных тектонических структур. К нему относятся: Евразийский бассейн, включающий хребет Гаккеля и глубоководные котловины Нансена и Амундсена; Амеразийский бассейн с хребтом Ломоносова и котловинами Подводников и Макарова, поднятие Альфа-Менделеева (крупный вулканический хребет на дне Северного Ледовитого океана), а также Канадская котловина.

Геолого-геофизические данные показывают, что литосфера Арктического региона более 100 миллионов лет растягивается горизонтально, что привело к возникновению основных тектонических структур.

### РАССКАЗАЛИ ВОЛНЫ

Для объяснения крупномасштабного растяжения литосферы учеными из Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН и МФТИ была разработана геодинамическая модель.

В основе модели лежат данные зондирования земной коры и мантии с помощью сейсмических волн, которые

возникают при многочисленных землетрясениях. По словам Леопольда Лобковского, результаты сейсмической томографии в полярном и в переходном регионе от Тихого океана к Азии явно указывают на погружение западной части Тихоокеанской литосферы в Алеутской, Курило-Камчатской и Японской зонах до глубин более 500 километров (!) с последующим ее выполаживанием и дальнейшим движением в горизонтальном направлении вдоль границы верхней и нижней мантии.

Созданная исследователями модель, с одной стороны, важна как база для понимания эволюции Арктики за последние 100 миллионов лет. С другой стороны, она же является научной основой для обоснования заявки России в комиссии ООН по границам шельфа.

Оригинальная статья: Influence of the Upper Mantle Convection Cell and Related Pacific Plate Subduction on Arctic Tectonics in the Late Cretaceous–Cenozoic; Kononov & Lobkovsky; Geotectonics, January 2020. **ЭН**

# Потом и кровью

✍ Елена Егорова

Открытие ученых Физтеха позволит в разы поднять чувствительность биосенсоров.

## ПРИБЛИЖАЯ БУДУЩЕЕ

Биосенсор — аналитический прибор, позволяющий в реальном времени определять состав биологических жидкостей. Пожалуй, единственное на сегодня массовое бытовое применение биосенсоров — приборы для моментального измерения уровня глюкозы в крови. Но футурологи обещают, что в недалеком будущем бытовые электронные приборы, анализирующие при помощи биосенсоров состав пота, слюны, глазной жидкости и других выделений, смогут идентифицировать личность, делать медицинские анализы, ставить диагнозы, непрерывно контролировать состояние здоровья и составлять оптимальный рацион питания для конкретного человека в зависимости от текущего состояния его организма.

До недавнего времени всерьез говорить о подобных применениях биосенсоров не позволяла их низкая чувствительность и неподъемная для потребительского рынка стоимость. Но, похоже, в этой области намечается долгожданный прорыв: группа ученых с Физтеха предложила принципиально новую конструкцию биосенсора, обещающую повышение его чувствительности и снижение стоимости. То и другое — во много раз.

## ОРИГИНАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ

«Традиционный биосенсор состоит из кольцевого резонатора и волновода, расположенного в одной плоскости с резонатором, — рассказывает автор идеи опубликованной работы, студент магистратуры МФТИ и сотрудник лаборатории нанооптики и плазмоники Кирилл Воронин. —

## ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Алексей Арсенин, ведущий научный сотрудник лаборатории нанооптики и плазмоники МФТИ:**

— У нас полосковый волновод расположен под резонатором, в толще диэлектрика. Резонатор же находится на границе раздела, между диэлектрической подложкой и внешней средой. Это позволяет значительно поднять его чувствительность путем подбора показателей преломления двух сред.

Мы решили попробовать разнести эти два элемента, поместить их в разные плоскости, расположить колечко над волноводом».

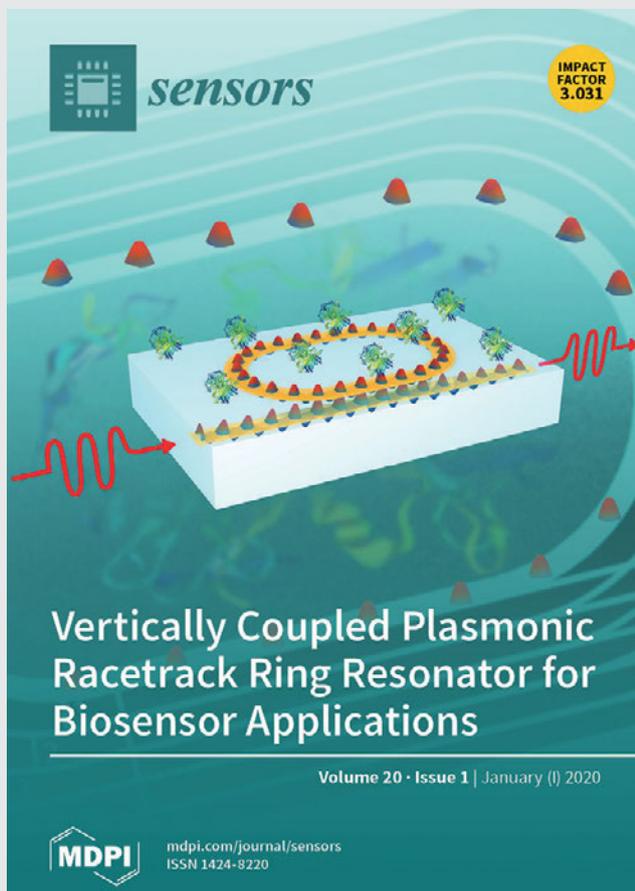
Предложенная объемная конструкция биосенсора позволяет добиться от него во много раз большей чувствительности.



При новой компоновке вся оптическая часть — источник и детектор излучения — располагается внутри диэлектрика. Снаружи же остается только чувствительная зона конструкции — золотое колечко диаметром несколько десятков микрометров и толщиной несколько десятков нанометров.

«Наша схема призвана существенно упростить и удешевить биосенсоры, — говорит Кирилл Воронин. — Для производства датчиков, построенных на нашем принципе, достаточно только оптической литографии. Не требуется никаких движущихся деталей, достаточно настраиваемого лазера, работающего в очень узком диапазоне».

По оценке директора Центра фотоники и двумерных материалов МФТИ Валентина Волкова, для создания промышленного образца на основе предложенной технологии понадобится около трех лет.



Оригинальная статья: Vertically Coupled Plasmonic Racetrack Ring Resonator for Biosensor Applications; Voronin, Stebunov, Voronov, Arsenin, Volkov; Sensors December 2019. [zn](#)

На обложке январского выпуска журнала Sensors анонсирована статья Центра фотоники и двумерных материалов МФТИ

# Цирроз как антииндикатор

✍ Никита Отставнов

В антирейтинге прироста смертности от циррозов с 1990 года Россия находится на четвертом месте.

## МИРОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Международная научная группа изучила распространение цирроза, в том числе в зависимости от причины возникновения, и соответствующего бремени (социально-экономического ущерба) в 195 странах за 1990–2017 годы. Ученые выяснили, что в 2017 году цирроз стал причиной более 1,32 миллионов случаев смерти в мире (из них 440 тысяч приходится на женщин и 883 тысяч — на мужчин), или 2,4% от общего числа смертей (увеличившись на 0,5% по сравнению с 1990 годом). При этом коэффициент смертности, стандартизованный по возрасту (то есть не зависящий от тенденций «старения» или «омоложения» населения), снизился за 1990–2017 годы с 21,0 до 16,5 смертей на 100 000 человек населения практически

езде, кроме стран Восточной Европы и Центральной Азии.

С учетом тенденций старения населения наименьший коэффициент смертности от цирроза наблюдается в Сингапуре, Исландии и Новой Зеландии (3,7; 3,8 и 3,9 смертей на 100 000 человек населения соответственно), а наибольший — в Египте (103,3 на 100 000, несмотря на то, что количество алкоголь-ассоциированных циррозов в этой стране рекордно низкое даже по сравнению с арабскими странами).

## ПРИЧИНЫ РАЗНЫЕ

Как отмечается в статье, основными причинами развития цирроза в мире являются гепатиты В и С. Однако с течением времени в мире наблюдается и рост доли циррозов, обусловленных неалкогольным стеатогепатитом (патологическим состоянием, развивающимся, в частности, на фоне ожирения или диабета).

В странах постсоветского пространства ситуация с циррозом существенно отличается от общемировой. Россия находится на вершине антирейтинга



## ПРЯМАЯ РЕЧЬ

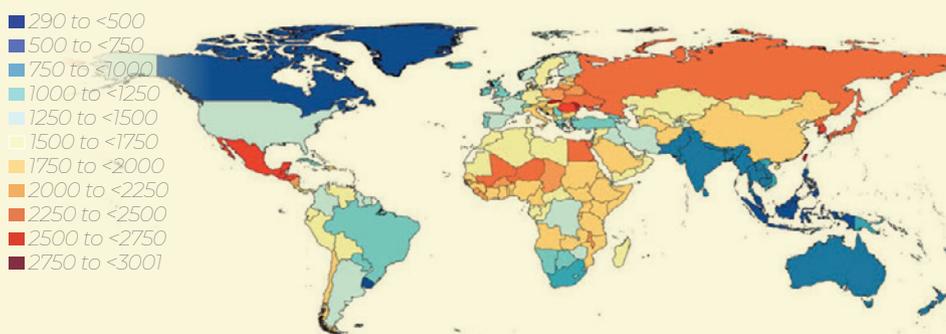
**Давид Наимзада**, научный сотрудник лаборатории анализа показателей здоровья населения и цифровизации здравоохранения МФТИ:

— В своей работе мы выявили существенный рост числа декомпенсированных циррозов за последние 27 лет. Компенсированный цирроз — это начальная стадия заболевания, когда орган еще справляется с естественной нагрузкой. Декомпенсированный цирроз от компенсированного отличает неспособность печени выполнять одну или несколько своих функций.

стран с наибольшим приростом лет жизни, скорректированных по нетрудоспособности (определяется как сумма лет, прожитых с болезнью и потерянных вследствие преждевременной смерти) от циррозов за период исследования, занимая третье место после соседей, Украины и Белоруссии, а в подобном антирейтинге прироста смертности от циррозов Россия находится на четвертом месте, пропуская вперед еще и Литву.

«Основной причиной этого роста стали алкогольные циррозы. Кстати, на постсоветском пространстве это практически общий тренд: доля алкоголь-ассоциированных циррозов с поправкой на возраст повысилась в полтора-два раза во всех странах бывшего СССР. С компенсированным циррозом в России в 1990 году проживали 2,5 миллиона человек, а в 2017 — уже 4, и у трети больных циррозом в России причиной заболевания стало злоупотребление алкоголем», — комментирует Давид Наимзада.

Оригинальная статья: The global, regional, and national burden of cirrhosis by cause in 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017; GBD 2017 Cirrhosis Collaborators; The Lancet Gastroenterology & Hepatology, January 2020. [zn](#)



Стандартизированная по возрасту распространенность компенсированного цирроза. Источник: The Lancet Gastroenterology & Hepatology

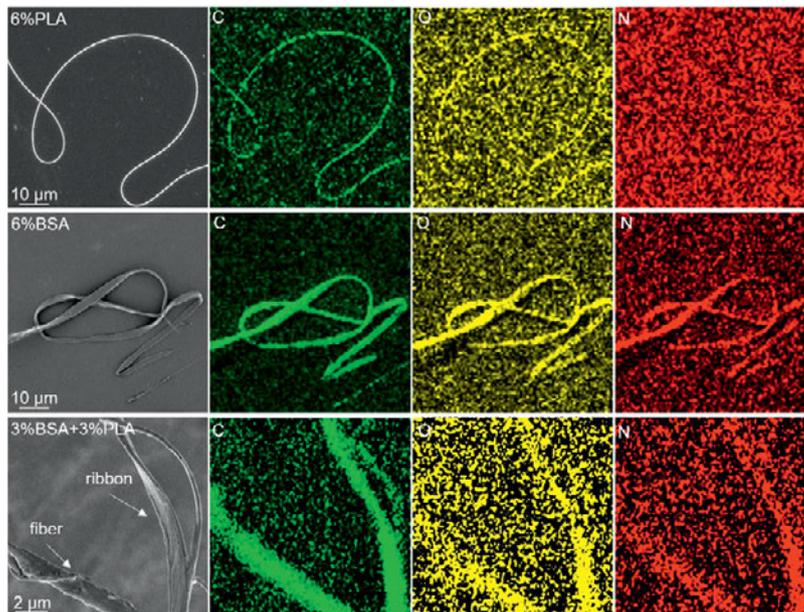
# Несовместимые компоненты подружили

✍️ Елизавета Павлова

Ученые разработали биосовместимое нановолокно для длительного высвобождения лекарственных препаратов.

## ЭЛЕКТРОСПИННИНГ

Смесевые матрицы, содержащие белок, перспективны в биомедицине в качестве ожоговых и раневых покрытий, тканеинженерных конструкций, матриц для доставки и высвобождения белковых лекарственных средств. Матрицы, полученные методом электроспиннинга, состоят из тонких волокон. Электроспиннинг позволяет создать микро- и нановолокна из полимерного раствора или расплава под действием электростатических сил. Метод достаточно гибкий — в состав матриц можно вводить различные компоненты: микро- и наночастицы различной природы, углеродные нанотрубки, флуоресцентные красители, лекарственные и антисептические средства, смеси



Анализ волокон из ПЛА (верхняя строчка), БСА (средняя строчка) и смеси ПЛА-БСА (нижняя строчка). Источник: RSC Advances

полимеров и биополимеров. Это позволяет тонко настраивать свойства матриц для решения конкретной практической задачи.

## БЕЛОК-ПОЛИМЕРНЫЕ МАТРИЦЫ

Часто в качестве базового элемента матрикса используется полимер-носитель, обеспечивающий стабильное формирование волокон, к которому можно добавить дополнительные компоненты. Для биомедицинских целей часто используют полилактид (ПЛА). Основной его недостаток — плохая смачиваемость и, как следствие, плохая адгезия клеток. Для того, чтобы решить эту проблему, в состав матриц вводят белки, поскольку они нетоксичны, гидрофильны, естественным путем выводятся из организма, а также могут выступать как терапевтические препараты.

Группа ученых из Центра физико-химической медицины, МФТИ и МГУ исследовала смесевые матрицы из ПЛА и белка бычьего сывороточного альбу-

мина (БСА), полученные методом электроспиннинга. БСА — водорастворимый глобулярный белок, ПЛА в воде нерастворим. Авторы обнаружили, что в водной среде белковая компонента выходит из состава матрикса (растворяется) постепенно: в течение недели высвобождается около половины всего содержащегося белка. Этот эффект можно использовать для пролонгированного высвобождения белковых лекарственных средств.

Для возможности предсказания свойств смесевых матриц ученые исследовали распределение белковой компоненты в их составе. Оказалось, что электроспиннинг позволил преодолеть фазовое разделение, которое происходит в смеси полимера и белка, и совместить эти компоненты в каждом волокне.

Оригинальная статья: The miscibility and spatial distribution of the components in electrospun polymer-protein mats; Pavlova, Nikishin, Bogdanova, Klinov and Bagrov; RSC Advances, January 2020. [ЭН](#)



## ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Дмитрий Клинов**, руководитель лаборатории медицинских нанотехнологий ФНКЦ ФХМ, сотрудник кафедры молекулярной и трансляционной медицины МФТИ:

— Белок-полимерные смесевые матрицы, полученные электроспиннингом, имеют множество потенциальных применений. С помощью вариации количества белковой компоненты можно «настраивать» время биodeградации всего матрикса. Также можно использовать смесевые матрицы для пролонгированного высвобождения лекарств, например, в ожоговых и раневых покрытиях.

# Молекулярный лифт

✍ Анастасия Власова

Ученые расшифровали механизм работы глутаматного транспортера из архей.

## ПЕРЕДАЧА СИГНАЛА МЕЖДУ НЕЙРОНАМИ

Глутаминовая кислота в мозгу человека выполняет роль главного возбуждающего нейромедиатора, передающего сигналы между нейронами — клетками нервной системы. Нейроны соединены между собой особыми контактами — синапсами. Именно в них из передающего нейрона выделяются молекулы нейромедиатора, которые запускают возбуждение последующего нейрона в цепи. Чтобы избежать перестимуляции последующего нейрона и обеспечить прохождение нового нервного импульса, молекулы нейромедиатора должны быть немедленно удалены из синапса. Работу по удалению нейромедиатора глутамата из синапса осуществляют особые мембранные белки — глутаматные транспортеры.

## ТРАНСПОРТНЫЙ ДОМЕН

Альберт Гуськов из МФТИ совместно с коллегами из Гронингена (Нидерланды) расшифровали трехмерную структуру глутаматного транспортера из архей, ближайшего бел-

## ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Альберт Гуськов, профессор, заведующий лабораторией структурной электронной микроскопии биологических систем МФТИ:**

— Мы впервые расшифровали не только структуры глутаматного транспортера из архей, но и механизм его работы. Оказалось, что каждый мономер состоит из двух частей: неподвижной части, погруженной в мембрану, и подвижного транспортного домена, напоминающего лифт. С помощью этих структур мы наконец-то можем объяснить, как эти белки предотвращают нерегулируемое проникновение натрия в клетку.

ка-родственника глутаматного транспортера человека. Они показали, что молекулы транспортера объединяются в тримеры. И, что более важно, расшифрован механизм работы данного белка. «В транспортном домене по аналогии с лифтом есть дверь, и пока она открыта, лифт никуда не поедет. И только когда ионы натрия, а затем и субстрат (в данном случае аспартат) зайдут в лифт, дверь закроется и лифт поедет. То есть если зашли только ионы натрия, этого будет недостаточно для закрытия двери. Это делает транспорт очень эффективным, что особенно важно в случае человеческих белков — ведь там

уже речь идет не о том, чтобы “скушать” аспартат, как в случае архей, а о переносе информации между нейронами», — рассказал Альберт Гуськов. Знать все детали механизма работы белков из семейства глутаматных транспортеров крайне важно, так как их дисфункция у человека приводит к развитию шизофрении и других психических заболеваний.

## КРИОЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ

Структура глутаматного транспортера была расшифрована учеными с помощью наиболее современного метода структурной биологии — криоэлектронной микроскопии. В данном методе молекулы белка замораживают, а далее фотографируют со всех сторон с помощью мощного электронного микроскопа. Сложные алгоритмы обработки изображений позволяют расшифровать трехмерную структуру белка, которая неразрывным образом связана с его функцией.

Оригинальная статья: Structural ensemble of a glutamate transporter homologue in lipid nanodisc environment; Arkhipova, Guskov & Slotboom; Nature Communications, February 2020. [ЭН](#)

# Нейросеть-предсказатель

✍ Екатерина Жданова

Физики из МФТИ и ИТМО создали нейросеть, которая поможет исследователям разрабатывать эффективные квантовые компьютеры.

## СЛОЖНЫЕ ЗАДАЧИ

Большой круг задач современной науки решается на основе квантово-механических расчетов. Например, химические и биологические: исследования химических реакций или поиск устойчивых молекулярных структур для промышленности, медицины, фармацевтики и других областей.

## ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Алексей Мельников**, выпускник МФТИ и научный сотрудник Университета ИТМО:

— Грань между квантовым и классическим поведением систем зачастую размыта. Изюминкой нашей работы стало создание особого компьютерного зрения, с помощью которого удалось увидеть эту грань в пространстве сетей.



эксперта машинным интеллектом: научить компьютер различать сети и давать ответ на вопрос, в каких сетях квантовые блуждания будут давать преимущество. То есть обнаружить сети, на основе которых имеет смысл строить квантовый компьютер.

## ПЕРЕПРОФИЛИРОВАНИЕ СЕТИ

Исследователи взяли нейросеть, которая «специализировалась» на распознавании изображений. На вход программе подавались матрица смежности сети и номер входного и выходного узла. На выходе нейросеть давала ответ, будет ли квантовое блуждание между этими узлами быстрее классического. «Было неочевидно, что этот подход сработает. Но он работает, и мы очень успешно научили компьютер самостоятельно предсказывать квантовое преимущество в сетях сложной структуры», — говорит Леонид Федичкин, доцент кафедры теоретической физики Московского Физтеха.

Исследователи создали инструмент, позволяющий упростить разработку вычислительных схем на основе квантовых алгоритмов, основными приложениями которых должны стать биофотоника и материаловедение.

Ожидается, что расчет естественных природных процессов на квантовых блужданиях реализовать проще, чем на архитектуре из кубитов и гейтов, так как сами блуждания — это естественный физический процесс.

Оригинальная статья: Predicting quantum advantage by quantum walk with convolutional neural networks; Melnikov, Fedichkin and Alodjants; New Journal of Physics, December 2019. [ЭН](#)



## БЕЗ КВАНТОВ НИКУДА

Для точного решения такого рода «квантовых» задач хорошо подходят квантовые вычисления. Но создание квантовых вычислительных схем — трудоемкое и дорогостоящее занятие. И не всегда получившиеся устройства показывают «квантовое превосходство» — демонстрируют скорость обработки информации быстрее обычного классического компьютера. Поэтому ученым хотелось бы иметь инструмент для прогнозирования того, будет ли какая-то схема обладать квантовым преимуществом или нет.

## ВЫЧИСЛЕНИЕ БЛУЖДЕНИЯМИ

Одной из реализаций квантовых вычислений являются квантовые блуждания — квантовые перемещения частицы из одного узла сети, составленной из точек-узлов и соединений между этими узлами, в другой. Если такое перемещение оказывается быстрее классического, то можно говорить, что устройство на основе такой схемы показывает квантовое преимущество.

Идеей Алексея Мельникова, Леонида Федичкина и Александра Алоджанца было заменить

✍ Екатерина Жданова

## 3D-очки для квазаров

Коллектив ученых из России и Греции показал, как определить происхождение и природу света от квазаров по его поляризации.

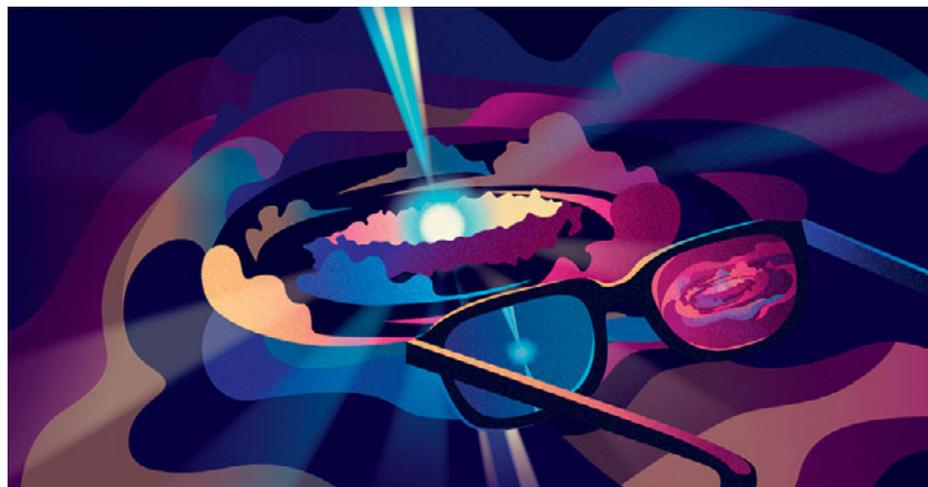


Иллюстрация Дарьи Соколот

### ДАЛЕКИЕ И АКТИВНЫЕ

Активные ядра галактик, называемые еще квазарами, — это массивные черные дыры с вращающимся вокруг них веществом. Из этих черных дыр в двух противоположных направлениях вырываются струи плазмы — джеты.

Вокруг массивной черной дыры всегда есть какое-то вещество. Это вещество вокруг нее вращается и потихоньку падает. То есть образуется аккреционный диск, который излучает свет. Этот свет можно

наблюдать с помощью телескопа. При этом часть вещества, приближающаяся к черной дыре, на нее не падает. Она ускоряется до громадных скоростей и вырывается по оси вращения в виде двух симметричных горячих струй — джетов. Если за квазарами наблюдать, то в основном видно излучение от джетов, аккреционных дисков, а также звезд, пыли и газа в галактике-хозяйке квазара.

### НЕ ВСЕ ВИДНО

Обычные оптические телескопы, которых большинство, видят ядра галактик как точки, так как эти объекты находятся очень далеко. С их помощью не определить, от какой части квазара пришел свет и куда направлен джет, если свет получен от него. Они могут только измерять поляризацию получаемого излучения, которая содержит косвенную информацию о происхождении света.

Радиотелескопы имеют существенно большее разрешение

и дают картинку, по которой мы видим, в какую сторону направлена струя. Однако они совсем не видят свет от самых интересных центральных областей, включая аккреционный диск. Поэтому ученые из МФТИ, Астрокосмического центра ФИАН и Критского университета решили скомбинировать сильные стороны различных телескопов, чтобы детально «разглядеть» квазары.

«Оказалось, что, измеряя поляризацию полученного телескопом света, можно понять, какая его часть пришла от джета, и выяснить направление струи. Эффект похож на взгляд сквозь 3D-очки, которые позволяют глазам видеть разные картинки. Другими способами оптический телескоп такую информацию о диске и джете не дает», — рассказал Александр Плавин, научный сотрудник лаборатории фундаментальных и прикладных исследований релятивистских объектов Вселенной МФТИ.

### КАК В КИНО

Предложенный исследователями способ аналогичен 3D-очкам в кинотеатрах: в них каждый глаз видит свет только одной поляризации, например, горизонтальной или вертикальной, за счет чего и получается объемный эффект. Астрофизики увидели различие в поляризации составных частей квазара — дисков и джетов — и таким образом смогли разделить их излучение.

Полученные учеными результаты важны для построения моделей и изучения черных дыр, дисков вокруг них, а также механизма ускорения частиц до скорости света.

Оригинальная статья: Optical polarization properties of AGNs with significant VLBI–Gaia offsets; Kovalev, Zobnina, Plavin, Blinov; Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, January 2020. [en](#)

### ПРЯМАЯ РЕЧЬ



**Юрий Ковалев**, руководитель лаборатории фундаментальных и прикладных исследований релятивистских объектов Вселенной МФТИ:

— Сам факт того, что излучение джета поляризовано, был известен. Мы объединили данные от двух видов телескопов: радио- и оптических; и показали, что поляризация направлена именно вдоль джета. Из этого следует, что горячая плазма движется в магнитном поле, закрученном, как пружина.



Слева красным показаны места отбора проб для анализа. Белым отмечены точки проведения рентгенофлуоресцентной спектроскопии, не требующей отбора проб. Справа — швы на оборотной стороне. Источник: Heritage Science

## Тайна портрета из Третьяковки

✍ Николай Посулько

Ученые из МФТИ и Третьяковской галереи провели исследование картины кисти знаменитого художника.

### НЕПРОСТАЯ ЗАДАЧА

«Портрет Ф. П. Макевского в маскарадном костюме» (1789 г.) — один из шедевров зрелого творчества Дмитрия Левицкого. Перед реставратором Татьяной Серегиной была поставлена непростая задача максимально приблизить портрет к первоначальному облику, при этом не затронув авторский слой живописи. В связи с реставрацией ученые из МФТИ, ИОНХ РАН и Третьяковской галереи, в собрании которой находится полотно, провели комплексное исследование портрета.

Анализ состава художественных материалов позволил не только более взвешенно подходить к выбору методов реставрации, но и приблизиться к решению одного научного вопроса. Полотно портрета состоит из трех частей, и, хотя

принадлежность основного холста Левицкому не подлежала сомнению, было неясно, когда могли быть добавлены две другие полосы основы, на которых написан фрагмент изображения ниже колен модели.

«Последняя реставрация портрета была проведена в 1914 году, — рассказывает один из авторов исследования, Николай Симоненко из Института общей и неорганической химии РАН и МФТИ. — Мы провели комплексный предреставрационный анализ, это позволило установить, что надставки действительно принадлежат Левицкому».

### ХУДОЖНИК «СПЕШИЛ»?

Исследование грунта показало различия между основным полотном и надставками. Характерный для работ Левицкого двухслойный грунт обнару-

жился лишь на основной части портрета. Дальнейший анализ грунта на обеих надставках выявил их схожесть между собой по структуре и составу. В свою очередь, они оказались близки нижнему из двух слоев грунта на основной части полотна картины.

Авторы статьи предполагают, что у художника было больше времени на первом этапе работы. Вероятно, композиция картины вышла за рамки тщательно подготовленного холста, и тогда Левицкому пришлось пришить сначала одну надставку, а потом и другую.



### ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Виктор Иванов**, руководитель Центра испытательных функциональных материалов МФТИ:

— Нашу лабораторию и научный коллектив Третьяковской галереи связывает сотрудничество, которое в 2017 году при поддержке главного хранителя Татьяны Городковой было скреплено соглашением между МФТИ и галереей. В рамках этого соглашения мы совместно разрабатываем подходы к проведению комплексных исследований произведений живописи с применением современных методов локальной диагностики материалов и наноматериалов. Накопленный методический багаж позволил нам продуктивно участвовать в предреставрационных исследованиях произведения Дмитрия Левицкого с целью установления границ авторской живописи.

Анализ красочных слоев показал сходный состав по всему полотну, включая обе надставки.

Оригинальная статья: A study of «The Portrait of F.P. Makеровский in a Masquerade Costume» by Dmitry Levitsky from the collection of the State Tretyakov Gallery; Nikolay P. Simonenko et. al.; Heritage Science, January 2020. [zn](#)



# Два полюса

Арктика и Антарктика — регионы нашей планеты, которые отталкивали человечество долгие века из-за суровых климатических условий и одновременно манили авантюристов и путешественников — тех, кто мечтал первым увидеть ранее недоступное людям.

Открытие Арктики состоялось естественным образом намного раньше Антарктиды — даже тяжело оценить, когда первые представители рода человеческого достигли северных берегов Евразии и вышли на пляжи Северного ледовитого океана. Открытие Антарктиды произошло всего 200 лет назад, когда развитие технологий под напором человеческого любопытства позволило достичь берегов самого недоступного материка.





Полярные области Земли — два антипода. Северная — это океан, практически полностью окруженный сушей и покрытый тонким, но критически важным для всей экосистемы Земли морским льдом. Южная — напротив, материк, на многие мили отгороженный от всего остального мира ревущими водами циркумполярного течения и покрытый ледником толщиной в сотни и тысячи метров.

В этом номере мы поговорим о значимых научных открытиях, сделанных в Арктике и Антарктике, о передовых разработках последних лет, о красоте природы и, конечно, о проблемах Крайнего Севера и Крайнего Юга.



✍ Вячеслав Мещерин

# АРКТИКА ПОЛЮС ТЕПЛА

Арктическим регионом называют территорию ледяного покрова вокруг Северного полюса Земли, включающую Северный Ледовитый океан и прилегающие моря, захватывающую тундровую зону Евразии и Северной Америки. Арктическая зона России занимает площадь более 3 миллионов км<sup>2</sup> — это 18% всей сухопутной территории нашей страны. Живет же на этой не самой приветливой земле менее 2,5 миллионов россиян. Однако в медийном поле российская Арктика возникает в последнее время все чаще. Чем же она привлекает внимание ученых, военных и политиков? Какие задачи стоят перед современными покорителями Крайнего Севера и какое наследство в этом регионе оставил потомкам Советский Союз?

## **ЭТО НЕ МОХ. ЭТО СЕВЕРНОЕ СИЯНИЕ**

Греческое слово *αρκτος* (*arktos*) означает «медведь». Поэтому слово «Арктика», которое происходит от греческого *αρκτικός*, можно буквально перевести как «земли возле Большой Медведицы». У европейских народов Арктика долгое время считалась «мертвой землей», непроходимой ни водным, ни наземным путем. Только в XI веке русские мореплаватели вышли в моря Северного Ледо-

витого океана, положив начало эпохе географических открытий за пределами материкового Крайнего Севера.

В последующие два века были открыты острова Вайгач и Новая Земля, а в конце XV века — архипелаг Шпицберген и остров Медвежий. Первая карта бассейна Ледовитого океана появилась в первой

## **За последние 30 лет площадь многолетнего морского льда в Арктике сократилась более чем в два раза**

половине XVI века, тогда же был освоен западный участок Северного морского пути — от Северной Двины до устья Оби. Восточный участок — от устья Лены до устья Колымы — был освоен русскими первопроходцами в 1630–40 гг. Семён Дежнёв прошел морем от устья Колымы до самой восточной точки материка и в 1648 году открыл пролив между Азией и Америкой. В ходе Великой северной экспедиции 1733–1743 гг. русскими моряками было исследовано, описано и нанесено на карты все сибирское побережье Северного Ледовитого океана до мыса Большой Баранов.

Сегодня Арктика ассоциируется прежде всего с коренными народами Севера и широким спектром добывающей промышленности. Средняя плотность населения в российской Арктике, где живут представители 127 национальностей, — 0,63 человека на квадратный километр. Для сравнения, плотность населения Москвы почти в 8 тысяч раз больше. К тому же почти половина всего населения (более миллиона человек) сконцентрирована в четырех крупных городах: Архангельске, Мурманске, Северодвинске и Норильске. С этим связана и одна из главных проблем удаленных северных поселений: малая концентрация людей приводит к трудностям в обеспечении их основными благами современности. Прежде всего это касается энергообеспечения. Для решения этой проблемы на Физтехе в 2017 году был создан Научно-технический центр автономной энергетики, возглавляемый Юрием Васильевым. Задачей центра стало обеспечение энергией изолированных населенных пунктов, в том числе находящихся в Арктической зоне России.

### **FROM THE ARCTIC WITH WARMTH**

Практически вся инфраструктура, которая в советское время была построена на вечной мерзлоте в континентальных районах, примыкающих к арктическим морям, сегодня разрушена. И связано это с тем, что мерзлота стремительно уходит. Крупные северные города нашей страны построены на мерзлоте, например, Норильск и Салехард. Где-то уже сегодня используются холодильные установки, не позволяющие мерзлоте таять, поскольку фундаменты зданий стоят на сваях, уходящих вглубь мерзлоты. Уйдет мерзлота — разрушатся здания.

Тают и арктические льды между Гренландией, российским и канадским побережьем Северного Ледовитого океана. В лаборатории геофизической гидродинамики Принстонского университета более десяти лет назад была создана климатическая модель, которая позволяет получить прогноз изменений площади многолетнего арктического льда на основе данных наблюдений с конца XIX века. Согласно этой модели, к концу текущего столетия арктический лед практически полностью исчезнет. Однако данные наблюдений последнего десятилетия оказываются более пессимистичными, нежели предсказывает эта модель. Только за последние 30 лет площадь многолетнего льда сократилась более чем в два раза.

Поэтому спорить с тем, что климат в арктическом регионе стремительно меняется, попросту невозможно (подробнее читайте в материале на стр. 50 — прим. ред.). На сегодняшний день это наблюдаемый факт. Такие значительные перемены являются большим вызовом для нашей страны, этим и объясняется большое внимание к арктическому региону в последнее время. Ведь речь идет не только об уже существующей инфраструктуре, которую необходимо поддерживать в меняющихся условиях, но и о строительстве новой.

Перемена климата в Арктике может значительно увеличить грузопоток по Северному морскому пути, а значит, на территории России нужно строить новые порты, станции метеонаблюдений, поселки или даже города. Увеличение экономического и военного присутствия в регионе становится одной из важных задач, стоящих перед страной в ближайшие годы.



**ВЗГЛЯД ВВЕРХ**

Орбиты около 20 тысяч объектов в околоземном пространстве отслеживаются постоянно. Для каждого из них необходимо предсказывать траекторию движения, иначе столкновения неизбежны. Однако в ближайшем будущем все чаще будут создаваться многоспутниковые системы, насчитывающие сотни и тысячи аппаратов в связке. Так, уже запущены первые спутники проекта OneWeb, в ходе которого на орбите появится более 600 серийных аппаратов.

Такое обилие спутников, срок жизни которых зачастую не превышает нескольких лет, требует создания четких правил и постоянного мониторинга. Современные средства оптического контроля позволяют распознавать на геостационарной орбите (38 тысяч км) объекты размером с футбольный мяч. Но большинство таких устройств установлены на обсерваториях в высокогорных районах в средних и экваториальных широтах. Арктика же никогда не рассматривалась как площадка для астрономических наблюдений. И есть вероятность, что зря.

Установка сети телескопов за Полярным кругом позволит наблюдать объекты, находящиеся на орбитах, сильно наклоненных относительно экватора. Большинство спутников дистанционного зондирования (спутников разведки)

находятся именно на таких орбитах, и они не могут наблюдаться из низких широт. Такие точки наблюдения, по мнению руководителя лаборатории беспилотных летательных аппаратов МФТИ Александра Родина, позволили бы решать и коммерческие задачи, и задачи безопасности. Однако для этого нужно преодолеть многочисленные проблемы, связанные с наблюдениями в арктических условиях: сильный ветер, несущий ледяную крошку, засветки от полярного сияния, повышающаяся, но все равно низкая температура.

К тому же, чтобы уточнить существующие климатические модели для земной атмосферы, необходимо подробно изучить ситуацию в полярных областях. На сегодняшний день известно, что Арктика теплеет намного быстрее,

**КСТАТИ**

Нефтяное загрязнение — одно из самых опасных. С другой стороны, к этому типу загрязнений среды существующие технологии лучше всего адаптированы: как в отношении технического сбора последствий разливов, так и в создании специальных бактериальных культур, которые перерабатывают нефть и превращают ее в продукты, безвредные для экосистемы. В любом случае такие риски необходимо учитывать при разработках арктических шельфовых месторождений.

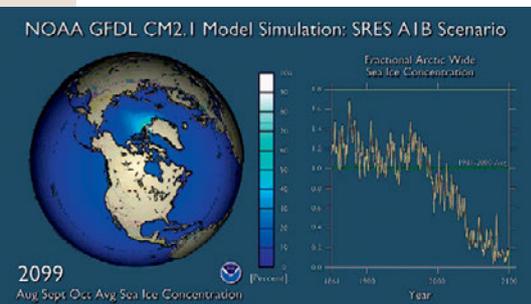
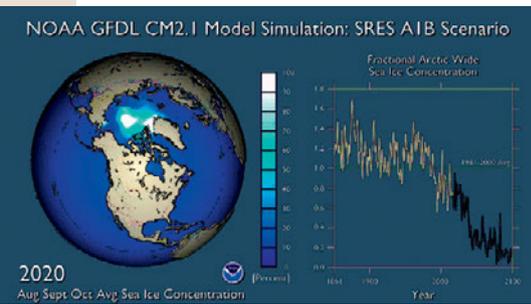
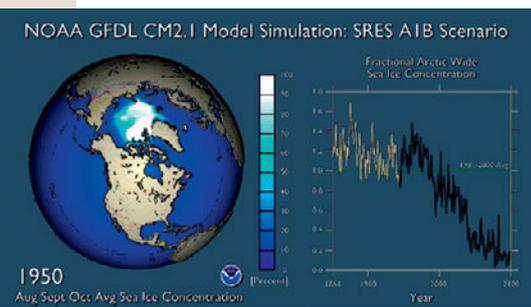
чем Земля в целом, и даже быстрее, чем Антарктида, но климатологам необходимы точные данные о динамике концентрации парниковых газов в этом регионе. Все еще не существует спутника, который измерял бы концентрацию углекислого газа в атмосфере в высоких широтах. Поэтому данные, которые могут быть получены наземным оборудованием в Заполярье, будут очень важны для прогноза дальнейшего изменения климата Земли.

**ГРЯЗНЫЙ СЕВЕР**

Мы помним катастрофу 2010 года, когда на нефтяной платформе Deepwater Horizon произошел взрыв, в результате которого в воды Мексиканского залива попало около 800 миллионов литров сырой нефти. Но этот район уже почти залечил свои раны при помощи человека. Люди не только собирали нефть, но и заселяли поверхность моря бактериальной флорой, которая интенсивно разрушала нефтяную пленку.

Но если взглянуть на катастрофу танкера «Эксон Вальдес» у берегов Аляски, произошедшую в 1989 году, — последствия мы видим до сих пор. Эта авария, в результате которой в море попало около 40 млн литров нефти, считалась наиболее разрушительной для экологии до 2010 года. Однако и сегодня еще можно увидеть остатки нефти на камнях — уже

*Изменение объема арктического льда в XIX–XXI в., согласно модели Национального управления океанических и атмосферных исследований США*



почти окаменевшей, но не ставшей от этого менее вредным компонентом загрязнения. По словам руководителя лаборатории экологии планктона Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН Михаила Флинта, из-за низкой температуры подобные загрязнения значительно сложнее ликвидировать.

Говоря про российскую Арктику, невозможно не вспомнить про наследство, доставшееся нам от прошлых поколений. «Радиоактивные отходы захоранивали в Арктике с середины 1950-х годов. И только в 1992 году эти захоронения прекратились. Начиная с инструментов, которые использовались при обслуживании гражданского и военного атомного флота, и кончая аварийными реакторами с ледокола «Ленин», все это до сих пор находится в могильниках. А в одном из заливов Новой Земли на глубине 32 метров лежит подводная лодка, которую затопили после того, как реактор вышел на аварийный режим», — напоминает Михаил Флент.

Сейчас нет понимания, какими механизмами и за какой срок может быть разнесено радиоактивное загрязнение, если целостность могильников будет нарушена и оно поступит в водную толщу. Морская вода — это агрессивная среда. В ней происходит разрушение бетона и металла, которые входят в состав защитных оболочек. Все это — потенциальные источники совершенно колоссального радиоактивного загрязнения, которые сейчас находятся в купированном виде. Впрочем, помимо радиоактивных отходов, нам придется устранять и свалки, в которые превратились брошенные десятилетия назад объекты военной и хозяйственной деятельности. И стоит поторопиться: остатки нефтепродуктов из проржавевших бочек, оставленных на побережье, время от времени попадают в открытое море. Частично работы по ликвидации таких свалок уже проводились, например, на островах архипелага Земля Франца-Иосифа.

Загрязнения попадают в Арктику также с огромным объемом континентального стока. В Арктику дре-



Типичное загрязнение на острове Земля Александры.  
Источник: [www.rus-arc.ru](http://www.rus-arc.ru)

нируется более 60% площади нашей страны. Енисей, например, проходит от монгольской границы до Карского моря. Сложно представить, что он собирает на всей своей протяженности, начиная от бытовых и сельскохозяйственных стоков и кончая отходами, которые продуцируют производства, связанные с радиоактивностью. Михаил Флент подтверждает, что в области енисейского залива сформировались очаги повышенного радиоактивного содержания в донных осадках.

Еще один источник — это радиоактивность, которая аккумулирована в ледниках Новой Земли в результате проходивших там испытаний ядерного оружия. Ледники нарастают и движутся, скатываясь в море. Участки, несущие в себе потенциальную опасность, подходят близко к тем местам, в которых ледники соприкасаются с морем, — где они тают и отдают радиоактивность морским экосистемам.

Радиационное загрязнение Арктики, к счастью, пока отсутствует. Согласно имеющимся у ученых данным, небольшие превышения уровня радиоактивности наблюдаются только в нескольких квадратных метрах вокруг могильников. Но ситуация может измениться быстро, поскольку нет точных данных, как происходят процессы разрушения этих оболочек внутри. Сегодня существуют достаточно безопасные технологии для переработки радиоактивных отходов. Некоторую надежду на изменение сложившейся ситуации дает заявленный пункт госпрограммы «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» о принятии решения по дальнейшему обращению с наиболее опасными затопленными ядерно и радиационно опасными объектами и радиационными отходами в 2021–2025 годах. **ЭН**

# Свет в полярную ночь

✍ Анастасия Медведева

Проблема автономной энергетики в Арктических регионах стоит очень остро. Небольшие изолированные поселки снабжаются электроэнергией в основном с помощью дизель-генераторов, работающих на привозном топливе. В результате расходы просто огромны, что тормозит развитие региона. Для решения этой проблемы при Институте арктических технологий МФТИ был создан Научно-технический центр автономной энергетики. Лаборатории, входящие в состав центра, работают над технологиями, позволяющими максимально экологично произвести энергию, сохранить ее и в нужный момент передать потребителю.

## ЭКОЛОГИЯ И ЭКОНОМИКА

Несмотря на то, что в 2012 году была запущена программа «Чистая земля» по вывозу металлолома, ржавеющие бочки из-под солянки остаются характерной чертой арктического пейзажа.

Специфика региона диктует условия — новые электростанции должны работать при температуре до минус 60 °С и быть очень надежными — при поломке ждать техника придется очень долго. Но трудности помогают находить нестандартные решения. На наших глазах в НТЦ автономной энергетики создаются технологии в области генерации, хранения и эффективного использования энергии.



## ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Юрий Васильев, исполнительный директор Института арктических технологий МФТИ:**

— Само собой, с точки зрения экологии, сжигание углеводородов — плохо. Но, кроме того, существующая энергосистема еще и крайне неэкономична. Дизель-генераторы не учитывают суточные колебания потребления и часть времени работают практически вхолостую. В итоге себестоимость киловатт-часа доходит до 70 рублей и выше. При таких ценах строительство гибридной энергостанции, использующей альтернативные методы генерации, может окупиться за 7–10 лет (в зависимости от ветропотенциала и инсоляции в данной точке).

## АРКТИКА БУДЕТ ЗЕЛЕННОЙ!

Удивительно, но в Арктике не так мало солнца: на протяжении полярного дня с помощью солнечных панелей можно получить ощутимое количество энергии. Но нужнее всего энергия зимой, во время полярной ночи, поэтому лаборатория возобновляемых источников энергии уделяет особое внимание ветру как первичному источнику энергии.

Основной проект лаборатории — ветроэнергоустановка (ВЭУ) в арктическом исполнении мощностью около 100 кВт. ВЭУ предназначена для энергообеспечения удаленных жилых объектов, а также радиотехнических, метеорологических постов и систем локации, связи и других потребителей малой мощности.

Климат побережья Северного Ледовитого океана, Ямала, Таймыра, Якутии суровее, чем, например, в скандинавских странах или Канаде; разработанные за рубежом установки не справляются с арктическими морозами. ВЭУ должна работать в диапазоне температур от минус 50 до плюс 40 °С, выдерживать порывы ветра до 60 м/с, иметь систему антиобледенения, а также повышенную коррозионную и солевую стойкость.

Владимир Николаев, заведующий лабораторией возобновляемых источников энергии, поделился: «Перед нами стоит очень сложная задача, тем интереснее искать методы ее решения. Чтобы двигаться вперед, полезно посмотреть и назад: в 90-е годы в этой области было сделано много интересных разработок, из-за недостатка финансирования не поступивших в серийное производство. Оказалось, если их доработать с учетом появившихся новых материалов, можно опередить даже признанных лидеров в этой области».

**Новые электростанции должны работать при температуре до минус 60 °С и быть очень надежными — при поломке ждать техника придется долго**

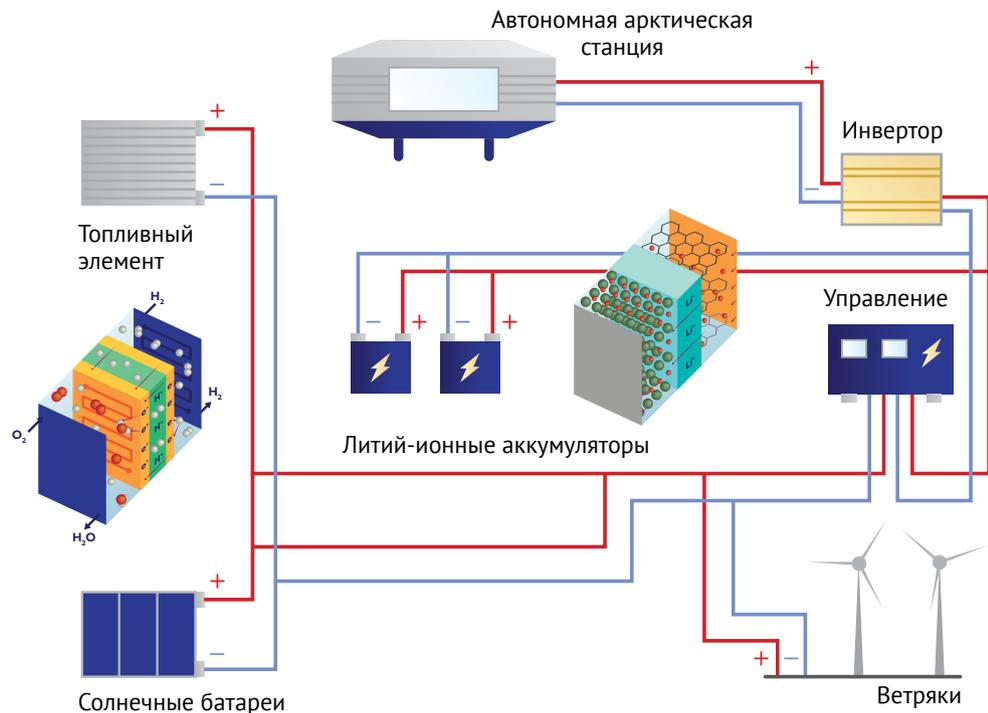


Схема электроснабжения автономной арктической станции

## ЗАПАСТИ, СОХРАНИТЬ И ИСПОЛЬЗОВАТЬ

Поиск новых электрохимических методов накопления электроэнергии при экстремальных температурных условиях — задача лаборатории накопителей энергии. Солнце и ветер генерируют электричество неравномерно: чередуются периоды, когда мощность слишком велика и когда слишком мала, у энергетиков это называется «пилой». Литиевая батарея обеспечивает функцию сглаживания пульсации.

«Чем ниже температура, тем хуже аккумулятор держит заряд. Мы внедряем технологии, которые позволяют сохранять энергетическую живучесть объектов при температуре минус 45, минус 50 и даже минус 60 °С. Мы не говорим, что при этой температуре обеспечим такую же эффективность, как при комнатной, — это невозможно. Но мы сохраним живучесть объектов: когда потребуются использование накопителя, он в кратчайшие сроки придет в готовность», — рассказывает Денис Шабратов, руководитель научно-производственного управления накопителей энергии.

Сотрудники лаборатории разрабатывают аккумуляторы, которые продолжают работать, даже если их разрубить пополам или пробить гвоздем — автономная энергетика должна быть максимально надежной и безопасной.

В лаборатории физико-химических процессов в постлитий-ионных источниках тока реализуют программу фундаментальных исследований по разработке пост литий-ионных технологий совместно с НИИ энергетики и климата (г. Юлих, Германия). Уже сегодня тестируются прототипы аккумуляторов в несколько раз мощнее, способные обеспечивать энергией в 10 раз дольше, чем существующие.





Использование накопителя сглаживает «пику»

«В производстве современных литий-ионных аккумуляторов требуются остродефицитные кобальт, марганец, никель и непосредственно литий. Стоимость одних только материалов для производства, например, батареи электромобиля (около 100 кВт/ч) составляет более 1,5 млн руб. Кроме того, ресурс традиционного литий-ионного аккумулятора для работы в пилообразном режиме в паре с ВЭУ хватит на несколько месяцев. У разрабатываемых нами новых твердотельных аккумуляторов ресурс практически не ограничен — в них отсутствуют побочные химические процессы и нет жидкого электролита, с которыми связаны основные технологические проблемы традиционных аккумуляторов, в том числе падение емкости. Снижение стоимости и увеличение энергоёмкости может быть за счет использования новых, более доступных материалов, таких как натрий вместо лития и сера вместо кобальта. Ожидается что в серийном производстве стоимость батарей, изготовленных по такой технологии, снизится более чем в 2 раза», — делится Дмитрий Семененко, заместитель заведующего лабораторией физико-химических процессов в постлитий-ионных источниках тока.

### ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Аккумуляторы хорошо справляются с проблемой «энергетической пилы», однако использовать их для длительного хранения дорого. Поэтому мировая энергетика все внимательнее присматривается к водороду: избытки электроэнергии в период активности ветряных и солнечных электростанций можно с помощью электролиза превратить в водород, а затем по мере необходимости использовать запасенный водород в качестве топлива. Разрабатываемая в лаборатории водородной энергетики технология должна обеспечить получение водо-

Источник [solarpanel.today](http://solarpanel.today)

рода с высокой чистотой, пригодного для непосредственного использования в низкотемпературных топливных элементах, различных химических процессах и системах хранения.

«Водородная энергетика очень перспективна. Сейчас, например, огромные ГЭС в восточных регионах России не работают на полную мощность — для этой энергии там просто нет потребителей. Но ее можно было бы использовать для производства водорода, который можно транспортировать к потребителю в смеси с природным газом, используя существующие газопроводы: на месте водород и природный газ можно легко разделить, — объясняет Владимир Негримовский, заведующий лабораторией водородной энергетики. — Для этих же целей можно использовать незадействованные мощности АЭС. Таким образом, мы получим практически бесплатный источник энергии. Кроме того, если сжигать не чистый природный газ, а в смеси с водородом, можно резко сократить выбросы  $\text{CO}_2$  в атмосферу».

Одним из направлений, разрабатываемых в лаборатории, является длительное хранение водорода в химически связанном виде. С помощью специально подобранных катализаторов можно «заставить» молекулу толуола присоединить три молекулы водорода, при этом получится метилциклогексан — циклическая шестичленная молекула с одним метильным заместителем. По своим свойствам это вещество близко к привычному углеводородному топливу, а потому для его хранения и транспортировки может быть использована уже существующая инфраструктура. По мере необходимости водород в ходе другого каталитического процесса можно из метилциклогексана извлечь и направить на окисление в топливном элементе. Таким способом водород

## ПРЯМАЯ РЕЧЬ



**Игорь Озерных, главный конструктор Инжинирингового центра:**

— Большая энергетика во всем мире претерпевает кризис, она должна реформироваться в ответ на изменение экономики и энергопотребления. Пришло время так называемой интеллектуальной энергетики, которая будет строиться на основе микросетей (микрогридов), на основе возобновляемых источников энергии и накопителей. Поэтому результаты, которых мы достигнем в Арктике, крайне важны для будущего.

### **ТОТЭ — ТО, ЧТО НУЖНО!**

Запасенный водород можно просто сжечь в кислороде, но при этом всего 30% от возможной энергии будет доступно для потребителя. Используя твердооксидный топливный элемент (ТОТЭ), можно поднять эффективность окисления до 50–60% по электроэнергии и даже до 90% по суммарной энергии, включающей электрическую и тепловую.

Сотрудники лаборатории топливных элементов в тесном сотрудничестве с Институтом физики твердого тела РАН разработали и запатентовали трехслойную конструкцию мембраны — наиважнейшего элемента ТОТЭ.

Новая конструкция позволяет добиться одновременно прочности и гибкости топливного элемента (меньше риска, что пластина сломается при механических нагрузках, возникающих при изготовлении ТОТЭ и при сборке батарей), а также высокой ионной проводимости. Задача мембраны — изолировать друг от друга воздух и топливо, но пропускать ионы кислорода. Толщина одного мембранно-электродного блока ТОТЭ — не более 250 мкм, размер 10×10 см, выдаваемая электрическая мощность — 20–25 Вт, тепловая мощность сравнима. Примечательно, что для ТОТЭ подходят самые разные виды топлива от чистого водорода до угарного газа и различных углеводородных соединений: метан, пропан-бутан, диметилэфир и даже дизельное топливо.

Плоские топливные элементы можно собрать в батарею, «кубик» размером около 15×15×15 см, мощностью 500–600 Вт. Чтобы получить большую мощность, в одной энергоустановке может использоваться несколько батарей. Особенностью работы ТОТЭ являются высокие рабочие температуры до 850 °С. Чтобы разогреться, генератору требуется около 10 часов, зато потом он будет работать несколько лет.

«В автономных энергосетях в качестве источника электроэнергии используются в основном дизель-генераторы, однако они требуют замены масла через каждую тысячу часов. А ТОТЭ работает 10–20 тысяч часов без обслуживания», — подчеркивает преимуще-

ства заведующий лабораторией топливных элементов Дмитрий Агарков.

### **ПОКА МЫ ЕДИНЫ — МЫ НЕПОБЕДИМЫ!**

Новые технологии порождают новые вопросы. В структуру изолированных энергосистем энергоснабжения в качестве основных генерирующих мощностей могут входить дизель-генераторы, мини-ГЭС, микротурбины, электростанции на биотопливе, ветрогенераторы, фотоэлектрические преобразователи и так далее. Для того, чтобы все это объединить в работающую слаженно систему, нужен «дирижер», учитывающий неравномерность выработки электроэнергии возобновляемыми источниками, прогнозирующий электропотребление, определяющий, когда и в каком виде запастись энергией, когда ее отдавать. Это серьезная задача на разных уровнях — со стороны как «железа», так и «софта». Для ее решения при НТЦ был создан Инжиниринговый центр «Арктическая автономная энергетика».



*Собранная из блоков ТОТЭ батарея. Фото из лаборатории топливных элементов МФТИ*

### **ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СТРАНЫ**

Труднодоступность Арктики делает рентабельной разработку альтернативных методов генерации, даже если на «большой земле» они кажутся неоправданно дорогими. Таким образом, этот регион может стать стартовой площадкой для апробации надежных автономных электростанций. По мере накопления опыта и перехода к массовому производству технологии будут дешеветь, что позволит распространить их и в других регионах России. **ЭН**

# ЭТО ВЫ УВИДИТЕ ТОЛЬКО ЗДЕСЬ

До сих пор полярные области остаются слабо исследованными территориями. В заполярье часто наблюдают уникальные явления, не встречающиеся в других областях планеты. Дыры неизвестного происхождения, снег цвета арбузной мякоти, пропадающие острова — рассказываем вам об этих арктических и антарктических феноменах.

## ПЕНИЕ ЛЕДНИКОВ

Исследователи на шельфовом леднике Росса в Антарктиде зафиксировали медленный сейсмический гул, создаваемый ветрами, обдувающими ледяной покров материка. О находке сообщили два года назад на ScienceAlert. Обнаруженная частота слишком низка, чтобы человеческое ухо могло услышать гул, но если запись ускорить примерно в 1 200 раз, появляется монотонный тревожный шум.

*Кратер на Ямале.  
Источник: wikipedia.org*



Цель исследования состояла в том, чтобы узнать больше о физических свойствах ледяного шельфа Росса, самой большой в мире плавающей ледяной плиты Антарктиды, которая по размеру схожа с территорией Испании. По мнению ученых, колебания силы ветра, например из-за штормов, и изменения температуры воздуха могут менять частоту обнаруженного сейсмического шума. Изучение подобных сейсмических явлений поможет следить за влиянием изменения климата на ледяной покров Антарктики.

## КРАТЕРЫ

В 2013–2014 годах на Ямале, Таймырском и Гыданском полуостровах были обнаружены воронки нетипично больших размеров. Среди них самым большим оказался Ямальский кратер — он и вызвал большой интерес со стороны журналистов и ученых.

На архивных снимках из космоса за последние шесть десятилетий видно, что на месте кратера располагался бугор. С течением времени он увеличивался, пока в 2013 году на его месте не образовалась воронка. Ученые предполагают, что образование воронок было спровоцировано выбросом газа. При повышении температуры, пик которой наблю-

дался в 2012 году, из мерзлых пород и подземного льда выделялись газы. Они накапливались под поверхностью бугра, который покрывал слой промерзшей земли толщиной около 8 метров. Когда давление накопленных сжатых газов превысило давление покрывающих пород, произошел взрыв.

На Ямале можно часто встретить круглые озера с углублением в середине. Считается, что они образовались при вытаивании подземного льда и последующего провала верхних слоев пород. Полученные при исследовании Ямальского кратера данные могут внести коррективы в историю возникновения и других воронок.

## СТРАННЫЕ ДЫРЫ

Последнее десятилетие аппараты NASA летают над арктическим и антарктическим регионами Земли для наблюдения за ледниками. Эта программа получила название IceBridge. В 2018 году ученый Джон Соннтаг запечатлел странные отверстия во льду, появление которых специалисты объяснить пока не могут.

Сотрудники NASA даже сделали пост, в котором попросили своих читателей предположить, что именно



*Фиолетовые джеты. Фото Ryan Sault*



изображено на фото. Комментаторы придумали массу ответов: дыры могут быть остатками метеоритов или засохшими солеными озерами, говорят некоторые. Не один человек предположил, что космическое агентство Америки опубликовало изображение «чего-то, что пришло из космоса».

Геофизик морского льда из NASA Дон Перович предполагает, что в этой местности лед тонкий и непрочный. Это означает, что дыры могут возникать естественным образом под воздействием теплых течений. Или, может быть, тюлени прогрызают воздушные отверстия в тонких областях. Это позволило бы им всплыть на поверхность и перевести дыхание, когда разрывы льда не образуются сами.

### **ИСЧЕЗНУВШИЙ ОСТРОВ**

Более ста лет назад на Земле Франца-Иосифа был открыт небольшой остров Перламутровый. Он имел диаметр полутора километров и находился недалеко от острова Грэм-Белл — одного из самых больших участников архипелага. Перламутровый был целиком покрыт льдом, и никакого научного интереса не представлял. На спутниковых снимках последних лет острова не видно.

На самом деле исчезновение и появление островов в Арктике — обыденность. Процессы обусловлены значительными изменениями климата, которые произошли за последние десятилетия. При понижении температуры острова окутывает ледяной панцирь, если ранее вода скрывала землю, то в этом случае остров появляется на поверхности. Если поверхность острова была над уровнем моря, при повышении температуры лед на ней тает и обнажает землю.

«Интересен как раз не сам факт исчезновения островов, а причины этого. В каждом случае надо проводить исследования. На острове Грэм-Белл наблюдаются процессы береговой эрозии. Возможно, соседний остров Перламутровый размыло, изменились течения, пришли в движение донные породы, и появился так называемый “гуляющий” остров», — предполагает директор национального парка «Русская Арктика» Александр Кирилов.

### **ФИОЛЕТОВЫЕ ДЖЕТЫ**

С 2015 года над Арктическими землями очевидцы стали замечать странные фиолетовые мосты, которые держатся на небе около получаса. Фотографии необычного феномена заинтересовали ученых. Сначала они предположили, что механизм образования подобных вспышек такой же, как у северного сияния — взаимодействие быстрых космических частиц, притянутых магнитным полем Земли с атмосферой. Однако в 2018 году анализ данных со спутников показал, что появление фиолетовых мостов не связано с солнечной активностью.

Физики из Канады проанализировали данные со спутников, собранные при облете фиолетовых мостов на обоих полюсах земли. Также к исследованиям были подключены гражданские ученые. Оказалось, что образование джетов связано с двумя разными процессами.

Каскады зеленых вспышек образуются по тому же механизму, что и северные сияния. Эти полосы образованы частицами, которые влетают

в атмосферу Земли перпендикулярно поверхности. Фиолетовые джеты появляются только при наличии потока ионов, параллельного земле. Когда такие частицы сталкиваются, они излучают свет из фиолетовой части спектра. Дальнейшие исследования покажут, почему и те, и другие вспышки образуются почти одновременно в одном и том же месте.

### **АРБУЗНЫЙ СНЕГ**

Впервые алый снег был обнаружен на берегу Гренландии в начале XIX века английскими экспедиторами. Они собрали образцы снега и уже по прибытии исследовали их. Предполагалось, что причиной окрашивания снега были микроводоросли, что позже подтвердилось.

Сегодня «арбузный снег» можно встретить в северных областях или высоко в горах. Он окрашивается, когда солнце начинает растапливать снег. В это время живущие при низких температурах водоросли вида хламидомонада снежная начинают цвести. Для защиты от солнечного ультрафиолета они вырабатывают красный пигмент — астаксантин. Также это вещество способствует нагреванию и таянию снега.

Современные модели климата учитывают влияние на коэффициент отражения снега самых разных параметров, таких как сажа от лесных пожаров и повышенное содержание воды, которая слегка темнее снега. Однако они еще не учитывают биологические эффекты. **ЭН**

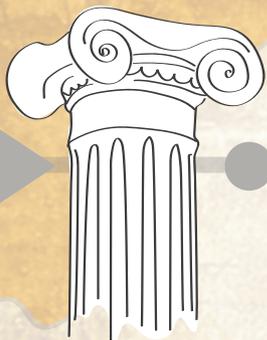




✍ Екатерина Жданова

# ПУТЬ

# В АНТАРКТИДУ



## АНТИЧНОСТЬ

Древние греки полагали, что на юге Земного шара должна быть Terra Australis Incognita — Неведомая Южная земля, которая бы «уравновесила» остальные известные материки — Европу, Азию и Африку.

## II ВЕК Н. Э.

Марин Тирский, древнегреческий географ, картограф и математик, предложил термин «Антарктика» — для земли, которая должна находиться на противоположной от Арктики стороне земного шара.

## XV–XVI ВЕК

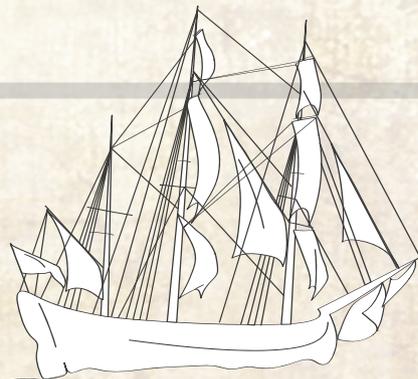
В эпоху великих географических открытий стало понятно, что если земля на Южном полюсе существует, то она должна быть отдельным материком: европейские мореплаватели обогнули крайние географические точки Южной Америки и Африки.

## 1 513

Пири-реис (Хаджи Мухиддин Пири ибн Хаджи Мехмед), адмирал Османской Империи и любитель картографии, изобразил на своей карте мира в нижней части «Неведомую Южную землю» в виде отдельного континента. Это изображение позднее стало предметом споров о том, могли ли люди в средние века и эпоху Возрождения знать о существовании Южного материка. Официально считается, что Антарктиду обнаружили гораздо позже.

## 1 599

Голландское судно под командованием Дирка Герритса во время шторма пересекло Южный полярный круг, и команда наблюдала «высокую землю». Капитан поставил жизнь людей выше возможности исследовать новые территории и при первой возможности покинул опасные воды.



## 1 757

Ломоносов в своей книге написал, что, судя по описаниям крупных айсбергов, которые встречаются у южной оконечности Южной Америки, эти ледяные гиганты могли приплыть только от обширных, еще более южных земель, покрытых льдами.

## 1 819

Первая русская антарктическая экспедиция, два корабля — «Восток» и «Мирный» под командованием Фаддея Беллинсгаузена и Михаила Лазарева отправились на поиски нового континента, чтобы доказать или опровергнуть его существование.

## 1 768–75

В этот период знаменитый капитан Джеймс Кук пересек Южный полярный круг и чудом не открыл материк: корабль мореплавателя находился всего в 75 милях от антарктической суши. Из-за тяжелых походных условий Кук решил, что продолжать экспедицию бессмысленно. Наткнувшись во многих местах южнополярных морей на непроходимый лед, Кук объявил, что дальше пройти нельзя. Его авторитету верили 45 лет и не предпринимали полярных экспедиций.

# Terra Australis Incognita

## 1 882–83

За Первый международный полярный год в Антарктиду съездили экспедиции Германии и Франции. Главным отличием было проведение исследований по общей программе и методике. Все предыдущие экспедиции организовывались независимо, часто без опоры на опыт прошлых исследователей.

## 1 892–1 946

Список государств-исследователей шестого континента — Англия, Норвегия, Бельгия, Германия, Швеция, Франция, Япония. Весь мир постепенно начинает понимать, что Антарктика интересна не только с научной точки зрения: она богата недрами. Естественно, это стало стартом споров о правах на территории.

В этот период 7 стран — Великобритания, Новая Зеландия, Австралия, Франция, Норвегия, Аргентина и Чили — односторонними правительственными актами «заняли» части территории Антарктиды. «Свободным» остался сектор между меридианами 90 и 150° з. д. — его хотели забрать себе США.

## 1 872–76

Первая океанографическая экспедиция на парусно-паровом «Челленджере» продолжила исследования Антарктики после 30-летнего перерыва. Пройдя 70 тысяч морских миль, ученые исследовали океан. Накопленные данные легли в основу современной океанографии.

## 1 839–43

Британская антарктическая экспедиция под командованием Джеймса Росса на кораблях «Эребус» и «Террор» трижды пересекла Южный полярный круг и обогнула континент. Команда изучала шельфовые ледники, птиц и магнитное поле. Росс определил, что именно шельфовые ледники — источники айсбергов. Интересно, что Росс отрицал существование материка, считая, что все известные участки суши — острова. Это была последняя полярная экспедиция на парусных судах.

## 1 821



В январе «Мирный» и «Восток» вернулись к берегам Антарктиды и продолжили свою научно-исследовательскую миссию. За все время экспедиции они прошли 50 тысяч миль. И открыли не только новый материк, но и 29 островов.



## 18 ноя. 1 820

Спустя восемь с лишним месяцев после появления русских моряков у берегов Земли Королевы Мод Натаниэль Палмер, американский мореплаватель-промысловик, с острова Десеппшен увидел часть берега Земли Грейама.

## Февраль 1 820

2 февраля участники первой русской антарктической экспедиции вторично видели берег, а 17 и 18 февраля почти вплотную подошли к береговому обрывам ледового материка. Затем суда отправились в плавание по Тихому океану.

## 28 янв. 1 820

Белингаузен и Лазарев подошли к Земле Королевы Мод, но не смогли подобраться ближе. Однако именно эта дата считается официальным днем открытия Антарктиды.



## 30 янв. 1 820

Двумя днями позже русской экспедиции Антарктиду увидел британский мореплаватель Эдвард Брансфилд. Он подошел к материку ближе команды Беллингаузена: не только к шельфовым льдам, но и к гористому полуострову Тринити. Поэтому некоторые считают, что Антарктиду открыл именно Брансфилд.



## 1910–13

Сразу две экспедиции достигли Южного полюса — Скотт и Амундсен. Подробную историю о приключениях британских и норвежских полярников на юге читайте на странице 40.

## 1931–45

СССР неоднократно пытался возобновить «русскую» историю исследования Арктики. В 1931 году был разработан план экспедиции, которая не состоялась из-за того, что у союза не было представительств в странах Южного полушария, поэтому суда не могли обслуживаться в южных портах. В 1945 году у советских исследователей также были предложения по строительству обсерватории на континенте, но у послевоенного государства не было ресурсов для их реализации. После Лазарева и Беллинсгаузена Антарктида ждала русских еще 126 лет.



## 1947–48

На борту плавбазы китобойной флотилии «Слава» стала работать научная группа. Ученые обеспечивали безопасность мореплавания и промысла, анализируя гидрометеорологическую ситуацию. Попутно они проводили океанографические, гидрохимические и гидробиологические исследования.

## 1955–57

СССР готовился к Международному геофизическому году и отправил две экспедиции на шестой континент. Главный результат — открытие станции Мирный (1956). Нашу экспедицию интересовали в основном научно-практические задачи: построение постоянных станций, определение сырьевого потенциала.

## 1957–58

В международный геофизический год Евгений Толстиков повел в Антарктику третью советскую экспедицию. Она достигла Южного полюса недоступности и основала там временную станцию Полюс недоступности.

Пример того, как интерес к Южной Земле перестал быть исключительно научным, — американская экспедиция в 1946–1947 годах, которую организовали и профинансировали военно-морские силы США.

Официально целью экспедиции было исследование Антарктиды, однако ее состав говорит, что решались в первую очередь стратегические и военные задачи: 4 700 человек, 13 кораблей и 33 самолета.

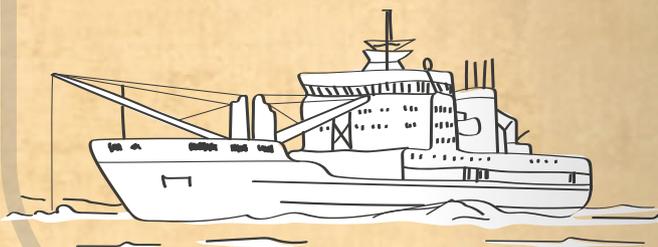
## 1959

12 стран подписали Договор об Антарктике, который закреплял за Южной землей статус территории научных, а не военных интересов. Страны-участники обязались не испытывать ядерное оружие и не хоронить радиоактивные отходы на территории материка, а также беречь морские живые ресурсы региона. И хотя США, СССР, Перу и ЮАР не отказались от территориальных претензий, договор стал важным шагом поддержки международного статуса континента.



## НАШИ ДНИ

Сегодня в Антарктиде около 90 станций, из них примерно половина сезонных и круглогодичных. Также ежегодно устанавливаются около 30 полевых лагерей. На станциях и в лагерях трудятся исследователи из всех 46 стран, подписавших Договор об Антарктиде.



## 5 фев. 2012

В этот день российские ученые наконец-то «докопались» до озера «Восток». Скважину начали бурить еще в 1989 году, но до воды она доросла только в 2012-м. Методики разрабатывали, обсуждали, согласовывали с мировым сообществом, так как важно было при бурении не навредить уникальному подледному озеру и его экосистеме.

## 1950–60

Анализируя материалы международного геофизического года, советские ученые Александр Капица и Игорь Зотиков предположили, что под толщей антарктических льдов должны быть пресноводные озера, и предложили программу бурения льдов. Капице удалось с помощью сейсмических исследований очертить контуры озера. Существование озера подтвердили в 70-х годах с помощью радиозондирования, а в 90-х — с помощью спутниковых снимков.

## ВСЬ ПЕРИОД ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СССР И РОССИИ НА ТЕРРИТОРИИ АНТАРКТИДЫ МОЖНО РАЗДЕЛИТЬ НА ТРИ ЭТАПА.

### ПЕРВЫЙ ЭТАП: 1955–1969 ГОДЫ, РЕКОГНОСЦИРОВОЧНЫЙ

Тринадцать советских антарктических экспедиций выявили основные закономерности и черты географического, геологического, климатического, гляциологического, океанографического и биологического строения и режима шестого континента и омывающих его морей. Были созданы круглогодичные станции: Мирный (1956 г.), Оазис (1956–1959 гг.), Пионерская (1956–1959 гг.), Комсомольская (1957–1959 гг.), Восток (1957 г.), Советская (1958–1959 гг.), Молодежная (1963–1999 гг.), Лазарев (1959–1961 гг.), Новолазаревская (1961 г.) и Беллинсгаузен (1968 г.), а также сезонная полевая база Полюс недоступности (декабрь 1958 г.).

### ВТОРОЙ ЭТАП: 1970–91 ГОДЫ, РЕСУРСНО-РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫЙ

Второй этап — самый активный и результативный — был посвящен изучению и освоению ресурсного потенциала Антарктиды. Советские инженеры и ученые работали по двум основным направлениям: рыболовный промысел и геофизическая разведка ресурсов недр.

В этот период список полярных станций СССР дополнился двумя станциями в тихоокеанском секторе Антарктики — Ленинградская и Русская — и еще одной в индоокеанском секторе — Прогресс. В результате Советский союз имел пункты наблюдений по всему периметру шестого континента, во всех его ландшафтных комплексах.

Учеными и инженерами были созданы специальные суда, ракетные комплексы зондирования атмосферы, аппаратура для приема информации с искусственных спутников Земли и другие инновационные для того времени устройства. Они научились бурить глубокие скважины в ледниках, собирали базы биоразнообразия морских обитателей, изучили особенности восполнения морских биоресурсов. Научились строить полярные метеостанции и аэродромы.

Одна из последних экспедиций СССР — 34-я Советская Антарктическая (САЭ) — побил рекорды по численности: 337 человек зимовочного состава, 600 — сезонного.

Результаты работы СССР в Антарктиде позволили стране наряду с США активно участвовать в разработке Договора об Антарктиде.

### ТРЕТИЙ ЭТАП: 1992 ГОД — НАШЕ ВРЕМЯ, СОВРЕМЕННЫЙ.

Его начало совпадает с распадом СССР. Однако история САЭ перетекла в историю Российской Антарктической экспедиции (РАЭ) почти без перерыва. Сначала на уровне «минимальных параметров» — это, в частности, 90 человек из числа зимовочного состава, 80 человек сезонного.

Затем, с 2005 года — на уровне «оптимальных параметров», например, зимовочный состав увеличился до 110, сезонный — до 120 человек с пятью круглогодичными и пятью сезонными станциями (Дружная-4, Молодежная, Союз, Ленинградская и Русская). **ЭН**

## Г О Н К К А

✍ Елена Хавина

## В Е К К А



Руаль Амундсен (сверху) и Роберт Скотт (снизу) в снаряжении экспедиции на Южный полюс

История географических открытий увлекает мальчишек и девчонок по всему миру не меньше, чем романы Дюма и Сабатини. В ней также есть драма, приключения, проявления отваги и мужества, только в отличие от книг про д'Артаньяна и капитана Блада она состоит из сюжетов реальных, в которых участвовали и умирали настоящие люди. Мы расскажем ниже о самой яркой гонке в истории освоения Земли — гонке за достижение Южного полюса.

### ЭПОХА АВАНТЮРИЗМА

Начало XX века — время двух великих состязаний: за покорение Северного и Южного полюсов. В ту эпоху достичь первым этих географических точек было вопросом национального престижа. Ученые, военные, путешественники и авантюристы искали деньги и снаряжали корабли, чтобы оказаться первопроходцами.

Сначала был «побежден» Северный полюс. В 1908 году американец Фредерик Кук заявил, что достиг полюса на собачьих упряжках в сопровождении двух эскимосов. Словам Кука не поверили, и годом позже его соотечественник Роберт Пири повторил его резуль-

тат в сопровождении афроамериканца Мэтью Хенсона и четырех эскимосов. Эта новость также была встречена сообществом с недоверием, тем не менее сейчас первооткрывателями признаются оба путешественника.

Так или иначе, после экспедиций Кука и Пири на планете остался один непокоренный полюс недоступности — Южный. Ожидалось, что борьба за него будет идти между США и Великобританией, но американские полярники сосредоточились на Арктике, а соперником британца Роберта Скотта неожиданно стал норвежец Руаль Амундсен. В итоге последний и оказался «победителем».

### ПЛАНЫ ИЗМЕНИЛИСЬ

К началу экспедиции на Южный полюс Руаль Амундсен уже был опытным полярником. В 1897–1899 гг. он в составе команды корабля «Бельжика» пережил полярную ночь в Антарктиде, где спас экипаж от цинги, переведя всех с привезенного провианта на свежее тюленья мясо. В 1909 году Руаль активно готовился к экспедиции на Северный полюс, и когда Кук и Пири объявили о своих успехах, Амундсен тайно поменял маршрут и направился в Антарктиду — быть вторым на полюсе он не хотел, да и команда была готова.

Амундсен внимательно готовился к предприятию. Для хождения по морю

он приобрел легендарный корабль «Фрам», построенный и использовавшийся для экспедиции Фритьофа Нансена из Берингова пролива в Атлантику через Северный полюс. «Фрам» был небольшим и надежным кораблем с толстой обшивкой, уже доказавшим свою прочность и пригодность для хождения в полярных районах. Амундсен не доверял достижениям научно-технического прогресса. Вместо этого он полагался на опыт народов севера, привыкших выживать в холоде — в экспедиции использовались эскимосские меховые одежды и ездовые собаки. Кроме того, большое внимание норвежец уделял питанию — помог опыт, полученный на «Бельжике».

В «штурмовую группу», покорившую полюс, входили крепкие, сильные мужчины, хорошо ходившие на лыжах и умевшие управляться с собачьей упряжкой. Каждый из них знал план экспедиции, свою роль в процессе. Выбранная стратегия, маршрут, правильно выстроенная работа команды и подходящая экипировка стали ключом к триумфу Амундсена.

## АНГЛИЙСКОЕ БЛАГОРОДСТВО

В отличие от норвежца, англичанин Роберт Скотт готовился к покорению Южного полюса без спешки и изначально планировал экспедицию именно в Антарктиду. В 1901–1904 гг. он уже был на южном континенте, тогда удалось достичь 82° ЮШ.

Роберт покинул Новую Зеландию и направился к Антарктиде в ноябре 1910 года. Для обеспечения экспедиции по покорению Южного полюса, а также проведения параллельно со штурмом исследовательских работ в Южном океане Скотт использовал барк «Терра Нова». Корабль был крупнее «Фрама» в несколько раз, требовал большего экипажа, был на 20 метров длиннее и имел в 2 раза большее водоизмещение.

В экспедиции применялись современные технологии тех лет: самоходные машины и одежда из новых материалов. Помимо моторизованных саней, для путешествия по ледяному материке планировалось использовать пони и немного собак. Скотт был английским офицером и оставался им во всем — в команде царил четкая иерархия, все слушали приказы, а в экспедицию в первую очередь отправились джентльмены, а не «выживальщики».



## ГОНКА

Так или иначе, в январе 1911 года сперва Амундсен, и чуть позже Скотт подошли к берегам Антарктиды и высадились на берег в районе ледника Росса. Амундсен высадился в Китовой бухте, Скотт — на 96 км дальше от полюса, на мысе Эванс. Следующие несколько месяцев были потрачены на проверку снаряжения и установку лагерей с продовольствием ближе к полюсу. Эти палатки с провиантом были чем-то вроде спасательного круга для экспедиций — там можно было пополнить запасы еды и переждать холод на пути к полюсу или обратно.

20 октября 1911 года Амундсен стартовал с 82° ЮШ. Он вез с собой запас еды на 100 дней, чего хватило бы для возвращения к берегу даже без использования складов. Запас керосина также был в два-три раза больше необходимого. Группа из пяти человек ехала на четырех упряжках из 52 собак и лыжах. В пути слабых собак запланиро-

«Фрам» в 1910 г. на пути к Антарктиде. Roald Amundsen Fram Description: «Full sail ahead for Fram, going south, 1910». Photo: A. B. Wilse



«Терра Нова» в 1910 года. Фото Г. Понтинга. (c) Private collection of Bruce Parker, London, Ontario, Canada.





*Хельмер Ханссен и собаки во время экспедиции. Фото из архива Норвежского полярного института. Кстати, собаки такой породы «работают» в Антарктике и в наши дни*

вано убивали и использовали в качестве корма для здоровых наряду с вяленой рыбой и мясом тюленей. За это Амундсена потом часто обвиняли в «нечестной игре».

#### КСТАТИ

Чтобы упростить поиски складов с провиантом и повысить шансы выжить, команда Амундсена установила поперек маршрута к полюсу цепочки из двадцати пронумерованных флажков на расстоянии полумили друг от друга. При виде флажка сразу становилось понятно, где палатка. В экспедиции Скотта подобные меры не были приняты. Этот и другие просчеты привели к трагедии.

14 декабря в 15:00 экспедиция достигла Южного полюса. Следующие три дня ушли на обсервацию и подтверждение самого факта покорения Южного полюса — Амундсену очень не хотелось повторить судьбу экспедиций Кука и

Пири, которые не могли убедить сообщество в своем открытии из-за недостаточного числа и качества измерений. Убедившись в точности и достаточности измерений, Амундсен пометил место флажками, оставил палатку, а также записку для Скотта и отправился к берегу. В базовый лагерь экспедиция вернулась в полном составе без серьезных травм в 04:00 26 января 1912 г. с 11 собаками на двух нартах, через 99 дней после старта. 30 января экспедиция покинула Антарктиду.

#### ЧЕСТОЛЮБИВАЯ СМЕРТЬ

Группа Скотта стартовала 1 ноября на механизированных санях и пони. Первые сани утонули еще при разгрузке, вторые — сломались в первый день похода, третьи — на шестой день, далее груз везли на гужевой тяге. К началу подъема на ледник, 10 декабря у экспедиции все пони были уже мертвы.

Начался долгий мученический путь пешком к полюсу. Когда 14 декабря Амундсен делал первые обсервации на 90°ЮШ, Скотт еще не достиг 84 параллели. Путешествие осложнялось погодой и плохо подготовленным провиантом.

Экспедиция достигла полюса только 17 января 1912 года. Участники обнаружили палатку Амундсена — Пульхельм — с оставленной запиской и табличкой с датой покорения полюса месяцем раньше. Британцы поставили рядом свой флаг, сделали несколько фотографий и зарисовок и на следующий день отправились к берегу. 31 января группа добралась до первого склада, благодаря чему удалось усилить питание. 2 февраля двое участников экспедиции провалились в трещину: один отделался царапинами, второй — Эдгар Эванс — сильно ударился головой. Он скончался 17 февраля.



*Фото на фоне разворота — «На Южном полюсе». Слева направо: Амундсен, Хельмер Хансен, Сверре Хассель, Оскар Вистинг. Фотограф: Олаф Бьолан, декабрь 1911 года*

Последняя фотография команды Скотта — на Южном полюсе. Слева направо: Уотс, Бауэрс, Скотт, Уилсон и Эванс

15 марта пропал без вести Лоурен Отс. Он не мог продолжать путь из-за сильного обморожения ног, намеренно вышел из палатки и не вернулся. Участники экспедиции в дневниках называли это «поступком джентльмена». 21 марта команда остановилась в 18 км от ближайшего лагеря с провиантом, но из-за усилившейся метели продвинуться дальше не удалось. 29 марта Скотт сделал последнюю запись в дневнике.

Поисковая группа с корабля экспедиции нашла палатку только в ноябре 1912 года. Они обнаружили дневники участников экспедиции, из которых и стали известны все подробности трагедии. 23 января 1913 «Терра Нова» покинула воды Антарктики и начала путь домой.



### БЛАГОРОДСТВО НЕ СПАСАЕТ

7 марта 1912 года «Фрам» прибыл в Новую Зеландию, откуда на следующий день Амундсен отправил телеграммы, сообщающие о его достижении. 30 мая состоялось торжественное чествование его результата. Амундсен читал лекции по всему миру. Про свое путешествие он в итоге написал книгу.

Только 11 февраля 1913 года мир узнал о трагедии, случившейся с англичанами. Тогда же о произошедшем

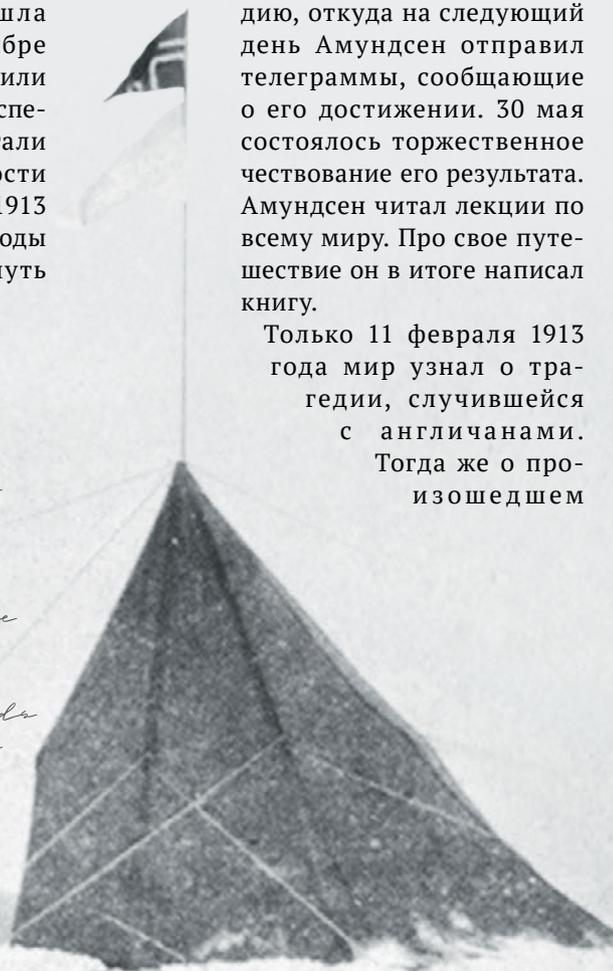
услышал и Амундсен. Хотя его популярность выросла после известий о гибели Скотта, он получал много упреков в свой адрес, в том числе и из-за того, как неблагородно в экспедиции обращались с собаками. Роберт Скотт, несмотря на поражение, стал национальным героем.

Случившееся много раз анализировали по дневникам и навигационным журналам. Результат всегда один: какими бы жестокими и грубыми ни казались методы Амундсена, именно его правило иметь всего с запасом и хорошо продуманный план работали отлично и позволили вернуться из Антарктиды живыми и стать победителями, тогда как джентльменский подход Скотта привел к трагическому поражению. **ЭН**

*Dear Captain Scott*

*As you probably are the first to reach this area after us I will ask you kindly to forward this letter to King Haakon VII If you can use any of the articles left in the tent please do not hesitate to do so With kind regards I wish you a safe return*

*Yours truly  
Roald Amundsen*



Слева — оригинал текста письма, оставленного Амундсеном Скотту на Южном полюсе

✍ Варвара Кравцова

# Полярное братство

На первый взгляд кажется, что времена туристических походов без кондиционеров и сотовой связи ушли без следа, уже не привлекает молодежь суровая романтика Севера — но это только на первый. Современные путешествия могут быть не только познавательными, но и созидательными — например, с целью сохранения природы. Представляем вам рассказ от первого лица об участии в экспедициях в далекую и суровую Арктику. Знакомьтесь — Алексей Гончаров, студент Физтех-школы радиотехники и компьютерных технологий, руководитель молодежной организации ШАНС.



## ОБЫЧНЫЙ МОСКОВСКИЙ ПАРЕНЬ

Мое знакомство с Арктикой началось в 2016 году — на первом курсе МФТИ. Я случайно попал в организацию «Зеленая Арктика» и стал участником волонтерской экспедиции на остров Белый (ЯНАО). В то время я мечтал о путешествиях в самые далекие и дикие уголки нашей страны — хотел увидеть первозданную природу, бескрайний и суровый океан, ощутить одинокий простор Севера. Но я даже не представлял, что меня ждет.

Кроме меня, в команде были одни «старички», которые уже несколько раз ездили в экспедиции. Планировалось, что мы ударными темпами завершим очистку острова Белый. Представьте, первокурсник, обычный московский парень попадает на необитаемый остров в Арктике, а рядом с ним полярный брат, который машет топором и таскает рюкзак размером больше себя.



Всего нас было двадцать человек и среди них преподаватель из Губкинского университета (PhD), писатель, боксёр из Воркуты, который играл на скрипке, два мастера спорта по боксу, парень из Израиля, бывший наш соотечественник и обязательное условие — два спасателя.

Были и совершенно необычные личности, путешественник Егор — мы с ним довольно хорошо дружим и сейчас — объездил мир автостопом. Он родом из Казани и учился в авиационном институте, потом работал в ИКЕА, и, как говорится: «В один день я сел в автобус и проехал остановку моей работы и поехал дальше на трассу. Поймал машину и уже через день был в Казахстане». Потом он оказался в Рязани и поехал в Индию — добирался около полгода, но это была далеко не конечная остановка, он двинулся дальше и в Мьянме познакомился с премьер-министром — совершенно случайно. Но у него была цель: найти себя в Индии, но пока проходил свой путь, нашёл себя в самом путешествии.

## **В Советском Союзе шел локомотив прогресса, не замечая ничего со стороны**

### **ПО-СПАРТАНСКИ**

Наша задача была проста и понятна: очистить остров от загрязнений советской эпохи. Как любил выражаться наш руководитель, «в Советском Союзе шел локомотив прогресса, не замечая ничего со стороны». Мы собирали и складировали промышленный мусор, а затем специальная техника увозила груз на берег — на переработку. Это тяжелая работа, и ей ранее никто не занимался. Но сейчас, благодаря волонтерским отрядам, остров полностью очистили от мусора.

Подобные экспедиции проходят каждый год в две-три смены по 20 человек. Конечная цель — подготовить острова Белый и Вилькицкого в Карском море для организации научно-исследовательских станций. Это довольно масштабный проект, в нем участвуют Ямало-Ненецкий автономный округ и Российский центр освоения Арктики.

До Салехарда из Москвы на самолете лететь недолго: около трех часов, затем перегружаемся в вертолет — и часов через 6–7 на месте. На острове — заброшенная военная часть, завод и гидрометеорологическая станция. В 1990-е все закрылось, кроме метеостанции, а производственный мусор остался. Остановились в казарме. Это деревянный барак с двумя буржуйками и кухней. В качестве удобств баня и самодельный туалет в пристройке. На Севере яму не выкапывают, как на даче, — ставится двухсотлитровая бочка, и самое страшное — менять этот картридж, обычно раз в две экспедиции. Здесь все равны — тянем соломинку. Баня была лучшим местом для согревания, но топили «по-черному» примерно через день из-за того, что погода очень переменчива, и ветер просто задувал дым обратно в баню.

### **ОБЕД ПО РАСПИСАНИЮ**

Экспедиции проходят летом, в это время температура для Арктики теплая, 2–3 градуса. Для работы нам предоставляли робу — черный комбинезон, который за два-три дня превращался в коричневый. У нас у всех было термобелье, и до этого я даже не представлял, как мужчина может носить колготки, но в Арктике все зашло!

В основном мы зачищали остатки: вечная мерзлота выдавливала старые фундаменты, и мы разбирали сваи, бревна метров пять длиной, толщиной сантиметров пятьдесят, добротная древесина. Распорядок дня был простой. Подъем проходил в 7:30 либо в 8:00 утра. Потом завтрак. И где-то в 9:00 мы «выходили в поле». Часа через полтора-два у нас был перерыв на чай с шоколадкой. 15 минут — и дальше работать. Потом обед, его готовил повар с метеостанции, а затем час отдыха и обратно в

поле. Через два часа долгожданная шоколадка и снова за работу до шести-семи часов вечера. Ужин, а дальше свободное время.

Некоторые ребята посвящали свое вечернее время тому, чтобы погулять по острову, посмотреть на медведей. У меня энтузиазм закончился на третий день, интересовал только сон.

### **ВЕЧНОСТЬ И МАЯК**

Остров в Арктике — это плавучая тундра, большая куча чернозёма, наводнённая водой — ходишь как по болоту, тине, можно и провалиться по щиколотку, поэтому передвигались по трапикам — деревянный настил. Мерзлота находится на глубине от полуметра — до полутора, а над ней плавучая тина.

Помимо волонтеров на острове живут только трое метеорологов, две собаки и куча белых медведей с моржами. Очень редко заплывала рыба на удочку, были мышки-полёвки, определённый вид, который по легенде сохранился ещё со времён динозавров.



Волонтеры Арктики.  
Фото Григория Покраса



*Трое на острове, не считая волонтеров. Фото Георгия Андреева*

Погода в Арктике очень переменчивая. Можно выйти с утра - светит солнце, через полчаса дождь, который сменяется снегом, затем снова солнце и опять дождь, а потом радуга в несколько кругов - радуга в радуге, и отражение в тундре. Самую большую радугу мы наблюдали со старого маяка, который стоял на острове Никитском, высотой метров 50, один из последних сохранившихся. Волонтеры его отремонтировали, подключили и сделали внутри небольшой музей. Представьте, на необитаемом острове в далекой Арктике светит старый маяк.

### **БЕЛЫЕ МЕДВЕДИ**

Медведи очень любопытные. Им все интересно. И к людям они подходят спокойно, не боятся. Если медведь где-нибудь найдет еду, то не уйдет из «хлебного» места. Ребята как-то раз зарыли гнилую капусту, медведи учуяли запах еды и потом целую неделю приходили за деликатесами.

Как-то мы ходили на прогулку в дальнюю точку острова, вдоль береговой линии, и не сразу заметили, что две наши собаки вдруг убежали куда-то вверх, а мы немножко расслабились и расплзлись — ходим, фотографируемся. И тут до нас дошло: собак нет, скорее всего, медведь!

Берег в этом месте был крутой, метра три-четыре над нами, а там тина, ничего не видно. И тут сверху, со склона летит медведь! У меня возникло ощущение, что на нас со всей скоростью несется квадроцикл. Мы все в единой боевой кучке кинулись на верхушку берега и видим — за медведем ныряет медведица. Это собаки согнали медвежонка с медведицей с нашего пути. И здесь необходимо помнить правило — ни в коем случае не вставать на пути хищника к воде. Медведь плохо видит, и у каждого волонтера есть две ракетницы, которые в данном случае необходимо зажечь и поднять над головой —

медведь думает, что это большое существо, и отступает. Но если встать между медведем и водой, то он просто снесет человека как препятствие к отступлению. Однако медведей, которые живут недалеко от людей, ракетницей не напугаешь. Я сам наблюдал, как медведицу хотели отпугнуть выстрелом — она просто подошла, загасила огонек лапой и пошла дальше.

### **ПОЛЯРНЫЙ БРАТ**

После первой экспедиции у меня перевернулось мировоззрение о том, что на самом деле есть Арктика. Я загорелся желанием вернуться и после третьего курса снова поехал, но уже на остров Вилькицкого! Это была совсем другая история: если в первой экспедиции меня называли «Ботаник» и как молодого студента ни во что не ставили, то во второй я уже был опытный боец — полярный брат — и славился тем, что хорошо умею топить печь. «Полярное братство» — это негласное общество полярников, которые побывали в экспедициях. Это необычайно тесная связь, с большинством я много общаюсь и сейчас, у нас схожие

интересы: мы все занимаемся Арктикой, и эти ребята готовы прийти на выручку в любое время.

### **ОСТРОВ ВИЛЬКИЦКОГО**

Во второй раз я поехал в Арктику в 2018 году на необитаемый остров Вилькицкого. Мы были практически в первых рядах - налаживали быт. На острове стояла небольшая бытовка, в которой раньше жили метеорологи. На вертолёте забрасывали сухие пайки и минимум простой еды, а буржуйку волонтеры привезли с собой.

Самые первые экспедиции на острове собирали бочки и мусор. А нам повезло - подкинули трактор. За тракториста был руководитель Российского центра освоения Арктики и нашей экспедиции - Андрей Умников. Главная задача нашей экспедиции - собирать и вывозить двухсотлитровые бочки. Для меня это было в новинку, потому что на Белом острове мы были в завершающих экспедициях и крупного мусора практически не осталось. Но здесь прилетаешь и тебе говорят: «Смотри, вот двухсотлитровая бочка, вот тебе волонтер в помощь, идём грузить!». Я говорю: «В смысле?» - а через два-три дня понятно! На двухсотлитровую бочку двух волонтеров достаточно. А если с песком, то четыре.

В какой-то момент у нас сложилась небольшая команда из тех ребят, которые уже были на этом острове. Нас было пятеро, и мы владели отработанной схемой вытаскивания бочки из песка. В распоряжении два троса - к сожалению разной длины. У трактора две дырки - слева и справа от ковша. На них накидывались крюки, а второй трос - как лассо. Два человека ломami отгибали



*За ягелем. Фото Георгия Андреева*

немного бочки, а затем два других набрасывали лассо на бочки и дальше трактор стягивал сразу две бочки. Снимаем крюки и петлю и дальше на тракторе грузим эту бочку по возможности вертикально. На ковш трактора мы приноровились ставить сразу две бочки. Складировали в зависимости от того, что это - если ГСМ (горюче-смазочные материалы) на одной площадке, а пустые и с песком на второй. И так мы очистили всю береговую линию, оставив высокие пирамидки из железных бочек.

### **ШАНС**

После возвращения у меня появилось желание поделиться своими эмоциями и рассказать физтехам об Арктике и волонтерском движении. Так появился наш студенческий штурмовой отряд «Шанс на Арктику». Сначала мы занимались волонтерскими проектами, а сейчас появились и образовательные: мы организовали курс лекций для студентов «Арктическая среда», примкнули к магистерским программам, провели Летнюю арктическую школу в Архангельске.

Конечно, у нас есть и амбициозные планы сделать «плавающий» университет - отправить студентов непосредственно в рейс на корабле на 35 суток в Арктику. Все упирается в финансирование, но мы ищем пути решения! **ЭН**



*Романтическая красота Арктики. Фото Георгия Андреева*

# ОТ МОДЕЛИРОВАНИЯ *борьбы с пандемией* К ПРАВАМ человека



О возможностях математических моделей и симуляции для прогнозирования различных последствий при изменении условий пандемии мы поговорили с Каримой Нигматулиной, профессором РАН, преподавателем Физтеха, занимавшейся моделированием распространения инфекционных заболеваний в команде Билла Гейтса.

## ГРАФ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ

Математическое моделирование в эпидемиологии начинается с моделей SIR (Susceptible, number of Infectious and Recovered). Они предполагают, что все между собой общаются, контактируют, и есть вероятность от каждого инфицированного человека Infectious/Infected заразить людей, которые находятся в категории Susceptible, то есть могут заразиться. Вероятность — это один из элементов, которые обязательно нужно учитывать при моделировании пандемий. Это важно, особенно на начальной стадии, когда идет рост и распространение заболевания, и на конечной стадии, когда идет угасание.

## Элемент, который базовые упрощенные модели не учитывают, — это то, что люди — не газовые молекулы

Элемент, который такие базовые упрощенные модели не учитывают, — это то, что люди — не газовые молекулы. Они не перемещаются, хаотично друг с другом сталкиваясь. Люди имеют структуру взаимоотношений. У нас есть семьи, есть место, где мы работаем, есть некий граф взаимоотношений между различными людьми. Можно создавать такие симуляционные модели, которые симулируют домохозяйства, места приложения труда, университеты. И каждого агента в этой симуляционной модели, как человека, привязывать к различным группам, где он взаимодействует и общается. Таким образом, второй элемент, о котором мы говорим, — это структуры взаимоотношений между различными людьми в модели.

И, конечно же, когда мы строим модели, нужно понимать, в каком масштабе мы рассматриваем наш вопрос. Если мы смотрим на динамику распространения заболевания в рамках нашей страны, то мы понимаем, что те люди, которые живут в Москве, не контактируют с жителями Иркутска. Но при переезде из одного города в другой люди могут перенести заболе-

вание. А параллельно с этим можно спуститься на уровень ниже и посмотреть, какая идет динамика распространения, например, внутри семьи. Невозможно построить одну модель, которая ответит на все вопросы, — нужно построить несколько уровней различных моделей.

Для каждой страны необходимо иметь в том числе базовую модель всей страны, которая может применяться для различных инфекционных заболеваний. Нужно иметь все необходимые данные по демографии, по тому, какова структура взаимоотношений внутри населения. Для всех инфекционных заболеваний самое главное — тот хребет, по которому идет распространение болезни. Это контакты между людьми. И, конечно же, необходимо сформировать достаточно детализированную модель социальных взаимоотношений в нашей стране. А уже на такую модель накладывать конкретные специфики каждого заболевания и смотреть на динамику распространения.

## РЕПРОДУКТИВНОЕ ЧИСЛО

Почему репродуктивное число — такое самое-самое удобное? Потому что оно очень интуитивное. Мы понимаем: «больше единицы — рост, меньше единицы — спад». Есть основное репродуктивное число, когда население с совершенно нулевым иммунитетом, оно говорит, сколько вторичных случаев от одного зараженного. Есть понятие «эффективное репродуктивное число», которое отражает данный момент времени, учитывая количество людей, которые уже имеют иммунитет против заболевания, учитывая те различные меры, которые предпринимаются.

Но даже знания эффективного репродуктивного числа недостаточно для того, чтобы описать всю динамику. Важно понимать количество больных, инфицированных и заразных людей, которые есть на сегодняшний момент. Сейчас количество инфицированных заразных людей 60 000 человек или 200 000 человек? Количество времени, необходимого для того, чтобы потихонечку прийти к нулю, варьирует в зависимости от того количества людей, которые заразны сейчас.

Для COVID-19 мы видим, что количество инфицированных людей, которые не имеют каких-либо симптомов, достаточно высоко. По различным оценкам, в наших моделях точное количество таких людей (заразных, но бессимптомных) не менее 20–30%, а может быть, и до 50%. Понимание количества людей, которые заразны, — это очень важный параметр, который необходимо выявлять за счет сбора данных диагностики.

Какие еще параметры важны с точки зрения моделирования? Достаточно важный параметр — это инкубационный период болезни. Это время от того момента, когда человек заразился, до того, когда он сам становится заразным. Я сравниваю с гриппом, могу сказать, что, например, в 1957–1958 году была вспышка гриппа, он назывался «азиатский грипп», где-то миллион человек погибли. В 1968–1969 году был «гонконгский грипп», от которого также погибли около миллиона человек.



→ Чем отличается коронавирус от гриппа? Тем, что инкубационный период у заболевания COVID-19 достаточно длинный. Это означает, что темпы где-то в два-три раза медленнее. Но это еще говорит о том, что мы не так быстро видим эффекты тех мер, которые предпринимаются государством. Математикам же не нужно строить одну гиперсложную модель. Есть некоторые конкретные задачи и конкретные вопросы, которые все задают. И на них можно искать ответы и решения. Например, вопрос, который задают главы всех регионов, всех субъектов: «В какой момент и какие меры мне необходимо внедрить в рамках моего города, моего региона для того, чтобы сократить вспышку заболеваемости? По каким критериям мне нужно определиться, что вот сейчас нужно закрыть или наоборот можно открыть рестораны, спортивные учреждения, фитнес-студии, торговые комплексы и так далее?». Это как раз то, над чем мы сейчас работаем, пытаемся этот набор мер и критериев состыковать.

### ПОЛЦАРСТВА ЗА ДАННЫЕ

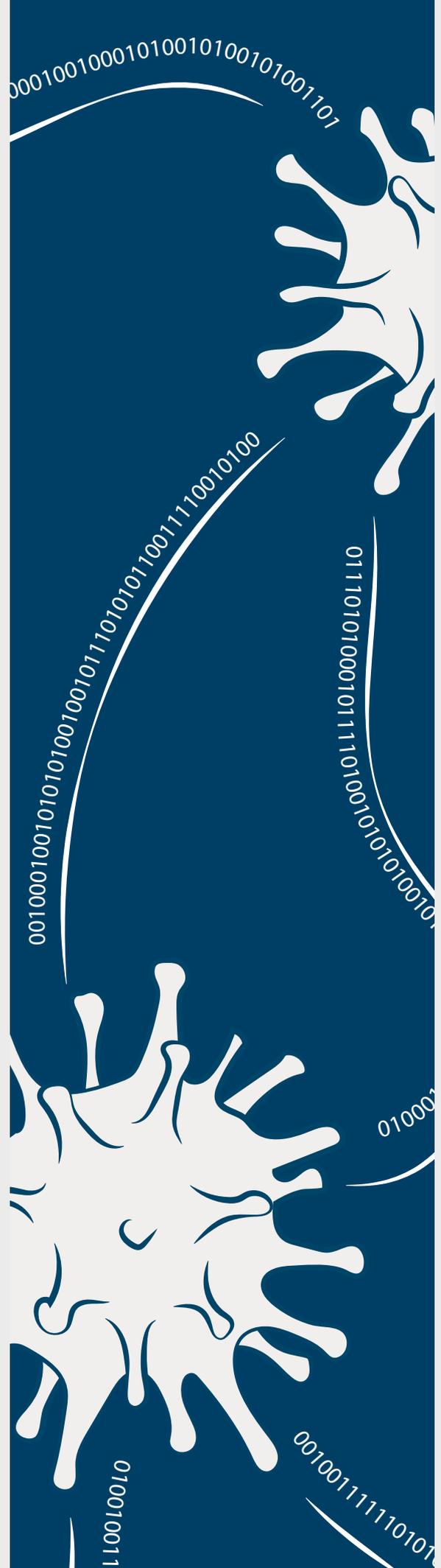
Математики всегда говорят: «Дайте нам данные!». Качество данных очень и очень важно. Это информация об инкубационном периоде, более точная информация об уровне смертности. В каждой стране форма записи о причине смерти разнится. Количество инфицированных людей — мы не знаем, какое оно. Для того, чтобы реально эту цифру оценить, нужно сразу же диагностировать всех. Собрать всю необходимую информацию — тоже организационно не очень простая задача, и не факт, что она является приоритетной.

Если есть больной человек, надо определить его контакты исторически. Есть такой термин в английском языке — contact tracing, и по механизму такого contact tracing нужно диагностировать хотя бы тех людей, с кем больной взаимодействовал, чтобы побольше все-таки понимать об уровне заболеваемости, который есть.

Элемент, который нас очень интересует в сфере самой болезни, — это вообще насколько мы как население разнообразны. Насколько важен фактор гетерогенности? Я имею в виду, с иммунологической точки зрения. Это то, что нам необходимо получать максимально оперативно от медицинского сообщества.

Параллельно с этим есть блок самой болезни, а есть еще «хребет», по которому идет распространение любого инфекционного заболевания, это взаимоотношения между людьми. Вот данные, которые требуются от блока демографов. Опять же, какие у нас домохозяйства? Где люди работают? Как они передвигаются? Здесь потенциально в будущем могут быть очень интересные возможности, потому что мы понимаем, что мобильные телефоны, которые есть у каждого человека, дают возможность собрать некое понимание того, какова мобильность населения внутри различных городов, какие структуры, какие ядра взаимоотношений формируются.

И важно понимать, что для моделирования инфекционных заболеваний совершенно не нужны персональные



данные. Нужны агрегированные статистические закономерности, которые мы можем выявить из этих больших данных. Уже на основании этого можно выстраивать модели.

### **ВЫБОР ЮЖНОЙ КОРЕИ**

Мне кажется, один из самых интересных опытов борьбы с пандемией показала Южная Корея. Я вообще как человек, склонный к технологическим решениям, очень впечатлена всем тем, что они делают. Южная Корея была одной из первых стран, где появились случаи COVID-19. Вначале у них рост тоже шел по экспоненте. А потом — хоп! И они выровнялись.

Что они делают? Они, по сути, используют мобильные телефоны для мониторинга людей: где те передвигаются, с кем общаются. Даже поменяли свое законодательство для того, чтобы вести такую работу в ситуациях пандемии. Если человек инфицирован, сразу же собирается весь исторический объем данных. Сразу же приходит смс-ка всем телефонам, которые пересекались с этим, в которой говорят: «Идите протестируйтесь, изолируйтесь!». И сразу же конкретно, сфокусировано дают список мер для тех людей, которые реально под риском. Они еще и рассматривают, что этот мобильный телефон находился в географии такой-то, зашел человек в такую-то

### **Для моделирования инфекционных заболеваний совершенно не нужны персональные данные**

аптеку, на такое-то место работы... И всем тем людям, которые приходили конкретно в эту аптеку, в эту точку, тоже приходят сообщения, где говорится: «Проверьтесь! Изолируйтесь!». Еще и на опережение говорится: «Не ходите туда, потому что сейчас это место нужно полностью дезинфицировать и обработать». Таким образом возможно ужесточить, с одной стороны, меры для тех людей, которые реально находятся

под риском, — а это намного более маленькая группа — и дать возможность тем, кто не инфицирован, вернуться в экономику и работать.

Но это вопрос этический: на что готовы все в такой сложной ситуации? Конечно же, персональные данные — это сугубо личное, есть законодательство, которое эту тему регулирует. Мы не хотим, чтобы кто-то знал, что мы делаем, где мы общаемся. Это наше приватное, важное, очень личное право. Вопрос, насколько можно этим правом пренебрегать в ситуации пандемии для того, чтобы обеспечить и низкий уровень смертности, и нормальное состояние экономики. В этом баланс и находится, как мне кажется, правильное решение, но оно точно требует каких-то компромиссов с каждой из сторон.

Мы видим, что разные страны по-разному выбирают то решение, которое для них актуально. Южная Корея пренебрегла этим правом человека на приватность, но мы знаем, что такие страны, как Швеция вообще не вводят особо никаких мер. А есть некоторые страны, которые терпят ущерб в экономике, закрывая все на достаточно большое количество времени. Это очень непростой вопрос.

### **ЗАДАЧА ДЛЯ ФИЗТЕХОВ**

Меня всегда интересовало построение таких моделей расчетов, которые дают пользу и хотя бы чуточку инсайта для тех людей, которые принимают непростые решения. Я с большим пиететом отношусь ко всем людям, которые находятся именно в позиции государства. Они должны взять мои две-три цифры — это две-три цифры из тех сотен факторов, на которые они смотрят, — и принять взвешенное решение.

Мое обязательство — максимально поставить себя на место всех тех людей, для кого я занимаюсь этой информацией. Нужно, чтобы я учла факторы, которые исходят из медицинского сообщества, чтобы я понимала те факторы, о которых думают экономисты, чтобы я учитывала те элементы, которые связаны с социологическими эффектами, с демографическими данными. Задача — во все это вникнуть, в этом разобраться. Мне в голову еще с детства мой отец вложил, что математики должны общаться с другими специалистами для того, чтобы понять суть вопроса.

Когда я окончила аспирантуру в Соединенных Штатах, я перешла в компанию, которая занималась созданием программного продукта для сферы инфекционного моделирования. Студенты, которые учатся в МФТИ, получают очень правильный профиль образования для того, чтобы создавать подобные инструменты и модели. Поэтому я с удовольствием найду ребят, которые заинтересованы и готовы подключиться для того, чтобы просчитать, провести моделирование. Я верю, что математики могут сделать много полезного для помощи лицам, принимающим решения.

Мне кажется, МФТИ мог бы стать таким центром компетенций, вокруг которого собирается междисциплинарное сообщество. Потому что очень важно взаимодействие с медицинским сообществом, очень важно — с экономическим. И всю информацию можно увязать за счет некоей системы моделей. Думаю, это возможно. **ЭН**

# Потепление в Арктике: какие задачи стоят перед учеными?

За 1880–2018 годы рост температур на планете в среднем составил 0,8 °С, или на 0,058 °С за десятилетие. Однако в России в целом климат «теплеет» в 2,5 раза быстрее среднемирового. А в Арктике только за последние 10 лет средние температуры поднялись на 0,75 °С — в десяток раз быстрее, чем в мире. Это означает, что там происходят изменения колоссальных масштабов. С одной стороны, через тающую поверхность вырывается метан, образуя целые фонтаны в море и новые озера на суше. С другой — северные земли быстро покрываются зеленью, там появляется больше жизни. Чтобы оценить объем и направление изменений, нужно систематическое и тщательное изучение происходящего. Справляется ли российская наука с этим вызовом?

✍ Александр Березин

## ТАЮЩАЯ ТУНДРА

Согласно ряду научных работ, арктическое потепление по своей природе заметно отличается от глобального и не связано с ним напрямую. В нашем полушарии постоянно существует высотный Северный полярный вихрь. По мере того, как потепление ослабляет разницу температур между экватором и полюсом, устойчивость вихря снижается, и воздух низких широт чаще проникает в высокие, «подогревая» Арктику. Другой важный региональный фактор: резкое падение отражательной способности морских льдов, площадь которых убывает, дополнительно ускоряя региональное потепление. Но какой бы ни была его природа, последствия этого процесса могут быть еще значимей и интереснее для науки.

Людей в Арктике немного, 4 миллиона, чуть более 1/2000 населения Земли. Однако потепление в ней может влиять на планету в целом. В мерзлотных грунтах северного полушария связано огромное количество органики. Следует помнить, что 2–3 миллиона лет назад на Новой Земле росли леса. То, что в регионах теплого климата быстро разлагают почвенные бактерии, здесь в основном сохранилось.

При оттаивании мерзлоты бактерии снова получают доступ к этой органике и, перерабатывая ее, смогут выделить в атмосферу до 1,5 триллионов тонн CO<sub>2</sub>. Всего в газовой оболочке Земли 3,2 триллиона тонн этого

## 3 метеостанции

**Росгидромета измеряют содержание CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> на всей территории российской Арктики**

Метеорологическая станция на побережье Северного Ледовитого океана, Кольский полуостров.

# 0,75 °C

**В Арктике за последние 10 лет средние температуры поднялись на 0,75 °C — в десяток раз быстрее, чем в мире**

газа, и человечество добавляет около 37 миллиардов тонн каждый год. По одним оценкам, до 2100 года таяние мерзлоты не окажет заметного воздействия на потепление. По другим — за тот же период северные земли могут выбросить в атмосферу до 650 миллиардов тонн CO<sub>2</sub> (на уровне совокупных антропогенных выбросов CO<sub>2</sub> от США за тот же период). Чтобы понять, так это или нет, нужны эмпирические данные из арктической зоны — например, регулярные замеры концентрации CO<sub>2</sub> в разных ее точках.

Увы, с этим есть проблемы. Спутникам на стандартных орбитах тяжело наблюдать приполярные зоны. В такой ситуации важнейшую роль должны играть наземные станции. Росгидромет имеет три арктические станции, регулярно измеряющие содержание CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> (Кольский полуостров, Ямал, Тикси), однако российская Арктика огромна, и этого для нее совершенно недостаточно.

Для сравнения: международная сеть станций измерения TCCON, развернутая в зарубежной Арктике, насчитывает десятки станций на сравнимой территории. Как комментирует ситуацию Александр Родин, заведующий лабораторией инфракрасной спектроскопии МФТИ, по сути, развернутой сети станций наблюдения у нас на сегодня нет, и ее создание — задача большой важности: «В России пока нет национальной программы по климату. К счастью, само отношение к вопросу начало меняться, но пока в какие-то федеральные программы не превратилось».

Между тем, по мнению ученого, наличие подобной национальной программы крайне важно: «Потеря компетенций в этой области для нас весьма опасна. Явления типа Греты Тунберг показывают, что сегодня в мире активно используют некомпетентное общественное мнение для продвижения своих интересов. И Россия на сегодняшний день здесь, к сожалению, беззащитна, потому что у нас нет своих национальных программ, национальных компетенций в области изучения ситуации с климатом, которые могли бы противостоять мнениям извне и продвигать свою климатическую повестку в соответствии с нашими национальными интересами».

При этом в России есть собственные высокоэффективные средства измерения содержания парниковых газов. Несколько лет назад в МФТИ был разработан гетеро-

## **МЕТАНГИДРАТНАЯ КАТАСТРОФА**

Углекислый газ — не единственная «длинная рука» Арктики, с помощью которой она может повлиять на климат всей планеты. Возможно, еще более важен метан. Исторически при сильных оледенениях его концентрация падала до 0,35 частей на миллион (ppm), в доиндустриальное время составляла 0,7 частей на миллион, а сейчас в Арктике, по западным данным, — 1,9 ppm.

Иными словами, мы живем в эпоху быстрого роста концентрации второго по важности среди неконденсирующихся в нормальных условиях парниковых газов. Причин роста две: таяние метангидратов на морском дне шельфовых морей Арктики и проявления криовулканизма на суше.

Из-за этого в западном научном сообществе постоянно всплывает тема «гипотезы метангидратного ружья». Согласно ей, идущее потеп-

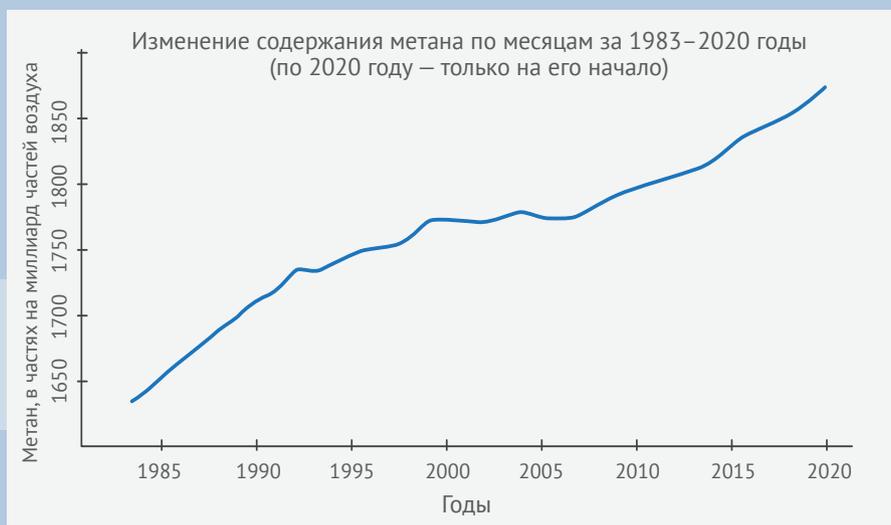


*Гетеродинный спектрометр сверхвысокого разрешения, разработанный в МФТИ*

динный спектрометр сверхвысокого разрешения (Александр Родин был среди его создателей). На сегодня его спектральное разрешение (~10<sup>8</sup>) — самое высокое среди существующих в мире, к тому же он заметно компактнее и дешевле западных аналогов.

пление спровоцирует крайне быстрое таяние метангидратов арктического шельфа и повысит концентрацию метана в атмосфере до такой степени, что потепление будет самоускоряться намного быстрее, чем это предсказывают прогнозы МГЭИК.





*Хорошо видно, что концентрация метана в воздухе Земли растет, а с учетом того, что он поглощает ИК-излучение много эффективнее CO<sub>2</sub>, влияние его прироста на климат весьма ощутимо. Источник: esrl.noaa.gov*

Игорь Мохов, научный руководитель Института физики атмосферы имени А. М. Обухова РАН и профессор МФТИ, отмечает, что на сегодня такие оценки трудно назвать вполне обоснованными. Конечно, если экстраполировать локальные всплески концентрации метана на все арктические территории, то можно получить и очень большие оценки.

Однако, по мнению российских научных групп, выбросы метана в Арктике на протяжении всего XXI века могут усилить парниковый эффект лишь

Тем не менее важность метанового фактора не стоит недооценивать. Как отмечает профессор Мохов, именно благодаря таянию метангидратов и выбросам метана на суше к концу XXI века Россия может стать из нетто-поглотителя CO<sub>2</sub> нетто-эмитентом этого газа. Сейчас, не учитывая антропогенные выбросы, наша страна за счет лесов поглощает больше парниковых газов, чем выбрасывает, но из-за таяния в Арктике к концу века все станет наоборот. Это важно, потому что на основании баланса по выбросам парниковых газов в наше время оцениваются углеродные квоты, которые служат предметом торга между странами: те, у кого есть «лишние» квоты, продают их тем, у кого их нет. Со временем значимость подобных квот может сильно вырасти.

#### КАК УЧЕСТЬ МИНУСЫ?

Фото изможденных белых медведей часто используют как иллюстрацию катастрофических последствий глобального потепления. Но есть нюанс: на самом деле мы не знаем, уменьшается их численность или же растет. По подавляющему большинству их популяций в мире мониторинг численности не ведется, и такая же ситуация — в нашей стране.

Еще один вопрос — северные олени. Теплые зимы приносят в Арктику больше снега, подтаива-

ния создают наст, который может вести к падежу этих животных, а их разведение — основной вид деятельности коренных народов Севера. В то же время статистика утверждает, что оленей там уже 1,9 миллиона, в полтора раза больше, чем в 2000 году. На одном Ямале в 1927 году их было 20 тысяч, а сегодня 760 тысяч: ученые из-за этого бьют тревогу, потому что олени местами выели ягельник до земли. По логике, эти животные должны страдать от потепления, но по факту это не так. Было бы неплохо изучить вопрос в рамках единой исследовательской программы и решить, что делать, спасать оленей или сдерживать их безудержное размножение.

Есть также серьезные основания полагать, что происходящие изменения климата вовсе не обязательно фатальны для белых медведей. 115–130 тысяч лет назад, в последнее межледниковье море было на несколько метров выше нынешнего. Скандинавия была островом, а в Рейне и Темзе водились бегемоты. По генетическим данным, белые медведи как вид существуют сотни тысяч лет, то есть благополучно пережили период африканской живности на широте Англии и Германии.

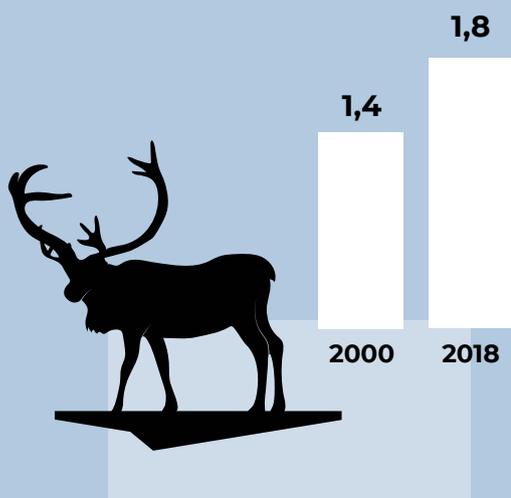
Возможной причиной этой живучести была большая устойчивость главной компоненты

# 6,62%

**С 2000 по 2017 год площадь листьев в нашей стране выросла на 6,62% (0,757 млн кв. км). Это седьмая часть всего мирового прироста**

очень умеренно. Дело в том, что метан и на шельфе, и на суше распределен весьма неравномерно — и поэтому местные локальные всплески не означают, что метан с такой же скоростью выбрасывается во всех высоких широтах. По предварительным оценкам, такой метан может поднять глобальные средние температуры к 2100 году менее чем на 0,1°C.

диеты белых медведей — кольчатых нерп. После ледниковых периодов их популяции были изолированы в Каспийском море, на Байкале и в Ладоге. Во всех этих районах они благополучно выжили, причем в южной части Каспия спокойно выводят детенышей не на льду, а на пляжах островов. Получается, кольчатые нерпы устойчивы к потеплению такой силы, которого в российской Арктике никогда не будет.



Выходит, и вымирание полярных медведей необязательно?

По сообщению «Роснефти», в 2020–2023 годах ее исследователи будут участвовать в четырехлетней программе изучения и подсчета белых медведей, моржей, белых чаек и диких северных оленей. Если такие наблюдения станут регулярными, они позволят понять, куда на самом деле движется ситуация.

### КАК УЧЕСТЬ ПЛЮСЫ?

У антропогенных процессов, вызвавших глобальное потепление, есть еще одна сторона: глобальное озеленение. Так называют надежно фиксируемое разными научными группами увеличение листовой поверхности на земной суше. Это следствие распространения растительности, толкаемого, в

первую очередь, ростом концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере (растениям он нужен для развития) и, во вторую очередь, ростом температур в холодных зонах мира.

Как это влияет на Арктику, можно примерно представить по американским исследованиям этой темы. По спутниковым снимкам 2002–2014 годов, в северной части Аляски площадь листьев увеличивается на 1% в год, причем в сухих местах роста почти нет, а во влажных он в два и более раз быстрее. Озеленение там идет пропорционально количеству дней с температурой выше нуля: их становится на 1,79 суток больше каждый год.

Благодаря западным работам мы знаем, насколько глобальное озеленение затронуло Россию в целом. Только в 2000–2017 годах площадь листьев в нашей стране выросла на 6,62% (0,757 миллиона квадратных километров). Это очень большие цифры: в мире за то же время этот показатель вырос на 5,3 миллиона квадратных километров, то есть седьмая часть всего прироста пришлось на нашу страну.

В прессе часто отмечается гипотетическое негативное влияние глобального потепления на земную растительность. Базо-

вые предпосылки, на основании которых «зеленые» активисты призывают бороться с глобальным потеплением, могут быть не вполне верны. По современным данным, в сценарии с ростом выбросов  $\text{CO}_2$  (сценарий RCP 8.5) к концу XXI века биомасса на планете может вырасти на 50% от значений конца прошлого века. Если выбросы  $\text{CO}_2$  будут вскоре ограничены, а затем и пойдут на убыль (RCP 4.5), то рост биомассы ограничится 31%.

Подведем итоги. На сегодня Арктика, в том числе и российская, — область самого быстрого изменения климата на планете. И задача ученых по изучению последствий потепления здесь пока только в самом начале своего выполнения. Александр Родин резюмирует: «Именно на территории России изменение климата сейчас идет быстрее, чем где-то еще в мире, при этом наши научные компетенции в области его изучения явно недостаточны по сравнению с зарубежными научными группами. Мы здесь становимся очень уязвимы, зависимы от их видения этого вопроса и не имеем возможности ему что-то противопоставить». **ЭН**

Озеро на Аляске



✍ Анна Чуносова

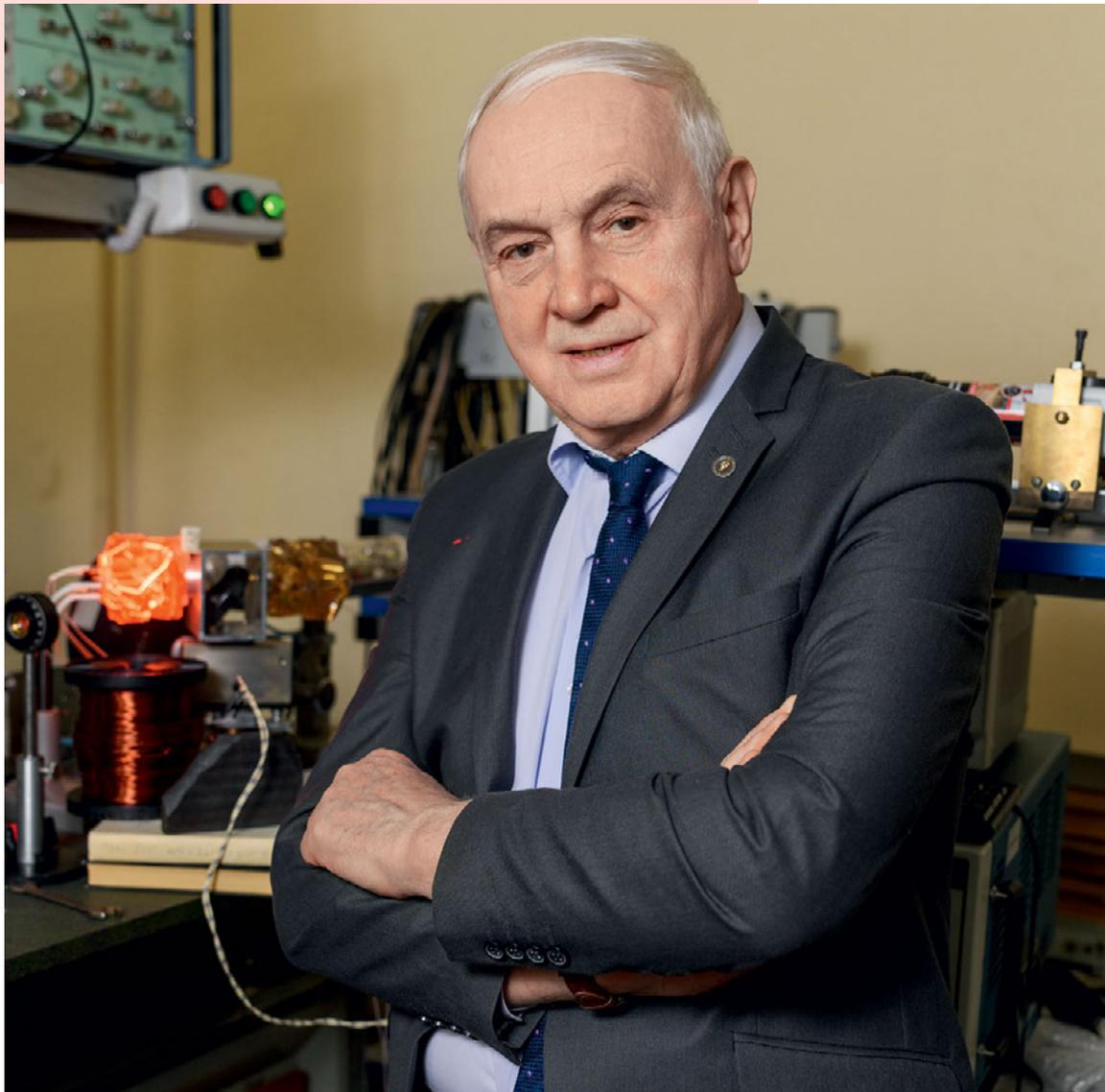
📷 Андрей Змеев

# ЧЕТЫРЕХ- ЧАСТОТНЫЙ ГИРОСКОП:

## на шаг ближе к Арктике

Лаборатория лазерных навигационных систем как отдельная структура появилась на Физтехе относительно недавно — пару лет назад, хотя исследования в этой области кафедра квантовой электроники проводила с начала 90-х. За неполные тридцать лет команда заведующего лабораторией Алексея Фомичева приобрела хорошую репутацию: их изобретения стоят на борту сорока российских самолетов. Сейчас же сотрудники лаборатории работают над системой навигации для арктических регионов.





Руководитель  
лаборатории  
Алексей  
Фомичев

## → ОТ МЕХАНИКИ К ЛАЗЕРАМ

«Почему лазеры, почему навигация? Потому что считается, что уровень развития страны определяется тем, какого качества у нее есть навигационные системы, как ни странно это звучит», — так отвечает Алексей Фомичев на вопрос о предпосылках создания и основания лаборатории. Речь идет о точном вычислении местоположения чего угодно. Легко ориентироваться, стоя на твердой поверхности; но стоит подняться в воздух, как земля улетает со скоростью 700 км/ч. Мы оказываемся в абсолютном пространстве, где важно точно знать свои координаты. Поэтому самолеты, ракеты и корабли нуждаются в качественных навигационных системах.

В 1990 году сотрудники и выпускники МФТИ основали «ЛАЗЕКС» — предприятие для исследования и разработки навигационных систем на основе лазерных гироскопов. Работа фирмы началась с первых лазерных систем по заказу «Аэрофлота», когда в большинстве самолетов использовали приборы на

основе механических гироскопов. Они были не просто неточными, но и очень ненадежными. Так, среднее «время жизни» той навигационной системы равнялось всего 170 часам: пять раз слетать из Норвегии в Японию и обратно. Такое маленькое время работоспособности оборудования приемлемо в военных самолетах или в ракетах — дольше и не нужно. Гражданская же техника должна работать десятки тысяч часов без нареканий.

Уже в 95-м команда Фомичева оборудовала лазерными навигационными системами грузовые самолеты ИЛ-76. Первые «лазеры» по надежности не сильно отличались от механических предшественников, но спустя время сотрудники «ЛАЗЕКСа» добились десяти тысяч часов работы прибора. «Есть у нас лазерный гироскоп, который работает 10 тысяч часов и больше... Сейчас на Кубе летают самолеты с нашей навигацией уже по 17–18 тысяч часов. Механические системы столько “не живут”», — комментирует Алексей Фомичев.

## КУРС НА АРКТИКУ

Два года назад завлабораторией и его сотрудники получили государственное задание на разработку высокоточного датчика для полетов в арктические регионы. «Вертолеты России» ожидают новую навигационную систему к 2022–2023 году. Алексей Фомичев признает, что времени мало.

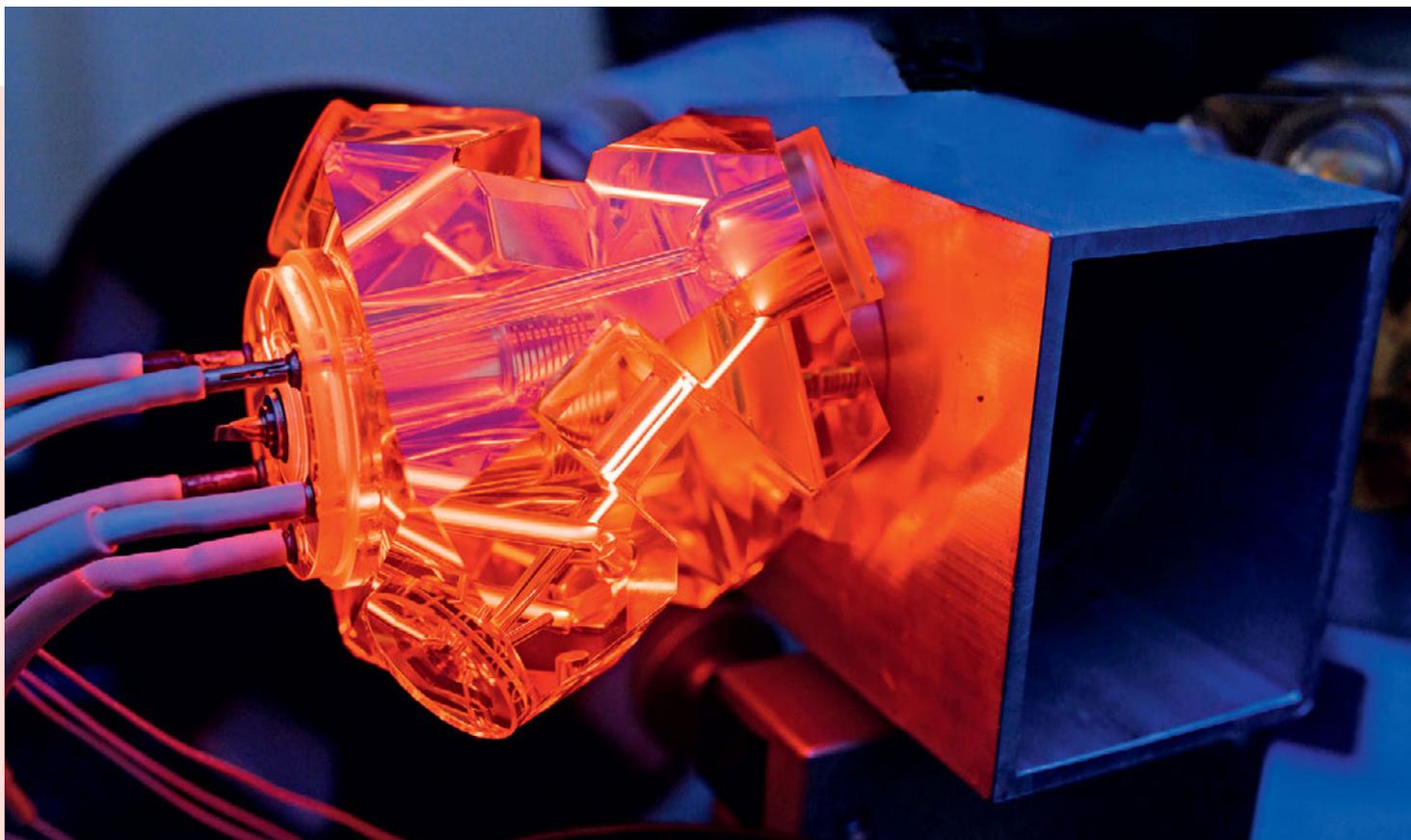
Навигация в Арктике сопряжена с проблемами, которых не возникает в остальных регионах. Туман, ветер, минус 50 за окном, а полярная станция одна в радиусе 300 километров — если пролететь мимо, горячего на обратный путь может не хватить. Пилот в Арктике окружен белым безмолвием. Вероятность найти дорогу без высокоточной навигационной системы самостоятельно стремится к нулю.

В таких условиях нужен точный и долговечный прибор, и лазерный гироскоп кажется подходящей «начинкой» для системы. Обычные лазерные гироскопы работают на основе эффекта Саньяка: изменение угловой скорости вращения пропорционально сдвигу по фазе встречных электромагнитных волн в кольцевом интерферометре. Но когда вертолет летит в арктических широтах, он находится в непосредственной близости от магнитного полюса, где магнитные поля меняются быстро и непредсказуемо. Поэтому из-за действия эффектов Фарадея и Зеемана у стандартных приборов возникает большая

погрешность в определении углов курса. Точность ухудшается в несколько раз.

Разрабатываемый лабораторией четырехчастотный лазерный гироскоп призван избавить датчик от ошибок, вызванных магнитными полями. Вместо двух стандартных волн в нем распространяются волны на четырех разных частотах: две с левой круговой поляризацией и две — с правой. На волны левой и правой поляризации магнитное поле действует ровно противоположно, то есть абсолютное значение погрешности одинаково, но отличается знак. Поэтому после усреднения сигналов магнитная составляющая обнуляется.

Хотя сам четырехчастотный гироскоп уже сконструировали, просто поставить его в самолет и полететь в Арктику не получится. Перед тем, как прототип на основе новых физических принципов станет прибором, его надо тщательно исследовать и разработать подходящее компьютерное обеспечение. Нужна цифровая электроника, чтобы вычислять координаты по показаниям гироскопов и акселерометров. «Поэтому мы рассчитываем изучить работу нашего гироскопа на стенде. Далее будем с промышленными партнерами совместно производить прототипы таких приборов», — планирует Алексей Фомичев. →



### → ТЕСТ-ДРАЙВ ГИРОСКОПА

В лаборатории не только проектируют, строят и исследуют датчики, но и пишут программы для преобразования результатов измерений в понятный человеку вид. Сотрудники могут собрать систему навигации от и до, остается только поставить в самолет. Ограничение техническое: чтобы качественно производить датчики сотнями штук, нужно оптимизировать процессы, необходимы специальные заводы. Такие фабрики в России есть. Роль лаборатории лазерных навигационных систем пионерная — сделать прототип, пройти испытания. После этого можно запускать производство в индустриальном масштабе.



Испытания нового датчика — как раз следующий пункт в чек-листе ученых. В декабре лаборатория получила от Физтеха высокоточный имитатор движения. Этот стенд калибрует ошибки во вращении гироскопов, запоминает их реальные, а не идеальные теоретические характеристики. В результате система обучается разным условиям эксплуатации.

Одного гироскопа для испытаний в имитаторе движения недостаточно, потому что он измеряет угловую скорость вращения только по одной координате. Минимум два, а лучше три гироскопа становятся рабочим прибором только в комплекте с электроникой, которая по показаниям гироскопов вычисляет координаты. Калибровка такой сложной системы раньше занимала две недели. С появлением нового стенда можно уложиться в сутки.

## КОМАНДА

В лаборатории сотрудников немного — дюжина человек. У каждого своя задача. Алексей Фомичев помогает всем быть в курсе работы друг друга: если человек не понимает общей цели, вряд ли он правильно представляет себе конечный результат. Завлаб задает направление исследований и продумывает основные идеи. Ему и принадлежит идея четырехчастотного гироскопа.

В лаборатории работают аспиранты, несколько преподавателей, два доцента — пока все физтехи. Штат будет расширяться: планируется взять в аспирантуру ребят и из МАИ. В приоритете молодые физики, которые продолжают исследования в лаборатории.

Сам Алексей Фомичев окончил аспирантуру на кафедре квантовой электроники. После выпуска работал в «Полюсе» — базовом НИИ кафедры, а в 1975 году вернулся в МФТИ. В 90-м защитил докторскую диссертацию, основал «ЛАЗЕКС», в 94-м получил звание профессора. Сейчас он руководит лабораторией, «ЛАЗЕКСом» и работает заместителем руководителя кафедры квантовой электроники. **эн**





# Шельфовая полка с ресурсами

*✍* Александр Березин

В российской части Арктики сосредоточена четверть отечественных запасов нефти и газового конденсата, а также около 70% запасов газа. К середине 2030-х годов на арктическом шельфе планируется добывать около 30 млн тонн нефти.

## ОПОРА ДЛЯ НОГ

Лаборатория морских инженерно-геофизических исследований континентального шельфа МФТИ — довольно молодая структура, организованная только в прошлом году.

Основные задачи этого подразделения — научное обеспечение освоения месторождений на

шельфе Северного Ледовитого океана и подготовка инфраструктуры для такого освоения. Дело это часто неподъемное без серьезных научных исследований.

Главный тип буровой на морском шельфе сегодня — это так называемая самоподъемная буровая платформа. Ее основа — полый и плавучий металлический пон-

тон, окруженный «ногами», опирающимися на грунт. Длина ног регулируется, а сами они могут или погружаться в грунт, если он достаточно прочен для этого, или опираться на «подшвы» большой площади, или прикрепляться к специальным фиксирующим донным конструкциям. Но платформа выходит с завода уже готовой, и поэтому нужно заранее четко знать, какой именно метод крепления ног она сможет использовать на месте бурения. К сожалению, часто понять это бывает очень трудно, особенно на шельфе арктических морей, где и опыта бурения меньше, и сами грунты часто резко отличаются друг от друга по своей прочности и структуре.

В обычных условиях, чтобы узнать параметры грунта, просто делают несколько разведочных бурений в районе будущей нефтедобычи и благодаря этому понимают, каков грунт и, соответственно, какими нужно делать самоподъемные буровые платформы. Увы, в условиях Арктики разведочное бурение — это слиш-



## ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Никита Дубиня**, заместитель заведующего лабораторией:

— Одна из ключевых проблем в подготовке инфраструктуры для шельфа — корректный расчет для буровых платформ. Это требует детального геофизического исследования верхних слоев донных отложений. И именно на это делается упор в деятельности лаборатории.

ком дорого и трудоемко, да и сезон такого бурения ограничен по времени.

Именно поэтому здесь нужны менее привычные способы, разработкой которых и занимается лаборатория. Чтобы получить максимальное количество данных о механических свойствах верхних слоев донных отложений, ее сотрудники создают специальные приборно-аппаратные комплексы ультразвукового исследования. Сперва пробу грунта забирают в море с помощью донных трубок, а уже затем исследуют ультразвуком, чтобы понять, насколько прочны местные донные отложения и какие «ноги» лучше всего подходят для этой части шельфа.

## БЫСТРАЯ ЭВАКУАЦИЯ

В Арктике рассчитывать буровые надо не только для того, чтобы правильно «поставить их на ноги». Вторая проблема, которую также обсчитывает лаборатория, — вопрос эвакуации. Когда близ буровой идет крупный айсберг, существует риск ее уничтожения. Однако платформы эти на то и самоподъемные. Никита Дубиня, заместитель заведующего лабораторией, отмечает: «Есть несущие конструкции, на которые платформа становится, и они зарываются в донные отложения. И есть возможность их вытащить и спасти буровую». Но сделать так, чтобы опоры могли быть быстро извлечены в случае опасности, непросто: если донные отложения будут

более вязкими, чем считали конструкторы, то эвакуация провалится, а сама буровая платформа может сильно пострадать. То есть в арктических условиях знать свойства морского дна еще важнее, чем при обычной добыче ресурсов на шельфе.

Чтобы выяснить все особенности, сотрудники лаборатории не только используют ультразвуковое исследование образцов донных отложений, но и фиксируют сам процесс. Забор бурильной донной трубкой неизбежно протекает с разной скоростью. Там, где его условная жесткость выше средней, трубка идет в глубину медленнее, и наоборот. Часто выводы из этой части исследования по важности сравнимы с результатами собственно ультразвукового исследования.

Просто понять свойства грунта — это еще далеко не все. Чтобы эти данные принесли практический результат, ученые проводят на основе своих исследований еще и численное моделирование того, как именно опора платформы будет погружаться в грунт при заданных условиях. Большую

роль тут играет не только режим погружения, но и сам выбор места: если ультразвуковое исследование образцов покажет, что в той или иной точке дна высоко содержание скальных пород, то место для платформы выберут чуть в стороне.

## КСТАТИ

Лаборатория морских инженерно-геофизических исследований континентального шельфа создана в 2019 году в рамках Программы 5-100 совместно с Институтом физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН. Руководителем лаборатории является член-корреспондент РАН Сергей Тихоцкий.

Чтобы получить образцы и информацию по процессу их забора, сотрудники лаборатории летом отправляются в экспедиции в Арктику. Следующим таким сезоном должно стать нынешнее лето, если, конечно, перипетии коронавирусного года не вмешаются в расчеты. **ЭН**



Фото: Пресс-служба ЦАО «Газпром»



# Центр, которому сверху видно все

Северный морской путь впервые за долгое время привлек внимание иностранных транспортных компаний, для которых он выгоден, так как короче маршрута через Суэц. Однако многие боятся его непредсказуемости: несмотря на истончение ледового покрова из-за потепления, опасные айсберги могут пересекать торговый маршрут даже в летнее время года.

## ТРИ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ

В отличие от лабораторий, которые сами могут выбирать себе те или иные темы, Научно-технологический центр освещения обстановки создан только под конкретные проекты, которые закреплены за ним руководством. Как отмечает Александр Родин, исполнительный директор центра, основной для него проект сегодня так и называется — НИР «Освещение обстановки». Ключевое событие этого проекта — натурные испытания трех подсистем слежения за обстановкой в Арктике.

Первая из них отслеживает подводную сейсмику и гидроакустику, вторая — ведет ледовую разведку при помощи беспилотного летательного аппарата, оснащенного комплексом приборов, разработанных в МФТИ. Третья подсистема осуществляет

мониторинг околоземного космического пространства. Все эти три системы должны быть развернуты в виде экспериментальных образцов в Арктике. Кроме них, существует еще и информационная подсистема верхнего уровня, которая обеспечивает автономную спутниковую связь в арктических условиях, а также прием данных и отображение их в информационно-аналитическом центре МФТИ.

Подсистема, исследующая подводную среду, включает сейсмические и акустические датчики, гидрофоны и геофоны, разработанные в МФТИ. Важную роль в их создании сыграл задел кафедры молекулярной электроники Физтеха, давно создававшей миниатюрные датчики с использованием ряда нестандартных технологий. Например, неко-

торые из датчиков, используемых центром, получают питание не по проводам, а с помощью энергетического оптического канала. Питающий лазер по оптоволокну подает световые импульсы в датчик, а тот с помощью принимающего фотоприемника преобразует эту энергию в электрическую.

Может показаться не совсем ясным, зачем усложнять давно известные технические решения. Но для датчика, который должен длительное время работать на морском дне, это оправданно. Дело в том, что способность обеспечить энергетикой электронной системы под водой без электрических потенциалов резко улучшает эксплуатационные характеристики системы. Практически любой электрический потенциал поблизости от металли-

ческих изделий в морской воде приводит к очень быстрой коррозии. А вот если питание идет без него, то рабочий ресурс датчика в море может возрасти многократно. По словам Александра Родина, за пределами МФТИ серийные подводные датчики такого рода не делают нигде в мире — то есть речь идет о заметном конкурентном преимуществе над аналогичными системами.

### БЕСПИЛОТНИК «ПОЛЯРНИК»

Другая важная подсистема, создаваемая в рамках проекта НИР «Освещение обстановки», — беспилотный вертолет «Полярник», способный наблюдать Арктику днем и ночью при помощи целого комплекса оборудования: оптического, инфракрасного и радиолокационного. Последнее в местных условиях очень важно: полгода там полярная ночь, а наблюдать в это время особенно критично — как для понимания ледовой обстановки, так и для решения целого ряда других задач.

Ресурс беспилотного летательного аппарата, который использует центр,

позволяет ему непрерывно летать более трех часов, что сравнимо с длительностью полета легкого пилотируемого вертолета типа Robinson. При этом беспилотник легче: взлетная масса — 320 килограммов (из них до 50 килограммов — приборы), и несет намного больше специализированных приборов наблюдения, в том числе тех, что хорошо «видят» ночью.

На этой же летающей платформе возможно размещение не только приборов слежения за ледовой обстановкой, но и совсем иных комплексов, разработанных в МФТИ. В частности, в лаборатории прикладной инфракрасной спектроскопии разработан дистанционный детектор метана, работающий на принципах лазерной спектроскопии. По словам Александра Родина, предусмотрена и возможность отслеживания с помощью детектора сипов метана — мест, где он активно «утекает» с морского дна, создавая области, сильно насыщенные пузырьками природного газа. «У нас есть и заказчики на эту работу, газодобывающие компании», — продолжает он. Коммерческих заказчиков, конечно, интересуют не столько морские сипы, сколько утечки на газопроводах, которые очень сложно обна-

### КСТАТИ

Некоторые из датчиков получают питание не по проводам, а с помощью энергетического оптического канала.

ружить до того, как они достигнут больших размеров.

Беспилотники как платформа для решения таких задач намного выгоднее традиционных решений. Одна летающая машина за 3,5 часа может облететь сотни километров трубопроводов, зарегистрировав утечку в любой их точке. Ясно, что разместить лазерные спектрометры высокого качества по всей длине газопровода будет много дороже.

На более дальнем горизонте научно-технологический центр планирует работать с крупными компаниями, специализирующимися на добыче полезных ископаемых и геологоразведке: создавать приборы для геологоразведки на базе БЛА, по параметрам близкого к «Полярнику». В этом случае для летающих платформ МФТИ откроются значительные перспективы не только над морем, но и над сушей — в поиске ископаемых ресурсов, которыми так богата Арктика. **ЭН**



### ПРЯМАЯ РЕЧЬ

**Александр Родин**, исполнительный директор Научно-технологического центра освещения обстановки:

— Наблюдательные средства нового беспилотника, созданные в МФТИ, работают в двух радиолокационных диапазонах, а также включают мультиспектральные камеры инфракрасного и видимого диапазонов. Основная задача, непосредственно поставленная нам госзаказом, — это оперативная ледовая разведка. В ее рамках требуется не только обнаружить ледовый покров и отдельные льдины и айсберги, но и классифицировать их, оценить их свойства, потенциальную опасность для судоходства. Опираясь на эти данные, капитаны судов и целых караванов смогут выбрать самый безопасный маршрут.



# Лучшие выпускники МФТИ — 2020

✍ Валерия Маслова, Елизавета Чернышева

Хотим познакомить вас с тремя молодыми физтехами, которые, хоть и оканчивают МФТИ в этом году, стали настоящими учеными задолго до этого момента. О том, как ребята выбирали вуз, сдавали экзамены, создавали собственные курсы, и, конечно, какие у них планы на будущее, рассказываем в нашем материале.



## ДАНИИЛ РАБИНОВИЧ

Даниил Рабинович — выпускник образовательной программы «Квантовые наноструктуры, материалы и устройства». На старших курсах он выполнил серию научных исследований магнитоэлектрических эффектов в сверхпроводящих системах, а во время обучения в магистратуре ЛФИ стал соавтором четырех публикаций в международных реферируемых журналах. Работы были выполнены по грантам РФФИ, РНФ и фонда «Базис».

**В школе я думал об индустриальной карьере, в институте понял, что хочу изучать именно физические явления и исследовать неизвестные направления**

## Знакомство с МФТИ

Про Физтех я впервые узнал от Владимира Войкова, выпускника института, который в старших классах школы готовил меня к олимпиадам. Именно он воспитал во мне любовь к исследованиям. А близко познакомился с МФТИ я на сборах к олимпиаде IJSO. Именно тогда решил, что буду здесь учиться. Я поступал по олимпиадам на ФРКТ, потому что в школе сильно увлекался радиоп физикой. Но уже после года учебы понял, что фундаментальная физика для меня интереснее, и со второго курса перевелся в ЛФИ.

Научная деятельность мне всегда казалась очень интересной, так как здесь ученые исследуют наиболее фундаментальные свойства природы. Хотя в школе я также думал об индустриальной карьере, в институте я понял, что я хочу изучать именно физические явления и исследовать неизвестные направления.

После всех лет обучения я хочу сказать, что Физтех — одно из лучших мест в России, отлично подходящее для тех, кто хочет построить карьеру в науке или индустрии.

## Про научные исследования и будущее сверхпроводников

Научной работой я занимаюсь уже четвертый год. Работу мы ведем вместе с моим научным руководителем Ириной Бобковой и нашей научной группой. Мы исследуем различные структуры в контакте со сверхпроводниками и изучаем в них магнитоэлектрические эффекты, которые обеспечивают связь между магнитной и электрической подсистемами.

На наш взгляд, у этой области большие перспективы как раз с точки зрения приложений: эти эффекты позволяют контролировать и измерять динамику намагниченности с помощью простых электрических методов. Например, в последней работе мы доказали, что в джозефсоновском переходе через связанные состояния топологического изолятора можно полностью восстановить динамику намагниченности, измерив на нем напряжение. Раньше такое детальное детектирование динамики магнитных неоднородностей было невозможно. Сейчас все потенциальные приложения остаются на уровне лаборатории, но мы видим перспективы использования таких эффектов, например, для создания сверхбыстрой памяти.

Наша работа финансируется из разных источников, в основном это гранты РФФИ, РНФ и фонда «Базис». Мы получили грант РФФИ на исследование магнитоэлектрических эффектов в структурах сверхпроводник / магнетик. Грант РНФ посвящен топологическим

изоляторам — как раз в рамках этого проекта мы и подготавливали работу по детектированию динамики намагниченности электрическими методами. А грант «Базиса» мы с научным руководителем получили по тематике эффектов в сверхпроводящей спинтронике, к которой и относятся потенциальные приложения наших результатов.

С результатами наших исследований я два раза выступал на конференции в МФТИ, трижды на международном симпозиуме в Нижнем Новгороде, на нескольких школах в России и во Франции, а также на конференции в Германии и семинаре в Финляндии. Последний запомнился больше всего. Мой доклад был посвящен не только моей работе по джозефсоновскому переходу через антиферромагнетик, но и вообще обзору эффектов в подобных структурах. Поэтому подготовка к нему была очень сложной, пришлось за неделю составить план семинара и разобраться в двух десятках статей. Получился один из самых интересных опытов.

### **Поговорим о любимом предмете и самом запомнившемся экзамене**

Любимым предметом для меня всегда была квантовая механика, потому что она очень сильно меняет подход к изучению физических явлений, по сравнению с тем, что происходит в классической физике. Меняются фундаментальные основы исследуемых явлений и, соответственно, целиком методология. В рамках физтеховских курсов я разобрался в ней не так хорошо, как хотелось, но понимание пришло дальше, во время работы.

А вот экзамен мне запомнился больше всего по оптике. Экзаменатору немного не понравился мой ответ, и он решил поставить 9 баллов из 10. В ответ на мое предложение задать вопрос на 10 он предложил сделку: он задает вопрос, я отвечаю правильно — ставит 10 баллов, не отвечаю — получаю 8. Мне задали вопрос, на который я дал несколько ответов, но это все было не то, что от меня хотел услышать экзаменатор. Его интересовал один конкретный эффект. И только в самый последний момент, когда он уже занес ручку над ведомостью, чтобы поставить мне 8, я понял, что речь шла об эффекте, который мы проходили еще в

## **Любимым предметом для меня всегда была квантовая механика, потому что она очень сильно меняет подход к изучению физических явлений**

прошлом семестре, в электричестве. В итоге экзаменатору пришлось ставить 10 баллов.

### **О знаменитой «Системе Физтеха»**

С первых курсов мы начали взаимодействовать с базовыми кафедрами, но, как мне кажется, мы тогда лишь поверхностно понимали, чем же именно люди на конкретных кафедрах занимаются. Это приводило к очень большим потокам людей с кафедры на кафедру в районе 3 курса. Только к этому моменту студенты начали понимать, где хотят специализироваться. На мой взгляд, сейчас в ЛФИ «Система Физтеха» работает намного лучше: первокурсники начинают работать со студентами старших курсов, которые знакомят их со своей научной деятельностью, и уже на этом этапе им предоставляется возможность решать задачи, очень близкие к настоящим научным вызовам. Появляется все больше число образовательных программ и кафедр, расположенных прямо на Физтехе. Студенты начинают теснее с ними взаимодействовать и пробовать себя в работе в лаборатории уже на младших курсах.

### **Планы на будущее**

Я планирую остаться в науке и поступить в аспирантуру Физтеха. А дальше думаю о работе в Норвегии — там находится одна из сильнейших научных групп в нашей тематике, но и сотрудничество с МФТИ завершать не планирую.

### **Несколько советов абитуриентам:**

- Как можно быстрее определиться, чем вы хотите заниматься: фундаментальная наука, приложения, работа в индустрии?
- Во время учебы попробовать себя в разных направлениях, чтобы к выпускному иметь перед собой сложившуюся картину того, где хотите продолжать.

### **МАРГАРИТА ЖИЛЬНИКОВА**

Маргарита Жильникова — выпускница кафедры лазерных систем и структурированных материалов. За время обучения Маргарита стала автором или соавтором пяти научных публикаций в высокоцитируемых журналах и автором главы в книге Gold Bulletin, участвовала в международных конференциях в России и за рубежом. Маргарита — участник гранта РФФИ «Стабильность» в рамках конкурса лучших проектов фундаментальных научных исследований, выполняемых ведущими молодежными коллективами.

### **Почему Физтех?**

С выбором я определилась далеко не сразу. К концу школы у меня уже было достаточно олимпиад для поступления, и я подала документы в три университета: МФТИ, МГУ и МИФИ. На мой выбор повлияли хорошие отзывы от студентов, которые окончили мою →



школу. А еще в нашем городе проводилась физматшкола, одним из преподавателей которой был Михаил Пенкин. Он очень красочно и подробно рассказал про жизнь и учебу на Физтехе.

#### **Эксперименты и научные публикации**

В конце третьего курса я побывала на конференции по лазерной физике, где меня заинтересовал доклад моей будущей научной руководительницы. Позже я уже стала работать в институте общей физики ИОФ РАН им. Прохорова и до сих пор являюсь его сотрудником, уже три года. Здесь я занимаюсь генерацией наночастиц золота методом лазерной абляции в ионных жидкостях. Работа в основном экспериментальная. Еще я сейчас работаю над научными публикациями. Индекс Хирша пока равен двум, но я намерена его увеличивать.

Ну и дополнительно я подрабатываю репетитором по физике, а в студенческие годы проверяла домашние работы ЗФТШ.

#### **О потребности быть полезной**

Хочется оставить хотя бы небольшой вклад после себя. Пока, конечно, неизвестно, к чему приведут меня такие стремления. Надеюсь, к успеху.

#### **Ученый должен быть спортивным**

Как дочь учителя физкультуры, всегда уважала физическую активность. Продолжаю бегать и сейчас, поддерживаю себя в форме, особенно в период самоизоляции. Также активно начала заниматься изучением английского языка, чтобы подтянуть уровень.

#### **О будущем**

Собираюсь в аспирантуру Физтеха, все еще хочу оставаться частью университета.

Одной из главных ступеней для меня является получение степени кандидата физико-математических наук. Возможно, останусь в РАН и продолжу заниматься научной деятельностью уже в качестве сотрудника.

#### **Несколько советов абитуриентам:**

- Не бойтесь совершать ошибки.
- Боритесь до конца.
- Не бойтесь трудностей.

#### **ЭДГАР КАЗИАХМЕДОВ**

Эдгар Казиахмедов — выпускник кафедры проблем передачи информации и анализа данных сетевой программы МФТИ и Сколковского института науки и технологий по направлению «Анализ данных». За время учебы на Физтехе Эдгар стал основателем курсов по микроконтроллерам STM32, а также вел курс по микросхемам программируемой логики FPGA и языку Verilog. Эти курсы преподаются уже три года в МФТИ и внедрены в учебный процесс.

А еще Эдгар стал обладателем Кубка Реверса 2019, призером международных студенческих соревнований по робототехнике Eurobot во Франции в составе команды Reset и автором нескольких научных публикаций.

#### **В МФТИ я попал неожиданно**

Поступление на Физтех произошло достаточно неожиданно для меня. В 11 классе одноклассница съездила на день открытых дверей МФТИ и привезла буклеты. В тот момент я узнал про институт и принялся читать про него везде, где только можно. Узнал, что здесь паяют и собирают прикольные штуки. Для меня это было очень близко, но до последнего момента я не мог определиться. Изначально я планировал поступать в Бауманку и уже подал туда документы, но знакомство с двумя абитуриентами Физтеха заставило меня переложить оригиналы на факультет ФРТК. В итоге оказался даже не на последнем месте в списках!

#### **Призерство международных студенческих соревнований по робототехнике**

На первом курсе магистратуры мне захотелось попробовать себя в чем-то связанном с робототехникой и железом. В итоге меня взяли в команду Сколтеха по робототехнике для участия в международном соревновании Eurobot. Сложно сказать, что помогло нам выиграть, но все говорили, что электроника в том году работала безотказно. Мы взяли первое место на российском этапе, обогнав команду Сбербанка, и второе место во Франции.

#### **Завоевание Кубка Реверса в 2019 году**

Мы держали первое место еще с заочного этапа, однако на очный вся команда поехать не смогла, остались только я и мой одноклассник Клим Киреев. И в первый же день мы немного отстали, потому что не умели пользоваться инструментарием для реверса. Мы по старой доброй физтеховской традиции решили зашарить все в последнюю ночь, и на следующий день уже поднялись обратно в топ. И победили!

## **Физтех — это место, где сконцентрировано огромное количество талантливых людей**

### **Как, будучи студентом, организовать собственный курс**

Мне написал студент ФРКТ Филипп Микоян и предложил вести курс по микроконтроллерам STM32. Он был очень заинтересован в образовательных студенческих инициативах и знал, что я достаточно хорошо разбираюсь в этой теме. На удивление, в институте нашлось немало желающих пройти курс и научиться собирать интересные и полезные девайсы. Первое время все шло медленно: собирали оборудование, лекции писались очно и в неудобном формате. Через год мы получили поддержку от Фонда целевого капитала МФТИ, организовали онлайн-лекции в хорошем качестве и выложили их на Youtube.

Мне кажется, что в курсах, организованных студентами, есть что-то отличное: слушатели чувствуют себя ближе к преподавателю, им проще с ним общаться. Я очень рад, что мне предоставилась возможность помочь своему факультету в таком плане. Позже, уже при организационной поддержке студента ФРКТ Владислава Молодцова, мы с моим однокурсником Виктором Прутьяновым создали курс по микросхемам программируемой логики FPGA и языку Verilog. В итоге оба курса попали в официальную учебную программу кафедры мультимедийных систем и телекоммуникаций МФТИ.

### **Любимый курс**

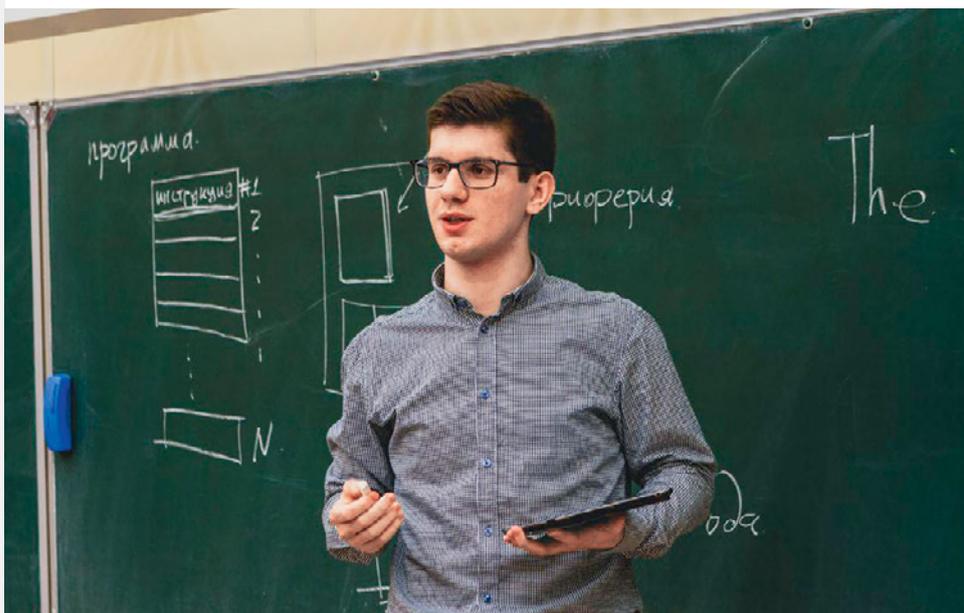
Пожалуй, из всех предметов мне больше всего нравились те, что были связаны с радиотехникой. На втором курсе предмет «Радиотехнические цепи и сигналы» вела бывшая студентка ФРКТ. Она была очень заинтересована этой темой сама, поэтому ей удавалось объяснять достаточно непростые вещи очень простым языком, и многие объяснения помнятся до сих пор.

Несмотря ни на что, всегда можно было подготовиться к экзамену по

матанализу за три дня (без последнего билета, конечно же). Однажды я пришел на экзамен по гармоническому анализу и попал к Владимиру Шанькову. Друзья говорили, что мне конец, но я даже не знал, кто это, так как не видел его в списке экзаменаторов. Во время моего долгого и мучительного ответа на билет ему позвонили с кафедры и начали спрашивать, где он находится и почему не на приеме экзамена. Оказалось, что он ошибся аудиторией и пришел к другому факультету. А дальше было самое интересное: он отправил всех на пересдачу, а меня взял с собой на другой экзамен. Я никак не ожидал такого поворота событий, но он спокойно продолжил меня спрашивать, попутно взяв еще пару студентов. В итоге я ушел с хором, так как Владимир Владимирович все же спросил злосчастный последний билет. Вот только было обидно, что он не поставил свою подпись в зачетке.

### **О планах на будущее**

Сейчас я поступил в аспирантуру Сколтеха и планирую работать над темой безопасности нейронных сетей. Связь с МФТИ, конечно же, буду держать, так как мы подняли целых два масштабных онлайн-курса по микроконтроллерам STM32 и программируемым логическим интегральным схемам (не без помощи ФЦК). Думаю, что продолжу отвечать на вопросы студентов и писать дополнительные материалы в свободное время.



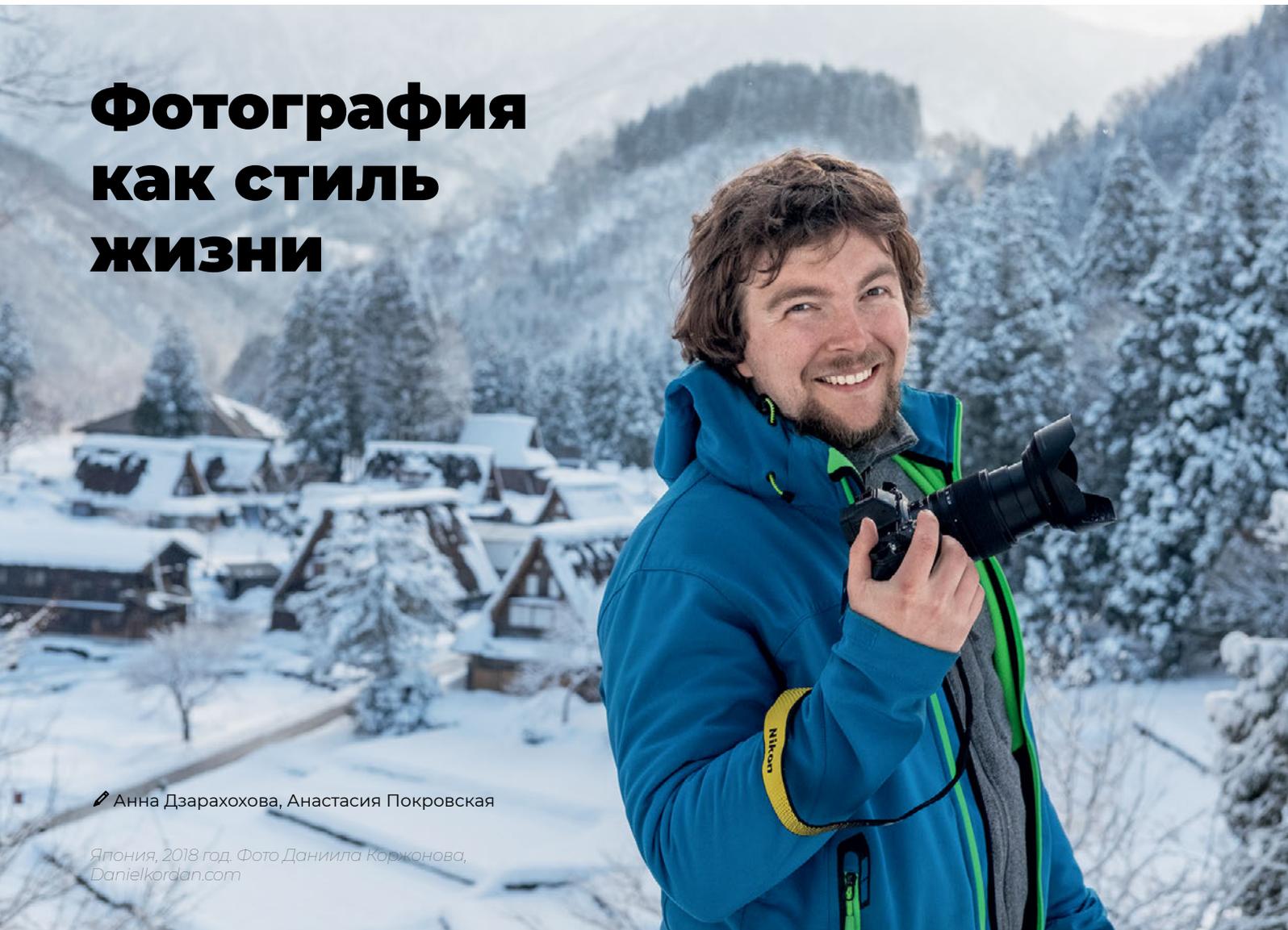
### **В завершение**

Физтех — это место, где сконцентрировано огромное количество талантливых людей, и это здорово стимулирует. Тут очень много возможностей для раскрытия своего потенциала, присутствует хорошая поддержка студенческих инициатив.

### **Несколько советов абитуриентам:**

- Искать себя и не бояться пробовать.
- Ставить под сомнения порой даже самые банальные и очевидные вещи. **эн**

# Фотография как стиль жизни



✍ Анна Дзарахохова, Анастасия Покровская

Япония, 2018 год. Фото Даниила Коржонова,  
Danielkordan.com

Сколько вы знаете людей, которые считают свою работу мечтой? Сколько вы знаете искренних, жизнерадостных и легких на подъем? А сколько из числа ваших знакомых с огнем в глазах и голосе рассказывают о своем деле, да так что этот энтузиазм вам передается через обычный телефонный разговор? Нам повезло лично узнать такого человека, и вдвойне приятно, что мы с ним выпускники одного факультета МФТИ. Знакомьтесь, Даниил Коржонов, пейзажный фотограф, амбассадор Nikon и талантливый физтех.

**Я поступал на Физтех больше из-за родителей, потому что они у меня тоже физики.** Хотя в тот момент я и в архитектурный хотел пойти, и на живопись, но в итоге пошел по стопам родителей. Они мне тогда сказали такую простую вещь: «Если ты будешь там физикой заниматься, то, в принципе, после этого ты можешь заниматься чем угодно в жизни». Я с ними согласен сейчас. **Это склад ума такой — «физтех», да?**

**Всегда говорю, что до сих пор решаю задачи.** Только сейчас это задачи логистики, маршрутов, планирования, композиции. У меня не просто фотография, бизнес довольно большой. У нас в Исландии свое агентство, Iceland Photo Tours. Около 5 000 клиентов в год. Туры не только по Исландии, около 40 стран сейчас. На рынке мы № 1 по фотографии.

**24/7, 365 дней в году — так устроен мой рабочий график.** Но для меня это работа мечты, что называется. Я много путешествую из одного места в другое. К тому же большинство процессов уже отлажены, постановка бизнеса заняла около 10 лет

**Самые яркие впечатления студенчества — о людях и о горной секции Физтеха,** она, собственно, подтолкнула меня к путешествию и фотографии. Мы летом и зимой ходили в походы лесно-горнолыжные. Первые три курса я как участник ходил, на старших уже сам руководил походами. Вот этот опыт руководства группой людей в сложных условиях был очень важным для меня. Мы и на Кавказ ходили, и на Памир, в Мурманск и на Урал тоже.

**На самом деле мне нравилась наука.** На Физтехе у меня была базовая кафедра фотоники (НТО ИРЭ «Полус»). Там, конечно, очень нравилось заниматься и наукой, и лазерами. Но я начал понимать это уже после того, как выпустился с Физтеха. В принципе, был вариант либо эмигрировать в Штаты или в Европу и заниматься там наукой, либо остаться на базе и больше заниматься прикладными вещами, что мне не очень нравилось. Это рутинная работа. Поэтому меня так потихоньку понесло уже в сторону фотографии.

**Осенние краски, первый снег — это, конечно, время мое самое любимое для фотографий.** Но мне нравится снимать и зимой, потому что не так просто снять какие-то красивые кадры в это время года, и это такой своеобразный вызов. Скучно ездить в одни и те же места. Скажем, поля Прованса. Один раз съездить туда интересно, но возвращаться уже не особенно хочется. Ты все отснял уже, то же самое голубое небо каждый день.

**Азиатский мир фотографии очень мало связан с европейским.** Например, разница в композиции, обработке. Скажем, если в Азии больше традиционный стиль, как китайская живопись, то в американском или европейском подходе более агрессивные композиции, сложные панорамы, цвета более насыщенные, выраженные. На самом деле, когда ты видишь фотографию, то сразу понимаешь, ее сделали в Азии или в Европе.

**Одна из целей на новое десятилетие — развивать компанию, добавлять все новые направления.** Вторая часть — мы хотим галерею открыть. В плане личного развития, конечно, исследование каких-то новых направлений и мест.

**У меня проектный подход к фотографии: он еще остался с Физтеха.** Каждая поездка у меня — это не только поехать, поснимать. Это сделать проект. Как в науке: ты начинаешь с исследования новизны: кому-то это надо или нет? Если это что-то уже было отснято и переснято тысячу раз, то это никому не интересно будет.

**Есть несколько источников вдохновения.** В первую очередь для меня — вдохновение от друзей. Мне прямо очень помогало это время в горной секции на Физтехе. Я всегда в тусовке людей того же склада ума, кто любит природу и путешествия. Даже те, кто приезжает в туры; они наверняка где-то еще побывали. Мы постоянно делимся впечатлениями. После каждого тура возникает еще список на сто мест, куда можно поехать и где можно побывать. Второе — это, конечно, чтение. Я с детства зачитывался журналами: National Geographic, Geo. Книжки о путешествиях тоже очень помогают. Еще источник — музеи, выставки. Ходите, смотрите, вдохновляйтесь.

**Важно научиться говорить «нет».** Я для себя дал четкую установку: если мне что-то перестает нравиться и превращается в рутину, я сразу скажу «нет» этому. У меня было очень много предложений по инвестициям, по бизнесу, куда пойти. Но я понимал, что это становится рутинной в определенный момент, и отказывался.

**Я никогда не задавался вопросом, как стать коммерчески успешным.** Просто делал то, что мне нравилось, и особо не переживал за финансы. Как-то оно само все пришло. Потому что если задавать такой вопрос в первую очередь, а не вопрос, как что-то новое сделать, открыть, разработать, то все пойдет насмарку.

**Современная культура делит мир на «хорошо» и «плохо».** Я думаю, что это не очень уместно. Все намного сложнее, чем кажется.

**Мне очень нравятся фильмы о природе, больше документальные.** Есть очень хороший сериал «Планета Земля». Мы с дочкой иногда пересматриваем: снято, конечно, очень здорово: и места, и природа. Это такой образец идеального кино о природе.

**Не бойтесь заниматься творчеством, а не только наукой.** Когда мы учились на Физтехе, у нас был свой круг по интересам, по фотографии. Кто-то занимался музыкой или живописью. Времени тоже не хватало часто, но мы не забрасывали это. Чтобы была не только физика, но и лирика в итоге. **zn**

*Полное интервью с Даниилом Коржоновым читайте на сайте [znanaki.mipt.ru](http://znanaki.mipt.ru).*

Л  
а  
н  
д✍ Марина  
Тебенёва

**СОВЕТ ОТ АВТОРА** Прежде чем приступить к чтению этой статьи, автор рекомендует обратить внимание на материал «Петр Капица. Принцип конструктивного творчества». Из его содержания яснее представляется то историческое пространство, в котором рассматриваемый герой развивается и местами взаимодействует с личностью из нашего предыдущего материала.

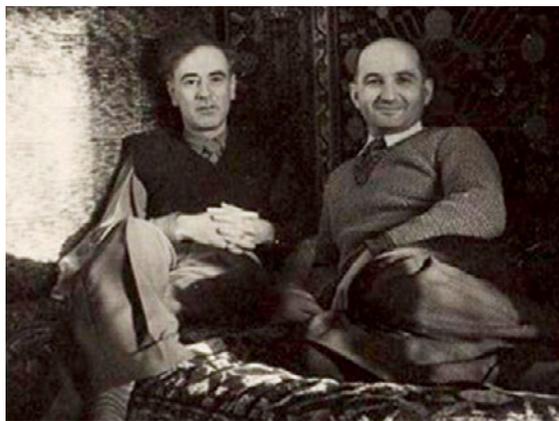
## Бескомпромиссность и универсализм

Его встреча с Капицей — эпизод далекого 1930 года, случившийся в Кембридже, в здании с крокодилом на фасаде. Тогда они, только что познакомившиеся в Кавендишской лаборатории, — два неумных ума, посланных за границу для укрепления отечественной науки. Непременно они еще встретятся: впереди и Институт физических проблем, и защита одного другим от политических репрессий, и их общий Физтех. А пока тот, что помоложе, командирован Наркомпросом в Европу для продолжения образования: уже упомянутая Англия, Дания, Швейцария, Германия. Кого он встретил, и откуда это путешествие длиною в жизнь началось?

а  
у

### НЕУСИДЧИВОЕ ТРУДОЛЮБИЕ

«Левинька, вот ты где!» — мягко подминая подошвами туфель шелестящий песок, Любовь Вениаминовна приблизилась и наклонилась над затылком сосредоточенного математика четырех лет. Голова его повернулась, обратив вверх, к солнцу большие, умные, приветливые глаза. В старом бакинском парке Любовь Вениаминовна всегда искала сына по длинным непрерывным арифметическим выкладкам, выведенным палочкой вдоль поребрика: плюс столько-то, минус столько-то...



Ландау и Лившиц в удобной для них рабочей обстановке

Какое-то время уже подросток Лева учился в гимназии, однако с приходом в Баку диктатуры пролетариата учреждение это, как и многие ему подобные, было стерто с карт города. Для мальчика, вновь отданного учиться, на этот раз в экономический техникум, наступило благодатное время: если в предыдущем «храме науки» среди прилипчивых словесников он чувствовал себя чужаком, то здесь все располагало труду, тягу к которому Лева тут же обнаружил, почувствовав себя на своем месте.

Завидную способность к самоорганизации, сопутствующую Ландау всю жизнь, он мог реализовать лишь тогда, когда признавал явный смысл и интерес для себя в происходящем. В противном случае юноша казался расхлябанным и апатичным: буквы плясали кривой рябью, приводя учителей и домашних в ужас.

**«Почти не помню себя не умеющим дифференцировать и интегрировать», — Ландау всю дифференцировал уже в 12, интегрировал — в 13; стремительно набирая обороты, двигатель мыслей гнал его вперед, оставляя позади старшую сестру Соню и кузину Тему, которые учились с Левою бок о бок.**

Наконец, можно было вволю упражняться в математике, и Лева садился за стол, забывая обо всем на свете. Ежедневные самостоятельные занятия, длившиеся часов по десять, а то и больше, случалось, приземляли юного Ландау тупой болью в пояснице. Он, не мешкая ни минуты, ложился с задачиком на диван, но и здесь высокие мысли теснились в сторону — на этот раз уже от появления хлопотливой Любви Вениаминовны:

— Лева, медицина утверждает, что, лежа не то что писать, читать вредно, — заботливо, однако без всякой надежды на повиновение.

— Мамочка, но ведь медики так часто ошибаются! — брошено в адрес врача с десятилетиями опыта и сотнями страниц научных публикаций за плечами.

Окруженному с младенчества людьми беспрестанно мыслящими, Ландау, казалось, в жизни не было иного пути, кроме как постоянно думать, думать и додумываться...

### РОБКИЙ РЕВОЛЮЦИОНЕР

Мальчик рос острым на язык, но донельзя застенчивым, и, казалось, что кратковременная самоуверенная пальба его слов — редкие моменты его предельной откровенности — в нем что-то ломала, вместе с тем он от нее не отказывался, продолжал. И с той же резкостью, остротой впитывал то, что долетало до него извне. Когда мать пыталась достучаться до Левы, вынуждая его корпеть над тем, что он отвергал, понукая его уснувшее усердие, он молча шлифовал в голове мысль о самоубийстве: где, как, когда... То был период праздности, до техникума, но, когда появился труд — исчезла горечь.

А пока мальчик боролся с внутренними неурядицами, вокруг шумел и скрежетал революционно настроенный город приближающихся двадцатых. Глядя украдкой на раздираемые противостоянием улицы, Лева трепетал от благоговения перед бунтовщиками. Одиннадцатилетним он ходил на лекции, посвященные Великой французской революции:

— Ну что, как тебе доклад? — пытливо спрашивала тем же вечером за чаем мать.

— Да... Смерть на баррикадах — это благородно!

Все свои ранние годы Ландау, стиснув зубы, боролся со своей кажущейся нескладностью, граничащей, как он полагал, с неполноценностью. Читая любимого Некрасова, в образах угнетенных он видел себя.



*Лева, Соня и Зигуш Бродерзон, муж Сони. Ленинград, начало 30-х*

### ОСЕЛ НА НЕВСКОМ

— Лев Давидович, прошу вас, скажите, как бы вы поступили на моем месте? Не знаю, как быть. Я ведь мечтал о медицине, видел себя врачом. «...» Продолжать ли мне учиться на математическом отделении или пытаться поступить на медицинский факультет?

— Неужели вы не понимаете, что математик из вас не получится?! Выйдет ли из вас врач, не мне судить. Но если у вас возникли сомнения — то чем скорее вы оставите наш факультет, тем лучше.

Двое студентов Бакинского университета неспешно брели вниз по улице. Вскоре один из них, Александр Бунин, действительно покинул физико-математический факультет и к великой радости своего собеседника через несколько лет после состоявшегося разговора начал карьеру врача. Да и сам Ландау немногим позже оставил Бакинский университет. Став студентом в четырнадцатилетнем возрасте, он не видел ни малейших препятствий, чтобы спустя два года обучения покинуть родной город.

Ленинградский университет уже ждал его. И Невский ждал, скрываясь, правда, под другим именем: проспект Двадцать пятого октября. В первые месяцы на новом месте Ландау призраком ходил по тротуарам Невского: болезненно заострившиеся ключицы, глубокие затененные впадины глазниц и щек. В отрыве от семьи он уже всерьез забывался за конспектами, посвящая себя учебе по восемнадцать часов в день.

Тогда же родилось известное всем Левино прозвище, которое из кружка университетских приятелей переключало впоследствии в мировое научное сообщество. Дмитрий Иваненко, будущий физик-теоретик, однокурсник Ландау, как-то раз трогательно произнес фамилию това-



*Лева накануне поступления в Бакинский университет. Август 1922 года*

рища на французский манер, сделав при этом значительную паузу в середине. Вышло «L'ane Dau» — «осел Дау».

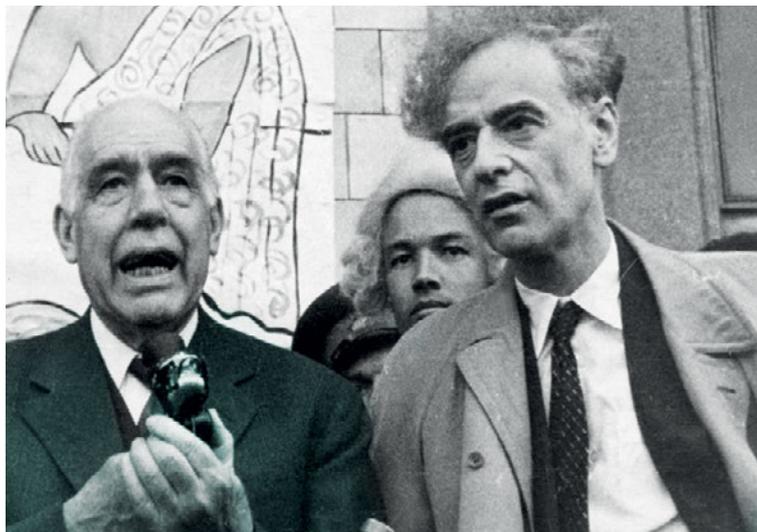
Дау не обиделся, напротив, ему прозвище понравилось: от него веяло искренностью, казалось, что прицепилось оно к молодому человеку не просто так. Левина застенчивость последовала за ним в Ленинград, и он продолжал с ней мучиться. Он четко сознавал, что в одиночку ему не жить, что он людей любит и хочет быть с ними бок о бок. О, каким уверенным человеком он стал к своим зрелым годам! Но все это через ослиную упрямость, через преодоление и отвоевывание у стыдливости своей свободы. Он выходил на набережную Мойки, заставляя себя заговаривать со случайными прохожими, задавая им нелепые вопросы наподобие «отчего вы носите усы?». Он бродил по Невскому, привязав воздушный шарик к хлястику своей шляпы. И все ради того, чтобы перестать бояться показаться смешным, показаться глупым.

### НА БЛЕГДАМСВЕЙ

История знакомства Ландау с «учителем всей его жизни» была совершенно иной, нежели у Капицы, который степенно и твердо завоевывал уважение Резерфорда. Нет, в случае Дау это была симпатия если и не с первого взгляда, то, по крайней мере, с первого меткого высказывания.

Ленинградский Физтех тесно связан не только с биографией Петра Леонидовича. Там работал и Ландау, когда в 1929 году ему представилась блестящая возможность отправиться от Наркомпроса в Европу для стажировки. Научные «скитания» Дау по чужбине должны были продлиться два года... и вот очередная остановка,

*Нильс Бор и Лев Ландау держат общую речь на празднике «Архимед» в МГУ, 1961 год*



на этот раз в Копенгагене. 8 апреля 1930 года Ландау направился к дому 15 на улице Бледдамсвей, не подозревая, что здесь он пробудет дольше, чем где бы то ни было за всю свою поездку. То здание было Институтом теоретической физики; в холле молодого ученого уже поджидал директор.

К Нильсу Бору многообещающие молодые ученые стекались со всего света, влекомые то ли непостижимой точностью интуиции профессора (идея модели атома Бора, подробно описывающая законы спектральных линий и электронных оболочек), то ли слухами о его безграничной доброте и непосредственности. Бор сразу прикипел к Дау, и тот частенько посещал его дом по вечерам, во время ужина.

**«Нильс полюбил его с первого дня. Вы знаете, он бывал несносен, перебивал Нильса, высмеивал старших, походил на взломаченного мальчишку. Но как он был талантлив и как правдив!» — вспоминала фру Маргарет, супруга Бора, спустя много лет после посещения Ландау Копенгагена.**

Однако между учителем и учеником нередко вспыхивали энергичные дискуссии, во время которых парочка со стороны выглядела чрезвычайно странно: яростно жестикулируя, Дау сидел, откинувшись на спинку скамьи, в то время как его наставник наклонялся, отчаянно размахивая руками перед лицом оппонента. В такие минуты казалось, упрямое прозвище Ландау подходит не ему одному...

### ПРОТИВЛЕНИЕ ПЕРУ

Сделав «круг почета» по Европе, который немало ему принес, ученый не вернулся тем не менее в исходную точку: в ЛФТИ он не остался (из-за разногласий с тогдашним директором Абрамом Иоффе это не представлялось возможным) и отправился в Харьков.

До прибытия в СССР, где он провел последующие пять лет, Дау всюду играл роль, хоть и крайне толкового, но ученика. Однако здесь, уже двадцатичетырехлетним, ему впервые довелось примерить на себя иное амплуа: наставническое.

Начав с Механико-машиностроительного, Ландау вскоре появился и в списке преподавателей Харьковского физико-технического института. Лекции он читал свежо, с острой необходимостью «дойти до самой сути», так, чтобы каждый уразумел, чтобы не оставалось вопросов. Однако профессиональная неисчерпаемость Льва Давидовича приводила к тому, что его лекции воспринимались не как готовые

Лев Ландау  
и Георгий  
Гамов  
во дворе  
дома  
Нильса Бора  
в Копенгагене.  
По центру —  
сын самого  
Бора



ответы на шаблонные вопросы, а как предпосылки к тем многочисленным непростым гипотезам, которые могли возникнуть в головах его учеников. После звонка пространство вокруг доски наводнялось вошедшими в азарт студентами. Ландау с удовольствием и подолгу беседовал с ними. Но вот в чем он явно удовольствия не находил, так это в вынужденном изложении своих мыслей на бумаге.

Свою вдумчивую научную деятельность Дау начал еще до того, как побывал за границей. В 1927 году, в возрасте девятнадцати лет, он уже имел что предложить миру: матрицу плотностей как способ квантово-механического описания систем. Далее число ценных мыслей о том, как работает Вселенная, только росло, но вместе с тем они не спешили переключиваться из закров памяти и черновиков Дау в четкие формальные отчеты. Приходилось подолгу ждать, когда же он соблаговолит взять в руки перо.

**«Извините за задержку, связанную с моей крайней антипатией к эпистолярному искусству...» — прямодушно и беззастенчиво написал Дау в одном из писем.**

Впоследствии работа, правда, стала спориться: Лев Давидович нашел референта, который верой и правдой служил ему долгие годы. Расхаживая по комнате, графофоб диктовал строки очередного отчета. Речь выходила на удивление складной, и, пожалуй, несправедливо бы было обвинять Ландау в непоследовательности изложения (такого не могло быть, так как лектором он был блестящим). Нежелание самому садиться

за отчет объяснялось фанатичным стремлением Льва Давидовича к сокращению формулировки своей задумки: еще точнее, еще емче... Но совершенству нет предела, можно переписывать сколько угодно, и все равно оставаться в дураках. Пусть уж лучше «эпистолярщиной» занимается тот, у кого на это глаз наметан, а он, Дау, с большей охотой проведет время в лаборатории.

Вместе с тем были адресаты, которым Лев Давидович писал исключительно самостоятельно. Помимо друзей и домашних, то были многочисленные вопрошатели, которые не знали, как поступить в той или иной ситуации, и стремились получить мнение лица авторитетного. Были среди этих неутомных простые инженеры, которые не знали, с чего начать всерьез изучать физику; были и пионеры, которые не знали, как донести идею ценности образования до сверстников-тунеядцев.

В минуты, когда Дау получал такие письма, он не спеша садился за стол и брал в руки перо. Его не слишком тревожило, час ли, два ли пройдут, прежде чем он дойдет до точки. Главное — высказать свою точку зрения как можно точнее, чтобы ждущий где-то ответного письма человек наверняка смог воспользоваться советом. Чтобы с чистой совестью можно было опустить этот ответ в почтовый ящик.

*Автор выражает признательность Любви Павловне Скоробаровой за помощь в творческой корректировке текста и проверке достоверности используемых исторических фактов.*

*Полную версию статьи читайте на [znanaki.mipt.ru](http://znanaki.mipt.ru). 31*





**РФОА**

Роб Билотт поднял волну беспокойства. Кадры из фильма «Темные воды». © Participant

## ЛЮДИ В ПАНИКЕ

**В кино:** Пытаясь постичь загадку С8, Билотт копается во внутренних документах DuPont и наконец находит то, что ему нужно. После этого он срывает у себя дома ковры и выбрасывает сковородки. Он рассказывает, что DuPont переименовали ПФОК в С8 и создали водоотталкивающее покрытие, которому придумали название «тефлон». И несмотря на то, что в DuPont знали о токсичности С8, тефлон использовали не только для антипригарных покрытий, им пропитывали ковры и ткани, его добавляли в краски и даже в косметику. СМИ наперебой заговорили об опасности тефлона. Или ПФОК? Так а это не одно и то же?

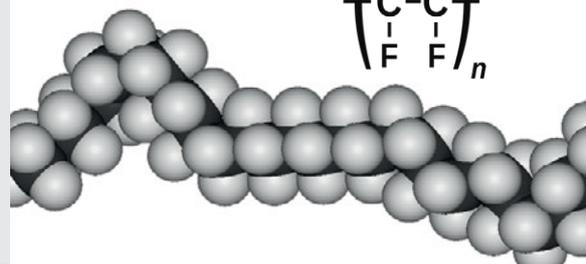


**В жизни:** Хотя из диалогов может показаться, что опасный С8 — и есть тефлон, это совсем не так. С8, он же ПФОК — маленькая молекула, а тефлон, или политетрафторэтилен — это полимер, то есть длинная макромолекула. Тефлон обладает уникальными свойствами: он не смачивается ни водой, ни жирами, не растворяется почти ни в каких растворителях. Ввиду этого тефлон оказался весьма практичным и действительно принес DuPont большую прибыль. Компания использовала ПФОК в процессах полимеризации при производстве тефлона. Если затем не удалить ПФОК с помощью отжига или других процедур, это вещество останется на изделиях и будет медленно отравлять потребителей.

## ФОРМУЛА ТЕФЛОНА

**В кино:** Через несколько лет СМИ уже уверяют общественность в полной безопасности тефлона: чтобы успокоить людей, даже появляется передача «Готовим на тефлоне». Снова проски DuPont?

**В жизни:** Так как тефлон практически ни в чем не растворяется, не растворяется он и в физиологических жидкостях. То есть даже если он попадет внутрь организма, он не будет ни с чем взаимодействовать, в отличие от ПФОК. Это справедливо и для других полимеров, сами по себе они редко бывают токсичны, опасность представляют низкомолекулярные вещества, которые используются как добавки или при синтезе. Также вредные вещества могут образовываться при сгорании или плавлении полимеров, поэтому тефлон не рекомендуется пере-



## ЭКОЛОГИЯ В ОПАСНОСТИ

**В кино:** В конце фильма можно прочитать о том, что, помимо ПФОК, существует еще более 600 аналогичных «вечных химикатов», применение и утилизация которых никак не регулируются. При этом, чтобы обратить внимание на одну только ПФОК, юристу понадобилось 20 лет, 7 из которых заняло исследование воздействия этого вещества на организм. Компании DuPont и 3М знали о токсичности вещества, но молчали, чтобы сохранить прибыль.

**В жизни:** Биологическое исследование нового соединения — процесс небыстрый, так как вещество может накапливаться годами, а последствия проявятся не сразу. Однако по аналогии с ПФОК можно предположить вред других фторсодержащих веществ. В 2015 году группа ученых составила Мадридское заявление о поли- и перфторалкильных веществах (PFAS), то есть веществах из той же группы, что и ПФОК. Ученые приводят длинный перечень болезней, которые эпидемиологические исследования связывают с некоторыми PFAS: рак почек и яичек, язвенный колит, высокий уровень холестерина, нарушения щитовидной железы — эти болезни упоминаются и в фильме. Хотя скандалы вынуждают компании отказываться от соединений с доказанной токсичностью, их заменяют другими PFAS, чтобы использовать их при изготовлении антипригарной посуды, пены для тушения пожаров, водоотталкивающей одежды, пищевой пленки и других товаров. На данный момент Агентство по охране окружающей среды США ведет кампанию по ограничению производства и применения PFAS.

Жители окрестностей, где DuPont сливал отходы, пили загрязненную воду. Кадр из фильма «Темные воды». © Participant



Что еще происходило в МФТИ, смотрите в нашем фоторепортаже

Исполнительный директор Института арктических технологий МФТИ Юрий Васильев на Мультимедийной пресс-конференции на тему «Арктическая станция на безуглеродной энергетике: новый международный проект»



Хакатон по оптимизации работы между администрацией университета и его студентами. Организатор — бизнес-инкубатор МФТИ. Фотограф: Карина Пискун



Джазовый фестиваль на Физтехе. Фотограф: Кирилл Мирошниченко



Зимняя олимпиадная школа — 2020. Фотограф: Никита Кононенко



Студенты закрытого на карантин общежития благодарят за переданные продукты. Фотограф: Андрей Волков



Весенний бал в МФТИ. Фотограф: Кирилл Мирошниченко



## **ПОСТУПЛЕНИЕ БЕЗ ГРАНИЦ:**

Прием документов в электронной форме в личном кабинете абитуриента на сайте приемной комиссии МФТИ [pk.mipt.ru](http://pk.mipt.ru) или через портал [gosuslugi.ru](http://gosuslugi.ru).

Индивидуальные онлайн-консультации и собеседование с представителями вуза для каждого студента

Образование, опережающее время: мы вовлекаем студентов в реальную научно-исследовательскую работу в лабораториях лидеров отрасли, среди которых «Яндекс», АБВУУ, «Сбербанк», «ВКонтакте» и другие.

## **НАШИ ВЫПУСКНИКИ МЕНЯЮТ МИР!**

Физтех — первый среди технических вузов России.

- Входит в мировой топ-300 рейтингов Quacquarelli Symonds и Times Higher Education.
- Лидер рейтинга вузов России по уровню зарплат специалистов ИТ по версии Superjob.
- В топ-3 лучших российских вузов для будущей элиты по версии Forbes.
- Физтех занимает 45-е место в рейтинге лучших университетов мира в области физики по версии THE.
- В топ-100 международного рейтинга THE университетов с наилучшим соотношением числа студентов и преподавателей.



**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПРИЕМНОЙ  
КАМПАНИИ — НА САЙТЕ: [PK.MIPT.RU](http://PK.MIPT.RU)**

---

**Первопроходцев толкает  
любопытство, а следом  
идет наука.**

Жак Ив Кусто

