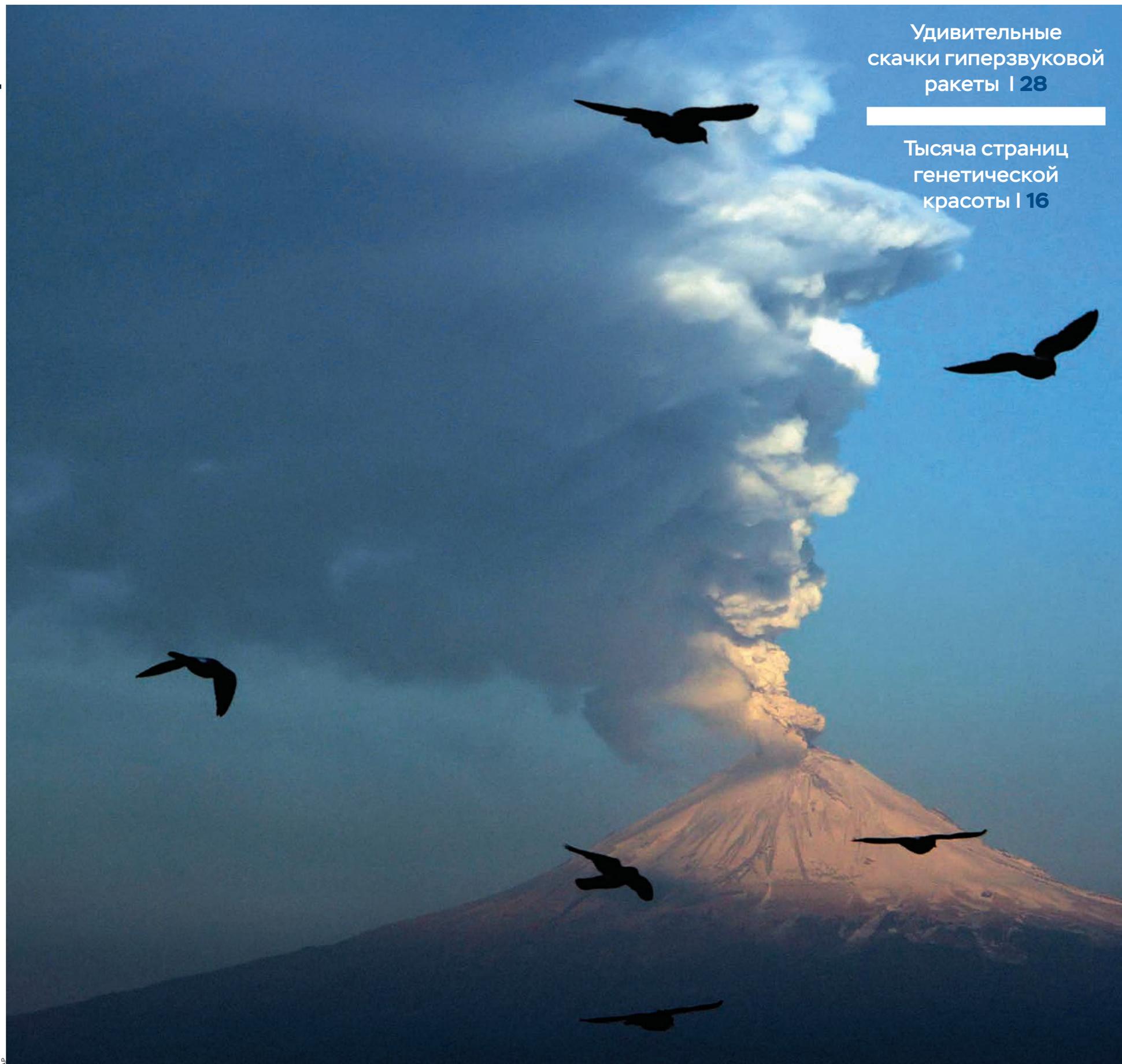


Последней
российской
Нобелевской премии
исполнилось 10 лет | **3**

Психические
расстройства
тесно связаны
с кишечными | **31**

Удивительные
скачки гиперзвуковой
ракеты | **28**

Тысяча страниц
генетической
красоты | **16**



ЗЕМЛЯ КИПИТ ПОД НОГАМИ **/22**

сентябрь 2020

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
АО «КОММЕРСАНТЪ»,
ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
ВЛАДИМИР ЖЕЛОНКИН
РУКОВОДИТЕЛЬ СЛУЖБЫ
«ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СИНДИКАТ»
ВЛАДИМИР ЛАВИЦКИЙ
РЕДАКТОР
ЯНИНА МИРОНЦЕВА
НАУЧНЫЕ РЕДАКТОРЫ
МАРИЯ БУРАС,
АНДРЕЙ МИХЕЕНКОВ, Д.Ф.-М.Н.,
СЕРГЕЙ ПЕТУХОВ, К.Б.Н.,
АЛЕКСАНДР СВИРИДОВ,
КИРИЛЛ ХАРАТЬЯН
ВЫПУСКАЮЩИЙ РЕДАКТОР
КИРА ВАСИЛЬЕВА
ГЛАВНЫЙ ХУДОЖНИК
ГАЛИНА ДИЦМАН
ФОТОРЕДАКТОРЫ
ГАЛИНА КОЖЕУРОВА,
ЕКАТЕРИНА ЛИПАТОВА
ГРАФИКА
ВЛАДИМИР БЕЛОВ,
КОРРЕКТОР
МАРИНА ДАНИЛИНА
ВЕРСТКА
ЕЛЕНА БОГОПОЛЬСКАЯ,
ТАТЬЯНА ЕРЕМЕЕВА,
МАРИНА ЗАБОТКИНА,
ИРИНА РОМАНОВСКАЯ,
КОНСТАНТИН ШЕХОВЦЕВ
ФОТО НА ОБЛОЖКЕ
АР

АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ:
121609, Г. МОСКВА,
РУБЛЕВСКОЕ Ш., Д. 28
ТЕЛ. (495) 797-6970, (495) 926-3301

УЧРЕДИТЕЛЬ:
АО «КОММЕРСАНТЪ»

ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ
К ГАЗЕТЕ «КОММЕРСАНТЪ»
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО
ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБОЙ
ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ СВЯЗИ,
ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ,
РЕГИСТРАЦИОННЫЙ НОМЕР
И ДАТА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ
О РЕГИСТРАЦИИ:
ПИ № ФС77-76923 ОТ 11.10.2019

ТИПОГРАФИЯ:
ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
«ПУШКИНСКАЯ ПЛОЩАДЬ»
109548, МОСКВА, УЛ. ШОССЕЙНАЯ,
ДОМ 4Д
ТЕЛ: (495) 276-1606,
ФАКС: (495) 276-1607
PRINT@PKPPRU, WWW.PKPPRU

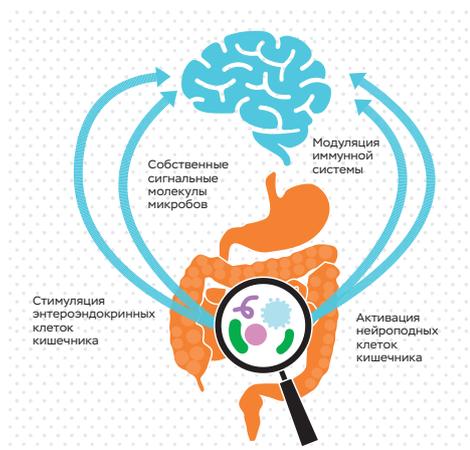
16+



РИА НОВОСТИ



SCIENCE PHOTO LIBRARY / ALAMY / DIOMEDIA



NASA



ТАТЬЯНА МАКЕЕВА / ТАСС

десять лет Нобелевской премии за графен

- 3 Спектр применения графена все время расширяется: от тестовых систем до лазеров и от антибактериальных покрытий до машинного масла
- 4 Лауреат Нобелевской премии Константин Новоселов: воображение может быть превращено в реальность, этим живопись похожа на физику
- 5 Дарья Андреева, Университет Сингапура: мембраны, в состав которых входит графен, смогут генерировать, накапливать и использовать энергию
- 5 Терренс Баркан, Графеновый совет, США: мы выступаем катализатором коммерциализации графена
- 6 Джеймс Бейкер, директор Graphene Engineering Innovation Centre: мы приближаемся к переломному моменту коммерциализации графена
- 7 Лю Чжунфань, руководитель пекинского Графенового института: по числу публикаций о графене китайские ученые занимают первое место в мире
- 7 Антонио Кастро Нето, руководитель сингапурского Графенового центра: у нас самый высокий в мире академический эффект по числу публикаций и их влиянию

картина мира

- 8 **ботаника**
Борщевик — растение-терминатор, которое могло бы приносить огромную пользу

история науки

- 10 **академия**
Почему советских ученых перестали пускать за границу

тренды

- 13 **«Сколково» — 10 лет**
Олег Дубнов, исполнительный директор кластера энергоэффективных технологий: взаимодействие гигантов индустрии и стартапов в акселераторе «Сколково» выгодно всем

события

- 14 **физика элементарных частиц**
Сибирские ученые начинают избавлять мир от необходимости сжигать углеводороды
- 16 **генетика**
Напечатана наследственная информация тысячи видов животных

как это делается

- 18 **экология**
ЛУКОЙЛ построил первую в своей истории цифровую подстанцию и будет тиражировать этот опыт

исследования

- 20 **микробиология**
Термофильные бактерии сильно ускоряют процесс переработки мусора
- 22 **сейсмология**
Физическая теория связала глубокие землетрясения под Ключевским вулканом на Камчатке с дегазацией магмы
- 24 В последние два десятилетия в сейсмологии возникла совершенно новая парадигма
- 28 **аэродинамика**
Гиперзвуковая крылатая ракета и ее удивительные скачки
- 31 **психиатрия**
Где в организме можно найти лечение от множества психических расстройств
- 33 **литературоведение**
Опубликована биография выдающегося русского поэта Николая Языкова

образование

- 34 **методология**
Как перестать бояться технологий и начать учить
- 35 **будущее время**
Андрей Галиев — о возможности качественного рывка в российской школе
- 36 **новое русское слово**
Страшно ли, что правительство занялось государственным языком

интервью

- 40 **психология**
Академик Дмитрий Ушаков: жизнь, которую вели предки столетия назад, сказывается на сегодняшнем менталитете

В 2010 году за новаторские эксперименты по исследованию двумерного материала — графена — были удостоены Нобелевской премии Константин Новоселов и Андрей Гейм. Графен — это двумерная структура, в которой атомы углерода выстроены в вершины правильных шестиугольников. Графен является составной единицей графита и используется как теоретическая модель для описания других аллотропных форм углерода, таких как фуллерены и нанотрубки. Хотя первые лабораторные экспериментальные образцы графена были получены относительно недавно, существует уже немало исследований по применению графена в различных областях. «Ъ-Наука» рассказывает о некоторых из них.

Подборку подготовил ВЛАДИМИР ТЕСЛЕНКО, кандидат химических наук

Уникальное вещество и его применения

Индустриализация графена является одной из наиболее востребованных тематик в области наноматериалов.

Графен имеет уникальные электронные и оптические свойства, связанные с его зонной структурой. В первой зоне Бриллюэна графена существуют особые точки K и K' , вблизи которых энергия электронов линейно зависит от волнового вектора. Таким образом, графен — полупроводник с нулевой запрещенной зоной, а движение электронов в нем описывается не уравнением Шредингера, как в объемных полупроводниках, а уравнением Дирака для безмассовых квазичастиц. Вследствие этого в графене наблюдается полупрозрачный квантовый эффект Холла и сверхвысокая подвижность электронов. Графен имеет также выдающиеся оптические характеристики. Например, величина оптического поглощения света в нем составляет 2,3% от интенсивности падающего излучения и не зависит от длины волны.

В последние два года совершен прорыв в понимании свойств неупорядоченного графена. Например, в 2018 году было сделано фундаментальное открытие — сверхпроводимость в скрученном графене. Американские физики предложили модель, которая качественно объясняет явление сверхпроводимости.

Алексей Арсенин, заместитель директора центра фотоники и двумерных материалов МФТИ, обратил наше внимание на работы с гибридными структурами, которые сочетают два и более двумерных материалов, в том числе слои двумерных материалов, повернутые друг относительно друга. Если мы сделаем полость в материале толщиной в один слой, то это еще один объект для исследований — 2D nothing. В 2019 году в Черноголовке защищена докторская диссертация по графену Павла Островского из Института теоретической физики им. Л. Д. Ландау. Им, в частности, построена полная симметричная классификация возможных типов примесей в графене. Профессор Олег Язев из EPFL (Федеральная политехническая школа Лозанны, Швейцария) так охарактеризовал нам работу Островского: «Диссертация объединяет серию теоретических работ, направленных на понимание электронной проводимости в графене с учетом двумерности и уникальной электронной структуры, свойств, которые делают его столь непохожим на известные металлы и проводники. Особое внимание уделено электронной проводимости в присутствии примесей».

Применения графена

Нобелевский лауреат Константин Новоселов (Манчестер) в эксклюзивном интервью для «Ъ-Науки» рассказал, что ему трудно оценить мировое производство графена в тоннах или деньгах. Что касается крупнейших потребителей графена, то он отметил следующие (далеко не все!):

Huawei использует графен для терморегуляции смартфонов;

BYD (Китай) применяет графен в аккумуляторных батареях;

Samsung планирует (или уже использует) графен в кремниевых чипах для контроля контактного сопротивления;

в автомобилестроении ряд компаний, например Ford Motor, применяют полимерные композиты с графеновым наполнителем;

канадская Ora Graphene Audio Inc. производит композиционный материал для беспроводных акустических наушников GRAPHENEQ TM.

Графен в России

В России собственная графеновая индустрия пока только складывается.

Причастные крупные корпорации, например «Росатом», «Ростех», «Роснефть», «Газпром», пока не афишируют тему графеновых материалов, испытывая готовые продукты, например уплотнители от АО «НП „Унихимтех“» (Подольск) на основе графено-содержащих мультислойных структур, графеновые смазки от ООО «ПКФ Альянс» (Санкт-Петербург), коррозионно-стойкие покрытия от ООО «Глобал АКЗ».

«Сейчас одно из наиболее востребованных применений графена — это теплоотвод в электронных устройствах. В нашей лаборатории сейчас есть проект, направленный на решение этой задачи. Мы разрабатываем теплопроводную пасту для микроэлектроники на основе наших графеновых нанопластин», — рассказал нам генеральный директор ООО «Русграфен» (Протвино) Максим Рыбин. Кроме того, в ООО «Русграфен» совместно с ООО «ГрафенОкс» (Черноголовка) научились делать различные виды графеновых красок и чернил для гибкой электроники. «Мы можем наносить тонким слоем чернила в качестве активного элемента сенсора и электропроводящие краски в качестве электродов», — пояснил Максим Рыбин.

По словам генерального директора ООО «Актив-нано» (Санкт-Петербург) Галины Черник, компания разработала тонкорасщепленный графит (few-layer graphene, малослойный графен). Продукт изготавливают с помощью механических методов, без химических реагентов и высоких температур. Окисления углеродного материала не происходит. Удельная площадь поверхности малослойного графена составляет 250–500 кв. м/г, что соответствует средней толщине в пятьдесят слоев атомов углерода. Удельная электропроводность материала достигает 100–200 сименс на сантиметр, что в несколько раз выше, чем у электропроводящих саж.

Порошок малослойного графена можно применять в электропроводящих и теплопроводящих материалах и в качестве твердой смазки в порошковой металлургии.

В 2019 году сформирована группа проектов Graphene Technology Group, сооснователями которой являются Максим Гудков Максим и Максим Рабчинский. В группу входят проекты Graphene Technology, GraphSensors и GraphApta (ООО «Граф-СК», ООО «ГрафСенсорс»). Группа разработала дешевый и масштабируемый метод синтеза оксида графена, который позволяет получить оксид графена высокой чистоты (доля примесей не превышает 0,1 ат.%) с требуемыми размерами монослойных частиц в диапазоне от 500 нм до 100 мкм. Также разработаны масштабируемые методы получения набора функционализированных графенов с контролируемым составом функциональных групп. По словам руководителя проекта Максима Гудкова, производимые материалы представляют большой интерес для электронной промышленности (сенсорные экраны, суперконденсаторы, различные датчики и микроэлектронные чипы), отрасли композитных материалов (аэрокосмическая промышленность, медицинские имплантаты, инженерные материалы), для каталитической отрасли (носители для водородных энергетических катализаторов) и других. За ближайший год компания планирует нарастить объем производства до 10 кг оксида графена в месяц, что позволит снизить цену с текущих 695 руб. за 1 г до 280 руб.

Широкий спектр технологического применения графена

сформировался всего за несколько лет и все еще продолжает стремительно расти

Сверх-проводимость в скрученном виде

Интервью Нобелевского лауреата
Константина Новоселова



— В последний год графен начали активно изучать с точки зрения сверхпроводимости в двухслойных образцах, где второй слой повернут на 1,1 градуса относительно первого. Этот эффект достаточно сложно объясняется в литературе. Можно ли попросить вас, Константин Сергеевич, объяснить относительно простыми словами, как угол может повлиять на появление такого эффекта? Ведь в двухслойном графене вполне понятная электронная структура и закон дисперсии хорошо уже изучен.

— В скрученном графене появляется новая периодичность — так называемая

муаровая структура. Это простой геометрический эффект наблюдается всегда, когда складываются два сигнала с близкими периодами. Рассеяние электронов на такой решетке муара приводит к модификации зонной структуры. В частности, при определенных углах электронные полосы становятся очень плоскими, что способствует сильным эффектам электрон-электронного взаимодействия и, в частности, сверхпроводимости.

— Каковы перспективы промышленного получения двухслойного графена и сферы его применения в сравнении с однослойным графеном?

— Существует много усилий, направленных на двухслойный рост. Однако это сложная задача, и такой рост требует очень четкого контроля параметров процесса. Возможные области применения: прозрачные проводящие покрытия (их можно легко легировать посредством интеркаляции, при этом прозрачность двуслойного графена все еще высокая), барьерные покрытия и более экзотические, такие как транзисторы.

— Следует ли ожидать и если да, то каких именно прорывных технологий в оптоэлектронике, нанофотонике с использованием графенов?

— Графен, как и другие двумерные материалы, успешно используется в оптоэлектронике. Существуют сверхбыстрые модуляторы и детекторы на основе таких материалов

— Как вы оцениваете перспективы электродугового метода производства флеш-графена, из угля, древесины и пластиковых отходов в ходе шокового термического процесса? Автор разработки профессор Джеймс Тур утверждает, что стоимость производства графена может быть во много раз меньше, чем сегодняшняя цена «химического» графена, то есть не \$100 за 1 кг, а менее \$10 за 1 кг.

— Я уверен, что в будущем мы будем использовать много разных методов для производства графена — это зависит от конечного применения. Причем вполне возможно, что разные сорта графена будут использоваться для одного приложения. Метод Тура — вполне работающий метод. Вопрос, где такой графен будет применяться. Это нужно исследовать.

— Какие разработки последнего времени вы бы отметили?

— Моя коллега Дарья Андреева из Национального университета Сингапура работает в области интеллектуальных мембран. Это новое направление, еще не находящееся в стадии коммерциализации, но очень близкое.

— У многих физиков есть творческие увлечения. А что у вас?

— А что вы хотите услышать? Я рисую, когда есть время. Даже немного получается.

— Ваши любимые художники?

— Импрессионисты и Кандинский.

— Что вас вдохновляет на живопись?

— Это сочетание воображаемого с материальным. Что воображение может быть превращено в реальность и во что-то новое, чего раньше никогда не было. Очень похоже на физику.

Проект GraphSensors направлен на разработку и производство высокоселективных мультисенсорных газовых чипов на основе графена, обладающих рядом уникальных характеристик: большой набор диагностируемых и идентифицируемых газов (сенсор способен распознавать до семи газов в смеси), низкое энергопотребление (5–10 мВт), возможность работы в бескислородной атмосфере и отсутствие необходимости нагрева чипа. Руководитель проекта Максим Рабчинский прокомментировал: «Наши чипы можно использовать как для диагностики содержания компонентов в газовых смесях, так и для более комплексных задач: диагностики заболеваний человека (Breath Biopsy), идентификации различных запахов, например кофе, табака, вина, мяса, список практически не ограничен. Чипы могут быть интегрированы как в системы „Электронный нос“ (Electronic nose), так и в классические многоканальные газоанализаторы».

Проект GraphApta направлен на разработку портативных тест-систем персонального использования для регулярной диагностики течения инфекционных заболеваний, таких как ВИЧ, гепатит, заболевания, передаваемые половым путем. Тест-системы представлены одноразовыми тест-полосками на основе графеновых покрытий и компактного измерительного блока, гепатометра, с доступом к облачному сервису для хранения данных о динамике заболевания. Использование системы позволит проводить диагностику в любое время и в любом месте по аналогии с обычным глюкометром при высокой селективности, чувствительности, а также простоте и дешевизне прибора. По словам руководителя проекта Ивана Комарова, планируется создание как персональных устройств, так и коммерческих решений с расширенными эксплуатационными характеристиками для компаний, занимающихся мониторингом здоровья и анализом вирусных заболеваний. В активе АО «НИИГрафит» (Москва) разработка гибких пьезодатчиков с графеновыми контактами, графеносодержащие высокоанизотропные теплоотсеивающие пластмассы, имеющие коэффициент теплопроводности свыше 200 Вт/мК в одном направлении и 10–20 Вт/мК в другом, с теплостойкостью до 1800С и прочностью более 50 МПа. Реализуемые проекты сосредоточены в области разработки конкурентоспособного технологического процесса получения графена из природного графита методом жидкофазной эксфолиации. Результатом должна стать коммерческая линейка суспензий графеновых препаратов, которые можно использовать для модификации полимеров и композиционных материалов, для получения жидких теплоносителей, смазывающих материалов, проводящих контактов, чернил, оптических покрытий.

Импорт графеновых продуктов

В 2019 году началось продвижение импортных графеновых продуктов на российский рынок. Так, ООО «Альфарок Материалс» (Москва) ввезло из Испании фотокаталитическую краску Graphenstone. Андрей Буслаев, исполнительный директор ООО «ГК Генезис ГНП» (Москва), сообщил «Ъ-Науке» о выводе в августе нынешнего года на рынок России и СНГ швейцарского моторного масла «Genesis GNP Engine Oil» и масла трансмиссионного «Genesis GNP Gear Oil» с присадками графена.

Испытания показали, что коэффициент трения в новом машинном масле снижен с 0,12 до 0,02, коэффициент износа двигателя уменьшается в два-три раза, а расход топлива автомобиля падает на 30% на атмосферных двигателях и на 15% для турбомоторов.

И много еще

Есть и другие применения графена, такие как добавки в бетон, антибактериальные ткани, фильтрующие и адсорбирующие графеновые материалы и прочее. Изучается применение графена в полевых транзисторах, в лазерах в качестве насыщающихся поглотителей для реализации режима пассивной самосинхронизации мод при генерации ультракоротких импульсов. Так как все эти применения были разработаны всего за несколько лет, то можно говорить о необходимости более подробного изучения свойств графена и наблюдаемых в нем эффектов для полного раскрытия потенциала этого углеродного наноматериала, который, по прогнозам, весьма велик.

ВЛАДИМИР ТЕСЛЕНКО, кандидат химических наук

ПОЗИЦИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ

Вопросы курирования графена и других 2D-материалов поручены Минпромторгу. В 2019 году приказом министра №752 от 12 марта создан научно-координационный совет по графену. Осенью 2019 года началась проработка предложений в план мероприятий «Развитие производства графена и продукции на его основе в Российской Федерации». В него, в частности, входят: создание технологии получения очищенного и интеркалированного графита с чистотой 98%, 99,9% и 99,99% с использованием отечественных природных графитов марок ГТ, ГЭ, ГЛ; разработка композиционных мультиграфеновых и графено-металлических материалов для герметизации оборудования и трубопроводов при повы-

шенных и пониженных температурах и давлениях; сооружение опытно-промышленных установок производства графеновых материалов мощностью 10 т в год; разработка новых защитных покрытий на основе мультиграфеновых материалов для огнезащиты нефтяных платформ, терминалов сжиженного природного газа, объектов речного и морского транспорта и организация заводов мощностью до 1000 т в год; ФГУП «Радон» (структура «Росатома») планирует создать графеновые сорбенты для очистки водных стоков, содержащих радиоактивные вещества. Контрольный срок выполнения программы — 2024 год.

Умные мембраны

Интервью профессора, доктора химических наук
Дарьи Андреевой,
Национальный университет Сингапура

— В чем преимущества умных мембран?

— Хотя самоадаптивные умные мембраны широко распространены в природе, интеграция присущих им биологических функций в искусственные мембраны еще на начальном уровне разработки. Примеры функций, которые могут быть интересны, включают, но не ограничиваются самовосстановлением и самовоспроизведением; регулируемым поглощением и высвобождением питательных веществ, воды и биологически активных веществ; регулируемым транспортом ионов и молекул; созданием и регулированием ионных градиентов через мембрану. Очень перспективно для различных применений, особенно в медицине, дистанционное управление такими функциями с помощью оптических, электрических и магнитных воздействий, стимулов. В данный момент мы работаем над созданием умных искусственных мембран, которые можно запрограммировать в момент сборки и которые способны изменять свои свойства и функции в ответ на даже незначительные возмущения, изменения, окружающей среды.

Одно из интересных направлений, которым мы занимаемся, — научить мембраны генерировать, накапливать и использовать энергию там, где это необходимо, и тогда, когда нам это нужно. Такие «умные» наногенераторы очень важны, например, для создания искусственных органов с внутренними источниками энергии. Для достижения таких сложных функций мы комбинируем графен и другие 2D-материалы, синтетические и натуральные полимеры, такие как, например, белки и синтетические аналоги белков, полиэлектролиты. Например, недавно в сотрудничестве с Университетом ИТМО (Санкт-Петербург) мы разработали 2D-мембраны из оксида графена и полиамина. Вместе эти два материала образуют сеть ионных каналов, которые демонстрируют регулируемую проницаемость воды и одновалентных ионов, подобно биологическим мембранам. Кроме того, неожиданно для нас оказалось, что транспорт некоторых ионов может регулироваться присутствием других ионов, создавая «транзисторный эффект» для селективного ионного транспорта.

— Что вы можете сказать о развитии рынка интеллектуальных мембран на основе графена в 2021–2025 годах?

— Искусственные мембраны с внутренним интеллектом имеют решающее значение во многих областях науки и техники и могут широко использоваться в пищевой, фармацевтической и энергетической промышленности. Искусственные «умные» системы с программируемыми свойствами, имитирующие поведение живых систем, представляют большой интерес для современных технологий, таких как извлечение Li⁺ для литий-ионных аккумуляторов и удаление Cs⁺ из радиоактивных отходов. Такие мембраны могут привести к дальнейшим достижениям в области формирования супернаноконденсаторов, мембран, которые, как губки, могут селективно высвобождать ионы для роста биопленок для пищевой промышленности и фармацевтики.

Профессор, доктор химических Дарья Андреева закончила Санкт-Петербургскую химико-фармацевтическую академию, кандидатскую диссертацию защитила в Институте высокомолекулярных соединений РАН, работала в Свободном университете в Берлине и Институте Макса Планка в Потсдаме, защитила докторскую диссертацию в Байрейтском университете в Германии, затем работала в Южной Корее, теперь в Национальном университете Сингапура)

— Профессор Дарья Андреева (Национальный университет Сингапура) и профессор Непполиан (B. Neppolian, университет SRM, Ченнай, Индия)



Катализатор коммерции

В США сложился рынок графена — и широкое разнообразие его применения: коррозионно-стойкие покрытия, резина, электроника, аккумуляторы, спортивный инвентарь, специальная текстильная одежда и пр.

Роль госучреждений США, госпрограмм и грантов вспомогательная. Министерство энергетики в 2010-х годах финансировало НИОКР, предметом которых были графеновые материалы для уменьшения времени зарядки аккумуляторов (соисполнители Pacific Northwest National Laboratory, Princeton University и компания Vorbeck Materials), автомобильные смазки (Magna в партнерстве с University of Waterloo, Promatek Research Centre и Cosma), графено-алюминиевые композиты (Pacific Northwest National Laboratory и Oak Ridge National Laboratory), электродуговая технология получения графеновых материалов угля (Rice University). Аэрокосмическое агентство НАСА финансировало исследование графена для телескопа Spitzer Space Telescope (исполнитель California Institute of Technology). Los Alamos National Laboratories финансировала калий-ионные аккумуляторы с добавками графена.

ТУРБОСТРАТНЫЙ ГРАФЕН

В профессиональном сообществе в 2020 году одна из самых обсуждаемых тем — электродуговой материал, получаемый из углеродсодержащих отходов (древесные опилки, пластиковые отходы — все, что содержит углерод, вплоть до биоотходов) и природных углей. Разработку осуществил профессор Тур с сотрудниками в университете Райса (Хьюстон, США). Он утверждает, что цена такого графена может быть низкой, менее \$10 за килограмм.

Некоторые специалисты, например Владимир Самойлов из института «НИИГрафит» (Москва), полагают, что получаемый материал является по крайней мере двухфазным и представляет смесь сажеобразных структур и примерно 10% графена. Причем разделить фазы очень дорого, а использовать такой материал можно только в особых, нишевых применениях. «В принципе аналогия есть — детонационный метод синтеза алмазов. Но там получается ужасная смесь сажи и алмазов, их очистка снова требует неимоверного количества кислот, а без этого никакие полезные свойства алмазов не проявляются ни в каких применениях», — добавил Владимир Самойлов.

В США имеет значение неправительственный Графеновый совет, созданный корпоративными производителями, потребителями и индивидуалами. Совет проводит аналитическую работу, ежегодно публикуя обзор графеновой индустрии Graphene Report (документ продается за \$5 тыс. любому). Последний обзор опубликован в марте нынешнего года. В нем помимо актуального профиля 200 компаний обобщается опыт новых технологий, осмысливаются новые формы графена, описываются методики характеризации графеновых материалов, прорабатываются стандарты на массовые сорта графена, пропагандируются новые области применения, сопоставляются графеновые патенты и анализируются коммерческие тренды на разных секторах графенового рынка.

Исполнительный директор совета Терренс Баркан любезно сообщил нам 15 сентября, что в работе совета участвуют 50 ведущих компаний, преимущественно из Северной Америки и Южной Америки, но также из Европы, Азии и Австралии. Например, в области монокристаллов (CVD grade materials) это Graphenea (совместно с Испанией), Grolltex, General Graphene Corporation.

Среди производителей дисперсных материалов — порошков многослойных графенов, графеновых наночастиц, оксида графена — выделяются Versarien, XG Sciences, William Blythe, Abalonyx, Standard Graphene, Talga, First Graphene, Global Graphene Group, Zen Graphene Solutions. Как правило, в качестве сырья используется графит. Технология строится на модифицированном методе Хаммера и механической эксфолиации или же ином процессе, который расщепляет графитовые микрочастицы на чешуйки размером 1–5 мкм, состоящие из одного-десяти слоев графена. Большим спросом пользуется оксид графена (он содержит до 35% кислорода, не обла-

В автомобилестроении внедрение новых материалов занимает 10–20 лет. Направления разработок компании Ford в области графеновых материалов представлены на рисунке



— Схема применимости графена в девяти узлах легкового автомобиля

дает электропроводностью, но является гидрофильным материалом, и потому его удобно использовать как полупродукт в гидрохимических процессах).

Господин Баркан обратил внимание на то, что существуют сотни комбинаций и морфологий, особенно когда вы учитываете и тот графен, который был функционализирован путем добавления дополнительных элементов или соединений. «Хотя это делает семейство графеновых материалов довольно сложным, это также означает, что они могут быть „настроены“ в соответствии с практическими применениями, в которых они используются», — уверен Баркан.

— Господин Баркан, а что вы можете сказать о рынке графена в США?

— Мы идентифицировали по крайней мере 45 различных вертикальных рынков для графеновых материалов, крупнейшие из которых включают пластмассы, композиты, резину, краски и покрытия, датчики и накопители энергии. Многие крупные потребители графена, например в шинах или батареях, действуют в рамках соглашений о конфиденциальности и потому не раскрывают объемы, которые используют. Однако сейчас у нас заведомо есть несколько качественных производителей с многотонной годовой мощностью. Сочетание более зрелого развивающегося рынка и масштабов производства давит на цены графена, и они становятся все более конкурентоспособными. Цены по-прежнему сильно варьируются в зависимости от типа материала, объема и области применения, меняясь от нескольких тысяч долларов за килограмм до всего лишь \$50 за килограмм.

Важно отметить, что цена может быть обманчивой, потому что во многих приложениях требуется совсем немного графена, чтобы получить значительное улучшение свойств. Например, графен в весовой доле 0,02% может увеличить прочность цемента на сжатие примерно на 30%. Это означает, что, даже когда графен находится в высоких ценовых диапазонах, он оказывает небольшое влияние на стоимость конечного продукта. Гораздо важнее убедиться, что у вас есть правильный материал для применения.

Мы видим, что одно из наиболее перспективных направлений для внедрения и роста находится в автомобильном и аэрокосмическом секторах из-за необходимости «облегчать» — делать материалы прочнее, чтобы вы могли использовать их меньше и/или заменять тяжелые материалы, такие как металлы. В частности, термопласты — это горячая тема, потому что графен может не только упрочнить их, но и изменить тепловой профиль, чтобы они могли работать в более широких температурных диапазонах.

Совет представляет всю «экосистему графена», от академических институтов до поставщиков сырья, производителей графена, компаний-посредников и до конечных пользователей, таких как Ford Motor Co. Мы помогаем связать компании, которые хотят воспользоваться преимуществами графена, с надежными производителями и экспертами по предмету, способными помочь в разработке приложений. По сути, мы выступаем как катализатор для коммерческого внедрения и эксплуатации графена, чтобы помочь создать следующее поколение передовых материальных продуктов и приложений.

Дешевле \$100 за 1 кг

Джеймс Бейкер,

директор Graphene Engineering Innovation Centre — об инновациях в графеновой области в Европе

— Господин Бейкер, какие технологии применяются в Евросоюзе для производства графена?

— Существуют две основные методики (но в них много вариаций) получения графена. Методика «сверху вниз» (Top-down) начинается с графита, который через различные способы расщепляют на слои или пластинки графена. Методика «снизу вверх» (Bottom-up) начинается с атомов углерода или углеродсодержащего газа, например CH₄ (метан), и с помощью таких процессов, как CVD (химическое осаждение из газовой фазы), образуется пленка графена на листе подложки (например, меди). (см. веб-сайт www.graphene.manchester.ac.uk или канал YouTube для получения более подробной информации.)

— С помощью каких методов осуществляется контроль качества «сырьевого» графена?

— В настоящее время существует множество способов определения качества графена, включая количество слоев. Но основная методика включает методы Raman, SEM, XPS (рамановская, рентгеновская электронная и фотоэлектронная спектроскопия). Мы тесно сотрудничаем с Национальной физической лабораторией (NPL) Великобритании в разработке стандартов для графена и 2D-материалов.

— Существуют ли специальные операции по обогащению, очистке или рафинированию графена?

— В зависимости от процесса и применения могут быть и дальнейшие операции, например «функционализация» графенового материала, чтобы придать ему другие свойства, которые, скажем, могли бы сделать его легче диспергируемым.

— Расскажите, пожалуйста, о крупнейших потребителях европейского графена?

— «Форд» (автомобили), BASF MoGo (автомобили), компания Huawei (гаджеты), Inov-8 (обувь), Vittoria (шины), теннисные ракетки, лыжи и др.

— Видите ли вы сотрудничество Великобритании и России в области исследований и разработок графена, а также в совместном производстве некоторых видов графена?

— Уже есть хорошие примеры сотрудничества Великобритании и России в академических кругах, обсуждается и потенциальное промышленное сотрудничество.

— По поводу цен. Недавно вы сказали: «Теперь вы можете купить графен менее чем за 100 долларов за килограмм при хорошем качестве и консистенции»...

— Существует много типов графенового материала, и они различаются с точки зрения качества и направлений использования. Цены могут значительно варьироваться, но уже сейчас вы видите некоторые пластинчатые материалы по цене менее 100 долларов за килограмм, а цены снижаются. Ключом к правильному выбору графенового материала является область применения, которая определяет необходимые характеристики и качество.

— Как вам видится развитие мирового рынка графена в 2021–2025 годах?

— Есть много рыночных исследований, которые прогнозируют рост производства графена в течение следующих пяти лет, но реальный рост будет происходить за счет продуктов и приложений, поскольку мы приближаемся к «переломному моменту коммерциализации».

Graphene Flagship — крупнейшая европейская программа по сотрудничеству производителей и исследователей в области графена, направленная на коммерциализацию этого материала. Она включает 142 организации в 23 странах. Создана в 2013 году с бюджетом €1 млрд с распределением финансов на десять лет. Консорциум по проекту «Графен» объединяет более 150 научно-исследовательских коллективов и промышленных партнеров. Особенностью данного проекта является синергетическое развитие фундаментальных и прикладных исследований.

В Европе есть несколько производителей графенового материала с уровнем мощности от тонны до десятков тонн. Тип и качество графена зависит от производственного процесса, а объемы могут меняться в зависимости от заказов (как правило, производственные мощности используются неравномерно и далеко не полностью). Примеры крупных компаний: Thomas Swan & Co. Ltd., Haydale, Perpetuus, Versarien, William Blyth, Applied Graphene Materials (AGM) и First Graphene в Великобритании, а в Евросоюзе Abalonux, Graphenea (Испания), Directa Plus (Италия).

Напомним, что GEIC специализируется на четырех направлениях:

- * мембраны и покрытия в таких областях, как опреснение воды, топливные элементы и упаковка;
- * энергия: аккумуляторы, суперконденсаторы и накопители энергии;
- * электропроводящие чернила и составы: печатная электроника и интеллектуальные структуры для носимых устройств и сенсорных приложений;
- * композиты: возможности создания резиновых, пластмассовых, металлических и бетонных графеновых композитов.

Лю Чжунфань,

Пекинский графеновый институт:

две трети графеновых патентов в мире — китайские.

— Укажите, пожалуйста, ведущие компании по производству графена в Китае.

— Согласно Глобальному индексу графена, опубликованному китайской службой экономической информации (CEIS) в 2018 году, Китай и США лидируют в графеновой промышленности. В целом производство графена можно классифицировать как CVD-метод получения графеновой пленки и методы получения графеновых порошков. Некоторые примеры китайских производителей графена: CVD-пленки (Beijing Graphene Institute, Chongqing Graphene Technology Co., Ltd., 2D Carbon (Changzhou) Tech Inc., Ltd., Wuxi Graphene film Co., Ltd., Nanjing Ji Cang Nano Tech Co., Ltd.); графеновых порошков (SuperC (Dongguan) New Materials Technology Co., Ltd., Ningbo Morsh Co., Ltd., Qingdao Haoxin Technology Co., Ltd., Xiamen Knano Graphene Technology Co., Ltd., Baotailong Co. Ltd., The Sixth Elements (Changzhou) Materials Technology Co., Ltd., Shandong Leadernano Technology Co., Ltd.). Мощности производства графеновых порошков увеличились с 201 тонны в 2013 году, 502 тонн в 2015 году до 1400 тонн в 2017 году, а сейчас Китай может производить более 5 тыс. тонн в год. Китай также лидирует в массовом производстве тонких пленок CVD-графена. Производственные мощности составили 190 тыс. кв. м в 2015 году, 3,5 млн кв. м в 2017 году и 6,5 млн кв. м в 2018 году. Для оксида графена мощности также были увеличены со 108 тонн в 2013 году, 132 тонн в 2015 году до 710 тонн в 2017 году.

— Какие основные технологии производства графена используют в Китае?

— Формы графеновых изделий обычно можно классифицировать как порошковые и тонкопленочные. Графеновый порошок может быть изготовлен «сверху вниз» или «снизу вверх». Метод «сверху вниз» включает механическое, жидкостное, электрохимическое отшелушивание графита и окислительно-восстановительную технологию, метод «снизу вверх» включает химическое осаждение из паровой фазы, дуговой разряд и т. д. В этом году профессор Джеймс М. Тур опубликовал технологию получения графена за 10 мс с помощью термического шока.

Графеновые тонкие пленки можно производить методом CVD. Группа профессора Лю Чжунфаня смогла вырастить суперчистый графен на медной подложке. Такие пленки с чистотой 99% обладают необычными электрическими, оптическими и механическими свойствами. Лю Чжунфаня также является изобретателем суперграфенового стекла. Кроме того, CVD-графен может быть выращен на сапфире и на кремниевых пластинах.

— Есть ли здесь специальные аппараты по обогащению, очистке или рафинированию графена?

— Центрифуга обычно применяется, чтобы получить специальное распределение порошков графена по размерам в растворе. Применяются и другие методы: например, разработанный компанией XG Science из США, он позволяет производить графеновый порошок размером с чешуйку, в районе 50 нм. Существуют также технологии очистки или рафинирования графенового порошка путем фильтрации некоторых ионов.



ПЕКИНСКИЙ ГРАФЕНОВЫЙ ИНСТИТУТ

— Расскажите, пожалуйста, о крупнейших промышленных потребителях графена.

— Графеновые электропроводящие добавки производят BYD Co., Gotion High-tech Co., Tianjin Lishen Battery Joint Stock Co. Графеновые теплопроводящие пленки выпускают Huawei Technologies Co., Xiaomi Inc., Guangdong OPPO Mobile Telecommunications Co.

Три основные области применения графеновых материалов в Китае: электропроводящие добавки для аккумуляторных батарей, электротермические материалы для отопления и здравоохранения, графеновые покрытия для защиты от коррозии.

— А как насчет статистики науки о графене в Китае?

— С 2011 года по числу публикаций о графене китайские ученые занимают первое место в мире. К июлю 2020 года оно составило 108 937, то есть 34% от общемировых. В США (второе место) было опубликовано только около 37 тыс. работ. Основная тематика китайских публикаций: монокристаллические пленки на кремниевых подложках, сверхчистые графеновые тонкие пленки, суперграфеновое стекло, графеновое оптическое волокно и графеновые мембраны.

К концу 2018 года число поданных из Китая патентных заявок на графен достигло 47 397 (68,4% от общемирового). К июню 2020 года в Китае зарегистрировано 16 800 компаний, связанных с графеновым бизнесом. Создано 29 графеновых промышленных парков, 54 графеновых института и 8 графеновых инновационных центров.

— Видите ли вы китайско-российское сотрудничество в графеновой области?

— Существует много возможностей сотрудничества в области графена. Россия богата природными ресурсами, такими как нефть и газ, и ей необходимы трубопроводы. Для их защиты могут быть использованы антикоррозионные покрытия на основе графена. Китайско-российское сотрудничество может быть развито также в следующих областях: совместные научные исследования, деловое сотрудничество и совместные предприятия по производству графеновых материалов.

— Как вам видится развитие мирового рынка графена в 2021–2025 годах?

— Глобальный рынок графена в 2017 году оценивался в \$97,01 млн и, по прогнозам, достигнет \$1,50 млрд к 2025 году, увеличившись в среднем на 40,9% с 2018 по 2025 год (Verified Market Research, February 13, 2020). Но предсказать точное будущее графеновой промышленности трудно, хотя графен признан как перспективный двумерный материал с захватывающими свойствами. С момента первоначального перехода академических исследований в реальные приложения прошло всего несколько лет. Другими словами, индустриализация и коммерциализация графена — это долгая дорога, без коротких путей к успеху. Благодаря непрерывным улучшениям в области синтеза материалов в промышленных масштабах и появлению новых «убийственных» применений графеновая промышленность должна видеть светлое будущее.

Антонио Кастро Нето,

сингапурский Графеновый центр:

к нам приехал Костя Новоселов.

— Укажите, пожалуйста, ведущие компании по производству графена.

— Мировой рынок графена сложен, с тысячами компаний, производящих его, — от пленок до порошков, с различными уровнями качества и стандартизации. Мне трудно выделить отдельные компании. В Сингапуре ведущей компанией является 2D Materials с мощностью 12 тонн графена в год. Она получила предварительные инвестиции от CBMM, компании, которая является главным поставщиком ниобиевых продуктов и технологий. «Брак» между графеном и ниобием имеет огромный потенциал применения — в частности, в твердотельных аккумуляторных батареях. Это передний край электроаккумуляторной технологии — в отличие от обычных жидкоэлектролитных, твердотельные батареи не воспламеняются, и они очень дешевы. Эту технологию развивает сингапурская компания Graphene Watts.

— А какие же в Сингапуре основные технологии производства графена?

— Существует несколько способов получения графена, наиболее распространены либо жидкофазное отслоение от графита, либо химическое осаждение из газовой фазы (CVD, chemical vapor deposition) на металлические поверхности. Способ производства зависит от области применения. Например, графен можно использовать в качестве армирующего материала в углеродных и стекловолоконных, он повышает сопротивление волокон. Другая сингапурская компания — MADE Advanced Materials — применяет графен в волокнах для использования в военном деле, аэрокосмической промышленности и других областях. CVD-пленки обычно интересны в таких приложениях, как сенсорные панели и экраны. Но из-за высокой стоимости CVD-графен не смог захватить большой сектор рынка.

— Как участники рынка контролируют качество графена?

— В апреле 2019 года Сингапур стал первой страной, выпустившей стандарт определения характеристик графена. Поскольку толщина графена менее одного нанометра, стандарты предполагают использование нанотехнологий для измерения толщины, содержания углерода и примесей, наличия дефектов.

— Существуют ли обогатительные или очистительные, рафинирующие операции?

— Качество графена сильно зависит от сырья. Для графеновых хлопьев ис-



ГРАФЕНОВЫЙ ЦЕНТР, СИНГАПУР

пользование графита с содержанием углерода 90% и выше гарантирует отсутствие необходимости удаления примесей. Удаление примесей значительно увеличивает стоимость производства графена из-за необходимости использования химических веществ, которые

не являются экологически чистыми.

— Расскажите, пожалуйста, о крупнейших B2B-потребителях графена.

— Мир потребляет тысячи тонн графеновых продуктов в год во многих отраслях — от нефтехимии до хранения энергии. Так, сингапурская компания Aquastricta применяет графен в строительстве. Мировое потребление цемента составляет около 2 млрд тонн в год. Добавление 0,01% графена в цемент (что эквивалентно производству 200 тыс. тонн графеновых хлопьев) может сделать цемент водостойким, а также снизить выбросы углекислого газа при производстве бетона на 50%.

— Какие главные достижения вашего Графенового центра?

— Центр графена был создан в 2010 году в Национальном университете Сингапура и стал первым исследовательским центром графена в мире. С 2014 года это центр передовых 2D-материалов, поскольку исследуется не только графен, но и другие двумерные материалы. Наш центр имеет самый высокий академический эффект по числу публикаций и их влиянию. Его репутация привлекла самых значимых ученых. Мы гордимся тем, что в 2019 году профессор сэр Костя Новоселов, нобелевский лауреат 2010 года, переехал из Великобритании в Сингапур, чтобы стать сотрудником нашего центра.

— Видите ли вы сингапурско-российское сотрудничество в области исследований и разработок графена?

— Присутствие сэра Кости в Сингапуре создает колоссальные возможности для сотрудничества между Сингапуром и Россией в науке и технике двумерных материалов. Центр перспективных 2D-материалов уже осуществляет большое международное сотрудничество, и мы будем рады сотрудничеству с российскими коллегами.

— Какое ваше мнение насчет мирового рынка графена в 2021–2025 годах?

— Глобальный рынок графена в 2019 году оценивается примерно в \$100 млн и, как ожидается, с 2020 по 2027 год будет ежегодно расти на 39% из-за растущего спроса в области хранения энергии, композитных материалов, покрытий и других.

Борщевик Сосновского: растение-терминатор или культура будущего

Страшный сорняк, захвативший огромные угодья, появился как надежда советского сельского хозяйства. Справиться с ним обычными способами не удастся — поэтому, вероятно, стоит начать его хозяйственное использование.

— Сейчас борщевик занимает, по разным оценкам, от 20% до 40% сельхозгодий



На пленуме ЦК КПСС в 1946 году было принято решение поднимать кормовую базу для сельскохозяйственных животных в стране, и выбор ученых пал на борщевик Сосновского. Первые испытания по введению в культуру борщевика Сосновского состоялись в 1947 году в Полярно-Альпийском ботаническом саду, где он был введен в первичную культуру, изучен и рекомендован для выращивания как кормовое растение. Виды рода борщевик (*Heracleum*; семейство сельдерейные, или зонтичные) как кор-

БОРЩЕВИК СОСНОВСКОГО, *HERACLEUM SOSNOWSKYI*

Был впервые описан в Грузии (Месхетии) Идой Пановной Манденовой в 1944 году. Травянистое двухлетнее растение, монокарпик (размножается одножды за время жизни), с высокой адаптационной изменчивостью, коротким периодом вегетации, приспособленностью к короткому световому дню, повышенной радиации и гипоксии, среди борщевиков других видов он выделяется размерами. Генеративный побег борщевика Сосновского поднимается на 2–6 м в высоту, диаметр главного зонтика достигает 1,3 м, диаметр розетки листьев доходит до 3 м. Борщевик Сосновского легко приспособливается даже к условиям Заполярья. Он влаголюбив, предпочитает плодородные легко- и среднесуглинистые, супесчаные почвы, плохо, но растет на бедных, кислых и неплодородных почвах, где имеет значительно меньшие размеры.

мывые растения в СССР стали активно изучать после 1947 года, особенно интенсивно — в 1960–1980 годах, они входили в государственные программы по новым и нетрадиционным кормовым культурам, активно поддерживаемые КПСС и правительством СССР.

Борщевик Сосновского как высокоурожайная кормовая и силосная культура, богатая протеином, витаминами, микроэлементами, сахарами, обеспечивающими хорошую силосуемость, привлек многие хозяйства в разных регионах страны.

Урожайность зеленой массы борщевика в Нечерноземной зоне была много выше таковой для кукурузы. Многолетнее использование плантаций борщевика (отсутствие ежегодных вспашек, внесения удобрений и прочих применяемых затратных агроприемов) и, следовательно, дешевизну его возделывания по сравнению с традиционными кормовыми культурами оценили многие животноводческие хозяйства.

Началось его селекционное улучшение, и к началу 1980-х годов были выведены новые сорта борщевика: «Северянин» с низким содержанием кумаринов — в Коми В. М. Мишуровым, безкумариновый «Отрадный БИН-1» на основе борщевика понтийского Н. Ponticum — И. Ф. Сацыпировой на научно-опытной базе «Отрадное» Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН. Семена этих сортов борщевика ежегодно рассылались килограммами по селекционным и сортоиспытательным станциям для оценки и внедрения в хозяйства, но внедрены они так и не были: помешали политические события конца 1980-х — начала 1990-х годов.

Борщевик, раз попав на поля, стал распространяться и занимать все свободные пространства вокруг и вдоль дорог и далее в лесополосах. Особенно быстро процесс пошел в начале 1990-х годов, когда поля и сельскохозяйственные угодья были заброшены. Спустя 15–20 лет борщевик Сосновского стал настоящим бичом территорий России и бывших республик СССР. Сейчас он занял, по разным оценкам, от 20% до 40% сельскохозяйственных угодий.

Многие годы борщевик Сосновского был предоставлен сам себе и проявился как инвазивный вид, угнетающий природные луговые биоценозы. Он стал угрозой биологическому разнообразию природных ландшафтов. Контролировать его распространение стало актуальной задачей фитосанитарной безопасности России.

В ноябре 2015 года Министерством сельского хозяйства борщевик Сосновского внесен в «Отраслевой классификатор сорных растений». В бюллетене ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» (выпуск №6 (176), 2018 год) борщевик Сосновского (районированный сорт «Северянин») исключен из Государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию. После принятия таких документов борщевик Сосновского следует уничтожать по всей территории его распространения.

Борщевик уникален тем, что способен хорошо расти в климатических условиях северного Нечерноземья, где пшеница и кукуруза растут довольно плохо, а он еще и не требует затрат на посевные работы. Если бы в 2019 году борщевик Сосновского собрали со всех сельхозугодий (что, конечно, невозможно), где он растет (60 млн га), то при его средней урожайности 70 тонн с гектара можно было бы рассчитывать

КАРТА-СХЕМА ИНВАЗИИ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ



СПОСОБЫ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО

Первый, наиболее простой: увеличить кормовую базу животноводства, чтобы увеличить поголовье крупного рогатого скота в стране на порядок. Основным полупродуктом может быть жмых борщевика Сосновского после отжима сока.

Второй: производство сахара. Может быть в 2–3 раза повышена рентабельность сахарных заводов России при их незначительной модернизации.

Третий: получение биоэтанола, то есть использование сахаристости борщевика Сосновского для производства спиртов. Биоэтанол — дешевое и экологически чистое моторное топливо.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО

Вегетация борщевика Сосновского начинается весной сразу после схода снега — до появления других растений, и он активно использует весеннюю влагу, отнимая жизненный ресурс у других растений. Быстрый рост, способность расти скученно, огромные листья, затеняющие почву и забирающие до 80% солнечного света, позволяют ему вытеснять аборигенные виды и препятствовать их возобновлению. Семена борщевика Сосновского завязываются путем пере-

кестного опыления: одно растение может дать начало новой популяции, поскольку продуктивность его чрезвычайно высока.

В средней полосе России одно растение может производить до 40–50 тыс., а отдельные хорошо развитые экземпляры при благоприятных условиях — до 150 тыс. семян! Всхожесть семян высокая от 60% до 90%. Кроме того, семена и различные части растения выделяют биологически активные вещества, оказывающие выраженное ингибирующее воздействие на прорастание семян других видов растений.

Четвертый: получение древесного угля, снова из жмыха, для бытовых нужд, технология хорошо освоена.

Пятым: получение целлюлозы, и снова из жмыха, для производства картона.

Шестым: получение пилет и гранул для отопительного оборудования.

Седьмым: как сырье для фармацевтической промышленности путем выделения биологически активных соединений (кумаринов, флавоноидов, смол и др.).

Восьмым: как сырье для медицинской и парфюмерной промышленности путем выделения из его корней, листьев и плодов эфирных масел.

Девятым: получение технических эфирных масел для различных отраслей промышленности.

на 4200 млн тонн зеленой массы — это почти 600 млн тонн кормовых единиц! А потребность России в кормах для животноводства и птицеводства зимой 2018/2019 годов составляла около 100 млн тонн кормовых единиц. Количество протеина в борщевике — около половины всех растительных белков, заключенных в мировом урожае зерновых в 2015 году. Белки в борщевике в основном остаются в жмыхе после отжима сока.

Борщевик Сосновского сопоставим по урожайности на силос с кукурузным силосом (70 тонн с гектара против 80 тонн), но существенно превосходит кукурузу по всем значимым кормовым качествам.

Борщевик — важный источник эфирных масел, их содержание в зрелых семенах колеблется от 1% до 5%, иногда 10%, в сырой массе корневищ — до 1%, в зеленой массе (листьях) эфирных масел меньше: не более 0,1%. Всего в пределе (недостижимом, разумеется) можно собрать из российского урожая борщевика порядка 8 тыс. тонн эфирных масел! Это на два-три порядка больше, чем нужно всему мировому рынку.

В надземной части борщевика заключено значительное количество целлюлозы, хотя и не очень высокого качества: около 60% сухой массы, или 9% зеленой массы. В пределе (недостижимом) из борщевика можно получить около 300 млн тонн целлюлозы, вдвое больше потребностей мирового рынка.

Можно также производить из борщевика Сосновского биоэтанол, его прогнозируемая продуктивность при этом рекордная среди всех растений, включая теплолюбивые: в идеале до 25 тыс. литров с гектара. Нынешние рекордсмены, сахарный тростник и сахарная свекла, позволяют производить соответственно 4550 и 5060 литров биоэтанола с гектара.

Так что прежде чем уничтожать, стоило бы попытаться использовать ресурс биомассы борщевика в интересах экономики России.

КИРИЛЛ ТКАЧЕНКО, доктор биологических наук, руководитель группы полезных растений и лаборатории семеноведения Ботанического сада Петра Великого, Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН

Внедрение борщевика Сосновского в природные ландшафты изменяет пейзажи. Эти гигантские растения, произрастая в изобилии в парках, на заброшенных усадьбах, других исторических местах, внедряются в рекреационные зоны, захватывают берега водоемов, нарушая естественные природные ценнозы.

По материалам статьи В. Л. Богданова, Р. В. Николаева и В. В. Шмелевой «Инвазия экологически опасного растения борщевика Сосновского на территории европейской части России», журнал «Региональная экология»

Как порвались связи советской науки с мировой

К началу 1930-х годов отечественная академическая наука лишилась части прежних свобод. В 1930-е годы государство постоянно ужесточало правила. Одним из них был курс на неуклонное сворачивание международных научных связей. Советские ученые должны были служить только советской науке и никакой другой: кругом были враги, даже среди самих работников науки!



На Мировой конгресс помощи ученым и исследователям в Париже в сентябре 1931 года предложено было послать член-корреспондента АН СССР Ивана Луппола и вице-президента академии Николая Марра. Заведующий Секретным отделом ЦК ВКП(б) Александр Поскребышев наложил резолюцию: «Послать одного». Политбюро проголосовало за Марра.

На XV Международный съезд физиологов в Риме в августе 1932 года решено было отправить делегацию из семи человек, в числе которых было два академика — Иван Павлов и Александр Палладин, на Международный конгресс математиков в Цюрихе в сентябре 1932 года — делегацию из пяти человек, включая академика Сергея Бернштейна. Затем к делегации математиков отдельным решением политбюро был добавлен академик Николай Лузин, поскольку его неприезд на конгресс мог вызвать «известные недоумения и возможные нарекания на Советские организации».

Даже по формулировкам решений политбюро можно было понять, что число ученых, которым может быть дозволен выезд, сводится к минимуму. Крупнейший тюрколог академик Александр Самойлович был «временно командирован» в Турцию и получил на расходы 200 американских долларов. Одновременно с ним был отправлен академик Марр — «по просьбе Кемалея» (президента Турции Мустафы Кемалея Ататюрка). Резюме политбюро: «Эта кратковременная поездка может полностью исчерпать задачи первоначального контакта между советскими тюркологами и турецкими учеными».

Постановлением политбюро ЦК ВКП(б) от 7 мая 1934 года «О командировках за границу» всем наркоматам и другим центральным и местным организациям воспрещалось посылать за границу представителей групп или делегаций без санкции комиссии ЦК. Состав комиссии: секретарь ЦК ВКП(б) Андрей Жданов (председатель), заместитель председателя СНК Валерий Межлаук, заместитель председателя Комиссии партийного контроля Николай Ежов, заместитель председателя ОГПУ Яков Агранов и заведующий Особым сектором ЦК Александр Поскребышев. После убийства Кирова Андрей Жданов был направлен в Ленинград на должность первого секретаря горкома и обкома партии, новым председателем комиссии стал Ежов. В 1937 году персональный состав комиссии несколько раз поменялся — в связи с арестами ее членов.

В годы НЭПа советские ученые спокойно ездили в заграничные командировки, в том числе длительные, стажировались и работали за рубежом, посещали зарубежные научные конференции и конгрессы, публиковали работы в иностранных журналах. Молодые ученые становились стипендиатами зарубежных филантропических фондов. Физики-теоретики Лев Ландау, Георгий Гамов, Владимир Фок, Яков Френкель были стипендиатами Фонда Рокфеллера, Игорь Тамм — Фонда Лоренца. Но и тогда командированных за границу лиц проверяла специальная комиссия, состоявшая из представителей ЦК ВКП(б), Центральной контрольной комиссии и Иностранного отдела ОГПУ. И роль ОГПУ в этой комиссии неуклонно возрастала.

В 1929 году политбюро ЦК ВКП(б) приняло постановление «О порядке разрешения вопроса об участии делегаций СССР в международных научных съездах и о составе этих делегаций». Вопросы об участии СССР в созываемых за границей или на территории Союза международных научных съездах и конференциях, говорилось в постановлении, должны были разрешаться Совнаркомом или совещанием председателя СНК СССР с его заместителями, а персональный состав делегаций должен определяться комиссией ЦК по выездам за границу, а в случае разногласий с Совнаркомом — рассматриваться в ЦК. Поэтому с каждым годом уменьшалось число счастливых, получивших разрешение на выезд.

25 апреля 1931 года видный партийный деятель и академик Николай Бухарин послал председателю Совнаркома Вячеславу Молотову просьбу командировать делегацию на Международный конгресс по науке и технике в Лондоне, более похожую на дружеское письмо. «Дорогой Вячеслав Михайлович! Очень тебя прошу поставить сегодня в ПБ (политбюро) — «Ъ-Наука» в экстренном порядке и решить вопрос. Наркоминдел относится к посылке делегации весьма сочувственно». Посылка делегации во главе с академиком Николаем Бухариным была утверждена с минимальными изменениями.

— Чрезвычайная сессия Академии Наук СССР в ноябре 1933 года. На сессии обсуждались вопросы, связанные с ролью советской науки в реализации задач второго пятилетнего плана развития народного хозяйства СССР (1933 - 1937 гг.)

Выпускать избранных на время, вернуть всех и навсегда

Созданию комиссии ЦК по выездам за границу в мае 1934 года предшествовало два судьбоносных административных решения, касающихся Академии наук, — о ее переподчинении Совнаркому (25 ноября 1933 года) и о переводе академии в Москву (15 апреля 1934 года).

Начинается резкое свертывание международных контактов. Работавших за рубежом ученых возвращали в СССР (или, как минимум, пытались вернуть), а выезд в заграничные командировки становился все более редким явлением. В представленном президиумом АН СССР плане заграничных командировок на 1936 год было предложено принять участие в 12 международных конгрессах и конференциях. Политбюро обсуждало участие только в одном — Международном математическом конгрессе в Осло. Делегацию было предложено сократить с 29 до 10 человек.

Работавший в Кембридже Петр Капица периодически приезжал в СССР. Во время очередного приезда в сентябре 1934 года ему предложили остаться, он отказался — и ему аннулировали выездную визу. В октябре того же года в письме председателю Совнар-

кома Молотову и наркомом внутренних дел Генриху Ягоде нарком иностранных дел Максим Литвинов сообщал, что директор Кавендишской лаборатории, лауреат Нобелевской премии Эрнест Резерфорд ходатайствует о возвращении Капицы: «Полагаю, что ответ должен состоять в том, что советское государство само нуждается в услугах Капитца (так в документе.— «Ъ-Наука») и поэтому не намерено разрешать ему в настоящее время работать за границей. Постпредство может разъяснить, что наше государство считает себя вправе по своему усмотрению направлять деятельность ученых, которых оно вырастило и на образование которых были затрачены государственные средства». Той же осенью 1934 года советское руководство отказалось от дальнейшего сотрудничества с Фондом Рокфеллера.

В 1932 году председатель совета министров Турции Исмет-паша во время визита в СССР пригласил академика Николая Вавилова в Турцию. 7 августа 1934 года политбюро выносит решение: «Отклонить предложение т.т. Чернова и Крестинского о командировании академика Вавилова в Турцию по вопросам растениеводства».

С 1931 года предложения срочно вернуться на родину начинают получать два крупных химика — академик Владимир Ипатьев (выехал на Международный энергетический конгресс в 1930 году, остался на лечение в Германии в связи с раком горла, затем переехал в США) и академик Алексей Чичибабин (после трагической гибели дочери выехал за границу вместе с женой, нуждавшейся в психиатрическом лечении, работал во Франции). В феврале 1931 года вопрос об Ипатьеве и Чичибабине обсуждался в Ленинградском обкоме ВКП(б) на совещании с участием представителей Объединенного государственного политического управления (ОГПУ). 6 февраля политбюро продлило их заграничные командировки на три месяца. В то же время следовало «постараться договориться с ними на месте о их действительном возвращении в СССР» (совершенно секретная записка председателя Ученого комитета при ЦИК Луначарского секретарю ЦК Павлу Постышеву). Командировки продлевались несколько раз. В июле 1932 года комиссии в составе прокурора СССР Акулова, замнаркома тяжелой промышленности Пятакова и секретаря ЦК ВКП(б) Постышева было поручено выяснить вопрос о дальнейшем пребывании академиков Чичибабина и Ипатьева за границей. Заместитель наркома иностранных дел Николай Крестинский докладывал Сталину: «Когда тов. Бухарин ехал на конгресс в Лондон, тов. Орджоникидзе, по поручению политбюро, просил его повидаться в Германии с академиком Ипатьевым и предложить последнему вернуться в СССР, пообещав, что по отношению к нему никаких репрессивных мер принято не будет и что он сможет по-прежнему работать в своем институте». Разговор не состоялся, так как Ипатьев переехал из Германии в Соединенные Штаты. Переговорить с Ипатьевым было поручено неофициальному агенту НКВД в Вашингтоне Борису Сквирскому. Ипатьев жаловался на сильное нервное переутомление, головные боли в районе левой части головы и левого уха, онемение в руках и бессонницу, просил дать ему возможность лечиться за границей за свой счет до полного восстановления здоровья. Он также сказал Сквирскому, что у него подписан годичный контракт с американским университетом и он сможет вернуться в Москву только после истечения срока контракта. В сентябре 1933 года при очередном продлении командировки Чичибабина Академии наук было предложено принять меры к его скорейшему возвращению в СССР.

29 декабря 1936 года Ипатьев и Чичибабин были исключены из членов Академии наук СССР, 5 января 1937 года — лишены советского гражданства. Сына Ипатьева, химика Владимира Ипатьева, вынудили публично осудить отца, что, впрочем, не спасло его от ареста в последующем.

Запретный приз

Поблажки в плане выезда за рубеж предоставлялись только мировым величинам и руководству академии.

В письме секретарю ЦК Павлу Постышеву летом 1932 года Николай Бухарин просил разрешить выезд в Финляндию на два месяца жене, дочери и сыну академика Павлова: «Мотивы выез-

Академик Лузин не отрицает, что серьезные теоретические труды он систематически печатал за границей, а в Советском Союзе публиковал то, что сам называл «белибердой» и «пустяками»

«Правда», 14 июля 1936 года, «Враг, с которого сорвана маска»



— Советский математик Николай Николаевич Лузин. Репродукция фотографии из Архива Академии наук СССР (Российской академии наук).

ИМ ЧУЖДЫ ПОНЯТИЯ РОДИНЫ И НАРОДА

Лишение советского гражданства — мера суровая и тяжкая. Она кладет клеймо позора на тех, кто ей подвергнут... Оба они — старые ученые, получившие профессорское звание еще до революции. По своим взглядам и навыкам они принадлежали к миру капиталистической наживы. Наука была для них источником дохода... Цена их научный опыт, их знания, рабочий класс, пришедший к власти в стране Советов, не только сохранил за господами Чичибабиным и Ипатьевым их материальное положение, но значительно расширил и улучшил условия их научной работы. В их распоряжении были специальные институты и лаборатории с превосходным оборудованием... Но вот господин Чичибабин и господин Ипатьев попали по командировке за границу, в родной им по духу капиталистический мир... Капиталисты поманили золотым кошельком, и люди уже на склоне лет продались как рабы. Тщетно Академия наук звала их обратно, тщетно профессор Ипатьев писал отцу своему, бывшему академику Ипатьеву, о позоре, которым он чернит имя свое и своих детей. Ясно стало, что им чужды понятия родины и народа.

да: Там живут внуки Павлова. Контр-мотивы: Есть сомнения, что т. к. Павлов тоже едет (пост. Политбюро есть), то не рискованно ли отпускать». Но поскольку семья академика ездила за рубеж ежегодно, компрометирующих данных на них не нашлось, решено было не нервировать академика и отпустить его с семьей к внукам.

В августе 1933 года академик Алексей Северцов был отпущен на лечение водами в Карлсбад (в сопровождении жены). В ноябре 1933 года отпустили на лечение академика Александра Ферсмана — после того как за него попросил Вернадский. После обсуждения на политбюро Молотов поставил резолюцию: «Тов. Сталину. По-моему, надо послать Ферсмана за границу для лечения».

В январе 1934 года выехать на два с половиной месяца для лечения на юге Франции было разрешено вице-президенту АН СССР Владимиру Комарову, вместе с женой, «с выдачей ему полторы тысячи золотых рублей».

В июне 1935 года академику Вернадскому (вместе с женой) было разрешено выехать в командировку за рубеж на три месяца. Маршрут — Чехословакия (там у него жила внучка), Италия, Англия, Франция, причем месяц перед поездкой академик, как настоящий патриот, провел на отдыхе в санатории «Узкое». На письме Вернадского Молотову с просьбой о выезде — виза Поскребышева. Значит, можно ехать.

В решении политбюро, принятом летом 1935 года по поводу поездки академика Павлова на 2-й Международный неврологический конгресс, можно прочесть (орфография оригинала сохранена): «Директор ВИЭМ Л. Н. Федоров, знающий семью Павлова, поддерживает выдвижение спутником и переводчиком сына Павлова — Владимира, на лояльность которого можно полностью рассчитывать, в противовес второму сыну академика Павлова — Всеволоду».

А вот академику Николаю Лузину в июне 1934 года в выезде во Францию на лечение было отказано, хотя он, безусловно, был мировой величиной.

Нападение на Лузина

В советской делегации на Международном конгрессе по науке и технике в Лондоне в 1931 году был Эрнест Кольман. Единственный «тов.», а не «акад.» и не «проф.» в списке — партийный секретарь делегации. В том же году тов. Кольман опубликовал в журнале «Большевик» статью «Вредительство в науке» — одну из многих подобных статей, определивших атмосферу в научной среде в 1930-е годы. В том же году Кольман написал и первый донос на академика Лузина. В июле 1936 года в «Правде» появились три статьи без подписи: «Ответ академику Н. Лузину», «О врагах в советской маске» и «Враг, с которого сорвана маска», автором которых, скорее всего, также был Кольман.

Для разбора «дела Лузина» была создана специальная комиссия АН СССР, председателем которой стал вице-президент академии Глеб Кржижановский, а в состав вошли академики Иван Виноградов, Алексей Бах, Отто Шмидт, Николай Горбунов, Александр Ферсман, Сергей Бернштейн и др. Лузина обвиняли в том, что он обкрадывал своих учеников, приписывая себе их научные открытия, мстил тем, кто освобождался от его влияния, раздавал хвалебные отзывы невеждам и даже душевнобольным, печатал свои труды за рубежом, до революции придерживался правых, черносотенных взглядов, сохранив их и после победы революции.

«Академик Лузин не отрицает, что серьезные теоретические труды он систематически печатал за границей, а в Советском Союзе публиковал то, что сам называл «белибердой» и «пустяками», — «Правда», 14 июля 1936 года, «Враг, с которого сорвана маска».

У этой истории неожиданно хороший конец. 6 августа 1936 года центральные газеты опубликовали постановление президиума АН СССР, в котором признавалась критика газеты «Правда», но заканчивалось оно такими словами: «Президиум считает возможным ограничиться предупреждением Н. Н. Лузина, что при отсутствии решительного перелома в его дальнейшем поведении Президиум вынужден будет неотложно поставить вопрос об исключении Н. Н. Лузина из академических рядов». По неко-

торым сведениям, на подобное решение дал добро лично товарищ Сталин.

Обвинения в публикациях за рубежом и «низкопоклонстве перед границей» выдвигались и против сотрудников Пулковской обсерватории. Солнечное затмение 19 июня 1936 года наблюдалось преимущественно на территории СССР. В связи с этим руководство обсерватории активнее обычного общалось с зарубежными учеными. А летом в «Ленинградской правде» была напечатана серия статей-доносов, подписанных писателем Давидом Славентантором. НКВД начал расследовать «пулковское дело», арестовано было более 100 человек, 8 расстреляно, остальные посажены.

В Томске в кампанию по «борьбе с раболопием перед зарубежной наукой» в наличии публикаций в зарубежных изданиях обвиняли профессора Томского университета Стефана Бергмана, эмигрировавшего из Германии в СССР после прихода к власти Гитлера.

Число публикаций советских ученых в зарубежных научных журналах неуклонно снижалось с 1930 года. Кроме страха было еще несколько факторов: молодое поколение деятелей науки не привыкло к зарубежным контактам и слабо владело иностранными языками; происходило и становление отечественных научных школ по многим дисциплинам.

Несостоявшийся конгресс

В 1930-е годы взошла звезда злого гения советской биологии Трофима Лысенко. Агроном Лысенко стал известен благодаря разработанной им методике яровизации — проращивания семян перед посевом при низких положительных температурах. Первоначально Лысенко покровительствовал академик Николай Вавилов, президент Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина (ВАСХНИЛ) и директор Всесоюзного института растениеводства (ВИР): по его рекомендации Лысенко был избран членом-корреспондентом Академии наук УССР и АН СССР, выдвинут за работы по яровизации на соискание премии имени Ленина в 1933 году. Но вскоре из протезе Вавилова Лысенко превратился в его злейшего врага.

В 1932 году в Итаке (США) состоялся VI Международный конгресс генетиков. Делегацию СССР возглавлял Николай Вавилов. Следующий конгресс было предложено организовать в 1936 году в Скандинавии или в Москве. Поездка в Итаку была последней зарубежной командировкой академика Вавилова. В 1935 году советское правительство подтвердило проведение конгресса в Москве, но он был перенесен на 1937 год. К тому времени Лысенко и его сторонники всю атаковали представителей так называемой «старой школы» генетики, «формальной генетики» — Николая Вавилова, Николая Кольцова. В дискуссии в первую очередь использовались не научные, а идеологические доводы.

ПЛАТА ЗА ДОБЛЕСТНЫЙ НАУЧНЫЙ ТРУД

С 1 января 1937 года решением Совнаркома, утвержденным политбюро, были установлены новые оклады для академиков, членов-корреспондентов и научных работников АН СССР: действительным членам Академии — 1000 руб. в месяц; членам-корреспондентам — 500 руб. в месяц; персональные оклады особо выдающимся ученым — действительным членам Академии наук, полностью работающим в учреждениях Академии наук (10–12 человек, по утверждению Совнаркома) — 3000 руб. в месяц. Были установлены также следующие ставки заработной платы: для директоров институтов Академии наук — от 1500 до 2000 руб. в месяц (для заместителей — на 20% меньше); для руководителей лабораторий, отделов и секторов институтов АН — от 700 до 1500 руб. в месяц; для старших научных сотрудников учреждений и специальных аспирантов АН — от 600 до 800 руб. в месяц; для младших научных сотрудников учреждений АН — от 400 до 600 руб. в месяц; для научно-технических сотрудников — от 250 до 400 руб. в месяц. Средняя месячная зарплата в РСФСР в марте 1936 года составляла 208 руб.

ИСКЛЮЧЕНИЕ ИЗ АКАДЕМИКОВ

В принятом в 1927 году уставе Академии наук СССР появился пункт 27: «Действительный член Академии наук лишается своего звания, если он не выполняет обязанностей, налагаемых на него этим званием, или если его деятельность направлена явным образом во вред Союзу ССР».

2 февраля 1931 года из членов АН были исключены академики-историки Сергей Платонов, Евгений Тарле, Николай Лихачев и Матвей Любавский, арестованные по так называемому «Академическому делу».

3 марта 1931 года исключен из членов Академии историк, директор Института Маркса и Энгельса Давид Рязанов, арестованный по политическому обвинению.

22 декабря 1934 года из членов АН СССР исключены арестованные «за участие в контрреволюционной организации» филологи Владимир Перетц (вскоре умер в ссылке) и Михаил Сперанский.

В новом уставе АН СССР, утвержденном 23 ноября 1935 года, пункт об исключении выглядел так: «Действительные члены, почетные члены и члены-корреспонденты Академии наук лишаются своего звания по постановлению Общего собрания, если деятельность их направлена во вред Союзу ССР». Фактически решения принимались политбюро ЦК, а последующее постановление общего собрания академии было лишь формальностью.

29 декабря 1936 года были исключены не желавшие возвращаться в СССР академики Владимир Ипатьев и Алексей Чичибабин.

29 апреля 1938 года было принято решение об исключении из АН СССР 21 академика и члена-корреспондента, многие из которых уже были расстреляны. Только двое из списка находились на свободе — досрочно освобожденный из лагеря за ударный труд языковед Афанасий Селищев и оставшийся за границей после поездки в заграничную командировку физик Георгий Гамов.

В звании академика в 1938 году был восстановлен (после письма Сталину) Евгений Тарле, а в 1939 году после оправдания судом — специалист по инженерной механике Леонид Лейбензон. В звании члена-корреспондента был восстановлен в 1939 году освобожденный из-под стражи почвовед Леонид Польшин.

5 сентября 1938 года из академиков был исключен арестованный несколькими днями ранее историк Николай Лукин (умер в тюрьме в 1940 году).

22 марта 1990 года Общее собрание АН СССР приняло постановление «О восстановлении (посмертно) в членах Академии наук СССР ученых, необоснованно исключенных из Академии наук СССР», в соответствии с которым были восстановлены в правах 49 академиков и подтверждены более ранние решения о восстановлении в правах, принятые президиумом АН СССР.

ИЗ ПИСЬМА АКАДЕМИКА ВЛАДИМИРА ВЕРНАДСКОГО НЕПРЕМЕННОМУ СЕКРЕТАРЮ АН СССР ВЯЧЕСЛАВУ ВОЛГИНУ ОТ 19 ИЮНЯ 1930 ГОДА:

«Я узнал от Вас вчера, что, возможно, моя командировка за границу может быть не разрешена. В своем заявлении я представил также решающие для меня соображения, из которых ясно, что я не могу примириться с таким решением и не сделать из него логических выводов. Право выезда за границу, неразрывно связанное с правом полного научного общения в мировой научной среде, является для меня элементарной необходимостью. Я могу жить в стране, где этого права нет, только при условии его фактического для меня осуществления, как это было до сих пор».

Сам Лысенко стоял на позициях наивного ламаркизма (теории о возможном наследовании приобретенных признаков). В статье в «Правде» 6 декабря 1938 года в связи с выдвиганием Трофима Лысенко кандидатом в действительные члены Академии наук говорится о том времени, когда его оппоненты еще не были побеждены, так: «Формальные генетики, отрекаясь от практики, отрицали самую возможность переделки природы в интересах человека. Последним „криком“ генетики была полубредовая-полупоповская идея „генофонда“, нашедшая себе некоторых поборников даже в среде советских ученых. Без всяких к тому оснований эти горе-теоретики утверждали, что сумма генов, то есть носителей „наследственного вещества“, дана раз навсегда в определенном количестве. И отсюда — реакционнейший вывод — никаких открытий, никакого новаторства».

В 1933 году было арестовано 18 сотрудников ВИР, а на следующий год отменено торжественное празднование 10-летия института.

В конце 1935 года Вавилов был смещен с должности президента ВАСХНИЛ. Новым президентом стал Александр Муралов, арестованный и расстрелянный в 1937 году, его сменил в качестве и. о. президента Георгий Мейстер, расстрелянный в 1938 году, после Мейстера ВАСХНИЛ возглавил Лысенко.

В ноябре 1936 года политбюро ЦК ВКП(б) приняло решение «отложить» проведение в Москве генетического конгресса. Конгресс был проведен в 1939 году в Эдинбурге. Избранному его президентом Николаю Вавилову в просьбе о выезде было отказано, советская делегация на конгресс вообще не поехала.

В статье «Лжеученым нет места в Академии наук СССР», напечатанной в «Правде» 11 января 1939 года и подписанной группой ученых, в том числе академиками Алексеем Бахом и Борисом Келлером, член-корреспондент АН СССР Николай Кольцов был назван «одним из идейных вождей евгенического направления», а его научные взгляды — родственными взглядам фашистских ученых. После статьи Кольцов был снят с должности созданного им Института цитологии, гистологии и эмбриологии (сейчас — Институт биологии развития им. Н. К. Кольцова РАН), а 2 декабря 1940 года скончался от сердечного приступа. Днем позже покончила жизнь самоубийством его жена.

Соломон Левит был снят с должности директора основанного им Медико-генетического института, вскоре после чего институт был закрыт, а Левит арестован и расстрелян.

Николай Вавилов был арестован 6 августа 1940 года, 9 июля 1941 года приговорен к расстрелу, впоследствии замененному 20 годами лагерей, 26 января 1943 года скончался в тюремной больнице.

Но борьба Трофима Лысенко с генетиками «старой школы» не закончилась.

АЛЕКСЕЙ АЛЕКСЕЕВ

Технологии на страже природы

В этом году фонд «Сколково» отмечает свое десятилетие. Для продвижения идей устойчивого развития фонд при поддержке Минприроды и Минстроя РФ запустил первый в России экологический акселератор GreenTech Startup Booster. О его целях и задачах рассказывает вице-президент фонда «Сколково», исполнительный директор кластера энергоэффективных технологий Олег Дубнов.

ОЛЕГ ДУБНОВ, ВИЦЕ-ПРЕЗИДЕНТ ФОНДА «СКОЛКОВО», ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР КЛАСТЕРА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ:

— Экологический акселератор запустили именно сейчас, потому что вопросы устойчивого развития сегодня стоят очень остро. От Парижского соглашения и федеральных проектов по экологии до внутрикорпоративных стратегий — на всех уровнях ставятся цели, часто весьма жесткие, по ограничению вредного воздействия на окружающую среду. Для их достижения требуются новые технологические решения, которые мы ищем вместе с нашими корпоративными партнерами: уже сформирован большой пул крупных компаний, осознающих свою роль в защите окружающей среды и готовых к соответствующим изменениям. Партнеры акселератора ждут от нас технологические решения по следующим направлениям: снижение негативного воздействия на воду, воздух и землю, чистая энергия, мониторинг окружающей среды, а также человек и окружающая среда. Привлечение промышленных партнеров к участию в акселераторе интересно тем, что представленные технологии сразу получают от них обратную связь и смогут максимально быстро выйти на внедрение.

Акселератор решает одновременно несколько задач. С одной стороны, такое сотрудничество обеспечит применение нашими партнерами перспективных технологий, направленных на решение экологических проблем. С другой — мы рассчитываем значительно пополнить пул экологических проектов в портфеле «Сколково». Среди них будут и те, что победят по итогам акселератора, и те, которые находятся на более ранних стадиях развития, но уже интересны индустрии. Таким проектам мы окажем финансовую, менторскую, организационную поддержку.

Взаимодействие гигантов индустрии и стартапов в рамках акселератора выгодно всем. Гибкость стартапов часто позволяет создавать продукты, адаптированные под конкретные потребности заказчика, быстрее и дешевле, чем если бы компания занималась этим самостоятельно или привлекала крупных поставщиков оборудования или услуг. В итоге заказчики получают лучшие технологические решения, имеющиеся на рынке, а стартапы создают новый устойчивый бизнес.

Сбор заявок на сайте greentech.sk.ru продлится до 3 октября, после чего эксперты — представители ключевых российских вузов, институтов РАН, деловых ассоциаций и промышленных партнеров — отберут 50 проектов. На финальном этапе в декабре промышленные партнеры выберут 20 лучших для пилотных испытаний. Дальнейшее тиражирование этих проектов на предприятиях нефтегазовой и химической промышленности, в электроэнергетике и металлургии поможет снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду и создать высокотехнологичные рабочие места в инновационных российских стартапах.

БОЛЕЕ 300 КОМПАНИЙ—РЕЗИДЕНТОВ «СКОЛКОВО» РАБОТАЮТ СЕГОДНЯ НАД ПРОЕКТАМИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СФЕРЕ. ВОТ ТРИ ИЗ НИХ, ГОТОВЫХ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В GREENTECH STARTUP BOOSTER.

БФБ

«Технология укрепления грунта конвертерным шлаком сталеплавильного производства при строительстве дорог» — звучит, возможно, тяжеловесно, зато помогает спасти природу. С ее помощью удастся перерабатывать горы отходов, которые скапливаются возле металлургических комбинатов, экономя при этом природные материалы — песок и щебень. «Построенные по технологии БФБ дороги получаются ровные, долговечные и недорогие, — говорит гендиректор БФБ, изобретатель Петр Бишко. — Их могут позволить себе сельские поселения и малые города. В прошлом году мы построили качественную дорогу в селе Теплое Липецкой области с использованием шлаков ПАО НЛМК».

«Сегодня у нас много проектов, — продолжает Бишко. — Создание почвогрунта на основе осадка сточных вод и конвертерного шлака, замена глины на отсев конвертерного шлака при технической рекультивации полигонов — вот лишь некоторые из них. У нас завершаются испытания по применению мелкофракционных составов конвертерных шлаков как адсорбента для очистки сточных вод на промпредприятиях. Совместно с администрацией Кемеровской области мы ведем работу по использованию золошлаковых отходов, представляющих серьезную экологическую проблему этого региона. Благодаря нашей технологии отвалы превращаются в экологически чистые и привлекательные для жизни оазисы».

«ВидеоМатрикс»



«Для акселератора подойдет наш продукт Vmx Dequs, — говорит Фарид Нигматуллин, генеральный директор екатеринбургской компании «ВидеоМатрикс», создающей программное обеспечение для высокоскоростной серверной промышленной видеоаналитики на базе искусственного интеллекта и машинного зрения. — С его помощью можно осуществлять контроль за технологическими процессами на предприятиях, в частности быстро обнаруживать опасные выбросы. Наше ПО, зачастую уникальное, решает сложные задачи, для которых не всегда есть готовые коробочные решения».

Высокую точность работы Vmx Dequs разработчики обеспечили благодаря сочетанию нейросетевых и алгоритмических технологий. Система работает в различных

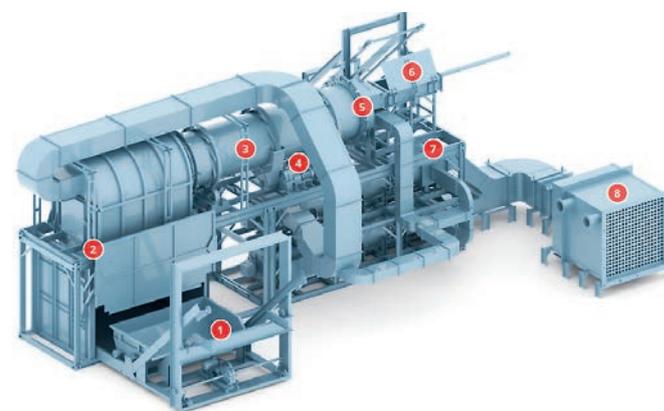
условиях: ей не страшны ни дождь, ни туман, ни яркое солнце; она отличает «рыжие хвосты» от огня за слоем пара и способна обнаружить очаг площадью от 1 кв. м. «Быстрая реакция на опасный выброс существенно сокращает издержки компании и повышает ее репутацию как экологически и социально ответственной», — подчеркивает Фарид Нигматуллин.

Aurora Borealis

Изобретатели из Ярославля создали чудо-печку для безопасного обезвреживания и утилизации вредных органических отходов. Установка снабжена узлом глубокой очистки отходящих дымовых газов. Органические отходы сгорают в печи при температуре 800–900 градусов, а образовавшиеся выбросы идут в блок очистки газов, где установлены инновационные керамические сотовые блоки со специальными каналами. Внутри них все органические составляющие выбросов окисляются; кроме того, за счет выпрямления теплового потока обеспечивается его равномерность, что позволяет избежать зон с низкой температурой. Тепло, получившееся в процессе сжигания, почти полностью возвращается в систему, что дает экономию топлива. «Дымовой газ очищается на 99,9%, а сама установка соответствует всем требованиям Росприроднадзора по контролю выбросов, запланированным на 2024 год, — подчеркивает Иван Шашков, коммерческий директор компании Aurora Borealis. — Свою технологию мы разработали совместно с Институтом металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН».

Сейчас печку вводит в эксплуатацию крупнейшая в Ярославле компания по утилизации медицинских отходов, а система очистки воздуха, которая может использоваться отдельно, проходит пусконаладку на крупнейшем металлургическом предприятии ПАО НЛМК.

ЕЛЕНА ТУЕВА



- Устройство печи AURORA
- 1 Система выгрузки
- 2 Бункер осаждения и накопления золы
- 3 Уплотнения барабана

- 4 Система привода печи
- 5 Вращающийся барабан
- 6 Система загрузки отходов
- 7 Система автоматического управления
- 8 Теплообменный агрегат

Термоядерный реактор: начало сборки

В середине августа 2020 года весь мир узнал о начале сборки реактора ИТЭР — крупнейшего международного проекта современности, воплощении человеческой мечты о дешевой и экологически безопасной, или зеленой, энергии. Подробнее о проекте и участии в нем российских ученых, в частности сотрудников Института ядерной физики им. Г. И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, рассказал советник директора ИЯФ СО РАН, доктор физико-математических наук Александр Бурдаков.



ска других вредных веществ. Непрерывно горящая плазма, процесс горения которой однажды вышел бы в режим самоподдержания — а именно это и должно произойти в ИТЭР, правда, на короткие промежутки времени, — это была бы победа над ресурсоемким производством энергии, над добывающей промышленностью, выкачивающей из недр все мыслимые и немыслимые ресурсы — уголь, нефть, газ. Никаких ресурсов, ноль выбросов и целое море энергии.

Лед и пламя

Эйфория после взрыва водородной бомбы, который показал термоядерную энергию в действии, прошла после того, как выяснилось, что управление горением плазмы — задача крайне сложная. Дело в том, что плазма, которая состоит из газовой смеси двух изотопов водорода — дейтерия и трития, должна иметь температуру горения 100 млн градусов. Такая температура на период длительностью несколько секунд была неоднократно достигнута в качестве пиковой отметки на установках термоядерной энергии в Европе, Японии, США, Корее и Китае. Удержание такой температуры на большие периоды времени, а в идеале — в постоянном режиме, должно происходить благодаря постоянному магнитному полю, которое может быть обеспечено только при условии, что магнитные катушки сделаны из сверхпроводящих материалов. Но сверхпроводники хорошо работают как раз при отрицательных температурах, то есть при 4 К, или минус 270 °С. Причем эти объекты — ледяной и горящий — внутри установки расположены всего в нескольких метрах друг от друга. Для термоизоляции этих двух объектов используются сложные системы магнитного поля. Тем не менее вопрос термоизоляции — далеко не самый сложный среди целого ряда других технических проблем. Одна из таких проблем — это чистота плазмы, которая в ходе своего горения довольно быстро загрязняется, несмотря на то что оно происходит в сверхчистой вакуумной камере. Дело в том, что плазма не всегда горит равномерно, а зачастую локализуется около стенки камеры и начинает расплавлять ее. Как только в плазме появляются элементы примеси, эта примесь становится источником тормозного излучения. Тормозным оно называется, поскольку его испускает быстрая заряженная частица, которая тормозит в электрическом поле и при этом рассеивается. Если таких частиц примеси оказывается больше определенного количества, плазма не может продолжать гореть.

«Приемный пункт» для плазменной струи — это дивертор, который смонтирован внутри камеры. Струя плазмы поступает в него не постоянно, а импульсно. В пиковых моментах дивертор работает на предельной температуре, при которой он также может плавиться и портить плазму. Материалы изготовления первой (самой внутренней и, соответственно, самой горячей стенки) реактора — это одна из ключевых проблем проекта ИТЭР. Из всей таблицы Менделеева ученые выбрали для стенки вакуумной камеры реактора самые термостойкие материалы. Еще каких-то пять лет назад эту миссию выполнял углерод, но в ходе экспериментов он не оправдал ожиданий: после каждого импульса плазменной струи от углеродных стенок поднималась пыль, которая накапливалась в себе тритий, сорбируя его из газовой изотопной смеси, нарушая тем самым ее состав. Кроме того, тритий токсичен и должен полностью выгорать либо циклически возвращаться в камеру, а, впитываясь в углеродную пыль, он таким образом накапливался. Тогда выбор материалов пал на бериллий для стенок камеры и вольфрам для дивертора.

Море зеленой энергии

— Инициатором этой работы выступил академик Евгений Велихов еще в разгар перестройки в СССР, — вспоминает ученый. — Тогда же Михаилу Горбачеву удалось договориться с Рональдом Рейганом о совместном создании термоядерного реактора. Соединенные Штаты Америки в консультациях с Японией и Европейским сообществом выдвинули предложение относительно того, каким образом осуществлять такую деятельность. Уже в 1988 году началась фаза концептуального проектирования, затем был создан технический проект.

К участникам проекта присоединились Китай, Корея и Индия. Местом строительства выбрали юг Франции, неподалеку от Марселя, где находится французский ядерный центр Кадараш и Комиссариат по альтернативным видам энергетики СЕА. Кроме большого опыта в области создания оборудования для ядерной энергетики для строительства ИТЭР нужен был участок, доступный для крупного судоходства, поскольку масса деталей реактора составляет сотни тонн и превышает допустимые пределы возможностей наземных видов грузового транспорта.

Первый прообраз термоядерного реактора — ТОКАМАК (тороидальная камера с магнитными катушками) — был изобретен и построен в СССР в 1954 году. Она представляет собой обмотанную магнитными катушками вакуумную камеру, внутри которой находится плазма, нагретая до десятков миллионов градусов. С того момента как в СССР появился первый работающий ТОКАМАК, в мире начался настоящий бум в области физики плазмы. Все поняли, что создание настоящего термоядерного реактора позволило бы отказаться от всех остальных видов энергии, прекратить сжигание топлива и выбросы в атмосферу двуокиси углерода и целого спи-

Доктор физико-математических наук
Александр Бурдаков

Бериллий — самый легкий из всех термостойких элементов и, конечно, очень дорогой материал. Если на этом этапе мы вспомним, что размер дивертора соответствует примерно железнодорожному составу, то легко сможем ответить себе на вопрос о переносе сроков и кратном увеличении финансовых вложений в проект.

Обыкновенное чудо

Весь ИТЭР размером с маленький городок, примерно километр в диаметре, и каждый его метр начинен самым дорогим и надежным оборудованием. Недавно над реактором появилась крыша. Александр Владимирович показывает фотографию реактора, где на одном из этажей можно видеть крошечного человека. Точнее, увидеть-то его как раз нельзя, если заранее не знать, что он там стоит. Даже для не очень подробного описания всех деталей реактора понадобилась бы целая книга, поэтому широкому читателю для общего понимания можно пояснить, что ИТЭР — это гигантский водонагреватель. При термоядерной реакции выделяется главный носитель энергии — нейтрон, который нагревает носитель, а с этого носителя тепло уже забирает вода, поступающая в турбину, которая превращает энергию в электрическую. А самой плазме энергия придается альфа-частицами, которые выделяются при термоядерной реакции внутри нее же (плазмы). Собственно, термоядерная реакция и представляет собой горение очень разреженной смеси газов, во время горения которой выделяются нейтроны и альфа-частицы. Плазме для поддержания горения не нужен внешний источник энергии: начиная с определенного коэффициента передачи энергии ($q = 10$), этот процесс становится циклическим, и она превращается в «вечный двигатель».

Главная задача проекта ИТЭР — продемонстрировать длительное горение в стационарном импульсе. И решение этой задачи, с одной стороны, похоже на чудо, с другой — современной физике плазмы пока неизвестно, что может помешать этому чуду свершиться после стольких лет исследований и экспериментов.

Пока проект носит научный экспериментальный характер, поэтому им занимаются совместно многие страны. Когда из аббревиатуры исчезнет буква «Э» — «экспериментальный», создание реально работающего образца для нужд экономики станет задачей для каждой отдельно взятой страны. Наиболее крупные установки термоядерной энергии были созданы в Европе (JET) и в Японии (JT-60). Свои небольшие ТОКАМАКИ есть и в России, Кореи, Китае, Индии, и в каждой из стран-участников международного проекта ИТЭР. И в каждой из перечисленных стран действует своя национальная программа развития атомной энергии, поскольку от практической готовности воспринять результат международного проекта напрямую зависят реализация и ее экономический эффект для этих государств.

Сроки запуска реактора за все эти годы много раз сдвигались, а суммы необходимых вложений увеличивались в разы. Изначально планировалась сумма €5 млрд, затем — €19 млрд. Тем не менее никто из стран-участников не только не отказался от реализации проекта мечты, но участников еще прибавилось: их ряды пополнил Казахстан. Никакие эпидемии вирусов, никакие санкции не остановили реализацию проекта. Самые большие поставки во Францию из российских институтов — у НИИ ЭФА им. Д. В. Ефремова. Оттуда через пять границ в самый разгар пандемии, когда везде действовал запрет на любые поставки, на грузовиках к реактору везли изготовленное оборудование по специальному разрешению от ЕС. Это были единственные работы, которые в общих интересах нельзя было останавливать.

Диагностика сердца ИТЭР

Россия строит чуть менее 10% реактора ИТЭР. Каждый день участники по несколько часов ведут обсуждение деталей проекта на онлайн-конференциях по темам, касающимся конкретных групп ученых и определенных стран. Автору этого текста пришлось покинуть кабинет как раз с началом такого онлайн-совещания, так и не успев задать эксперту всех вопросов. Зато интервью завершилось неожиданной экскурсией в чистый зал, где новосибирские физики уже сконструировали помещение для создания порт-плагов — бункеров размером с танк Т-60 и начиненных тысячами датчиков для измерения всех необходимых параметров горения плазмы. Это десятки тысяч видов различных измерений. Чаще всего это томографические измерения для постоянной фиксации и выявления различных характеристик плазмы. Через отдельные порты будет происходить собственно нагрев плазмы. Таких «танков» на реакторе 28, каждый — для решения своих задач. Все они будут закреплены непосредственно на вакуумной камере, поэтому их вес не должен превышать 50 тонн.

Четыре порт-плага (три верхних и один более крупный — экваториальный) создает Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН. В каждом порт-плага своими измерениями займутся разные группы ученых из нескольких стран. В порт-плагах, сделанных в Новосибирске, предстоит работать научным группам из России, Европы, Индии, Кореи и США. Задача сибиряков — интегрировать абсолютно разные технологии измерения в единый комплекс, при этом не превысив параметры порт-плагов ни по массе, ни по занимаемой площади внутри бункера. Ученые из ФТИ имени Иоффе планируют регистрировать в плазме атомы перезарядки, ученые из Кореи — измерять уровень ультрафиолетового излучения, а американские специалисты собираются проводить СВЧ-диагностику плазмы. Организации из перечисленных стран-участниц займутся сборкой порт-плага непосредственно в ИЯФ СО РАН. Для сборки таких объектов нужны, с одной стороны, огромная грузоподъемность кранов для перемещения и различных манипуляций с многотонными комплектами, с другой — необходимо чистое помещение, чтобы на прецизионно точное оборудование не попала пыль. Зал с такими уникальными характеристиками, вероятно, будет похож на гигантскую операционную. Такое сравнение выглядит особенно уместно, если иметь в виду, что вакуумная камера с порт-плагами — это сердце ИТЭР, а постоянные измерения — это диагностика, необходимая для его жизни.

С этой целью в ИЯФ создали огромный зал и оснастили его подвесным краном и промышленными системами фильтрации поступающего воздуха. При открывании люка для загрузки оборудования с улицы из помещения наружу поступает сильный встречный поток воздуха, который не допускает попадания пыли внутрь зала. Первые испытания пройдут на макетах. Начало сборки запланировано на 2022–2023 годы.

На грани возможностей

Сложность конструкции порт-плага в том, что у датчиков внутри него должен быть обеспечен доступ к плазме, а у плазмы к датчику — нет. Port — «вход», plug — «пробка». То есть в сторону плазмы будет вход, а в сторону бункера пробка. Это как прикоснуться к огню и не обжечься, а точнее — измерить параметры горения плазмы, но не пропустить нейтронное излучение от нее к человеку.

Большая часть измерений предполагает обратную связь, то есть производится не только с целью контроля, но и для управления процессами горения. Например, можно следить за движением плазмы, чтобы с помощью магнитного поля не допустить ее прикосновения к стенкам вакуумной камеры, — из всех деталей реактора только вольфрамовый дивертор рассчитан на непосредственный кратковременный контакт с плазмой. Между тем, тепловые нагрузки на дивертор очень близки к предельным и даже превышают нагрузки на внутренние стенки жидкостного ракетного двигателя.

Дивертор — важнейшая часть вакуумной камеры, через которую из камеры постоянно с высокой скоростью уходит загрязненная заряженная плазма, которая очищается от примесей, нейтрализуется, охлаждается и возвращается обратно. Он покрыт сантиметровыми вольфрамовыми плиточками, внутри которых находятся трубки охлаждения. Масса одних только вольфрамовых плиток составляет 50 тонн. Причем конструкция выглядит так, что грань одной плитки должна лежать в тени предыдущей, чтобы не расплавиться. Несмотря на все использованные технические возможности для создания термоустойчивой конструкции, за весь срок службы ИТЭР дивертор будет полностью заменяться дважды, то есть каждые десять лет.

— Проект ИТЭР уникален тем, что он делается впервые в мире, и многие решения, которые в нем будут реализованы, тоже впервые появятся на свет, — подчеркнул Александр Бурдаков. — Особенно ценно, что это именно экспериментальный реактор, то есть ведется полностью научная работа, в которой участвуют все звенья — от таких государственных гигантов, как «Росатом», и научных институтов до аспирантов и студентов университетов, которые получают колоссальный опыт; публикуются десятки научных статей. Я уверен, что ИТЭР в будущем поможет спасти экономику и экологию нашей планеты, но сегодня это огромный шаг именно в науку, который мы синхронно делаем с зарубежными партнерами. Именно в ходе таких работ и возникают все ноу-хау, которые потом реализуются в обычной жизни в качестве различных приборов, программ, каких-то невероятных гаджетов. ИТЭР — это новое слово в отношении ко всем предыдущим научным установкам, которые в начале 2000-х называли «мега-сайнс», — наука, которая делается на гигантских установках и которую двигают гигантские усилия международного научного сообщества.

МАРИЯ РОГОВАЯ

Книга из одних картинок

Российские ученые издали в США хромосомный атлас тысячи видов млекопитающих — научно-художественное произведение. В этом огромном томе тысяча страниц, а сведения для него собирались полвека.

1116 хромосом разных видов млекопитающих картировали российские ученые, собрав генетическую информацию со всего мира. В этой уникальной книге стоимостью более \$500 есть все карты хромосом как известных и распространенных животных, так и редких, исчезающих видов.

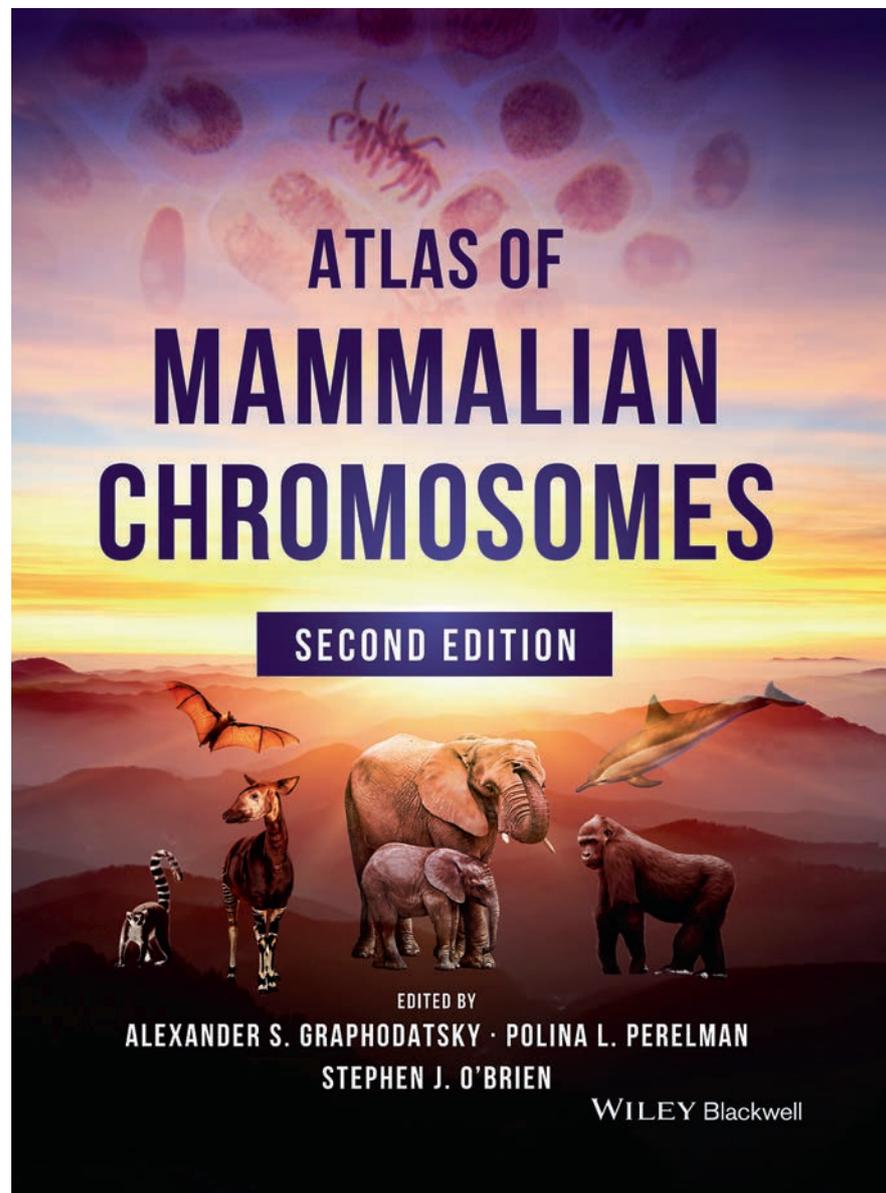
Предисловие к изданию написал руководитель программы «Геном человека» и член Королевского общества Великобритании, личный консультант королевы, долговременный президент международных обществ по генетике человека и пренатальной диагностике, автор самых известных учебников по генетике человека Малькольм Фергюсон-Смит (Университет Кембриджа). В его отделе был разработан метод хромосомной живописи, переведший цитогенетику на геномный уровень. Второе предисловие написал выпускник Новосибирского госуниверситета Денис Ларкин, профессор Королевского ветеринарного колледжа в Лондоне. После словие написала Дженни Маршал-Грейвс (Университет Канберры, Австралия) — самая известная женщина-генетик в мире.

Главный редактор и инициатор создания фолианта — заведующий лабораторией биоразнообразия животных Института молекулярной и клеточной биологии Сибирского отделения Российской академии наук Александр Графодатский. Второй инициатор — его давний коллега и единомышленник, известный американский генетик Стив О'Брайен, организовавший два крупных биологических департамента в университете ИТМО (Санкт-Петербург). Третий — Полина Перельман, ведущий научный сотрудник ИМКБ СО РАН.

— Еще 20 лет назад мы лично познакомились с руководителем лаборатории геномного разнообразия из Института национального здоровья (Фредерик, США) Стивом О'Брайеном, — рассказал Александр Графодатский. — Работы друг друга мы знали и до того. Стив прилетел к нам в Новосибирск и предложил сделать книгу, состоящую из одних картинок. То есть вроде бы и наука, но в то же время художественное произведение. Один вид млекопитающих — одна картинка его хромосом. Лучшая идея! В 2006 году первое издание атласа увидело свет. Примерно пятая часть иллюстраций сделана в нашей лаборатории в Новосибирске. Но не все вошло в первое издание, копились данные по новым видам, а вскоре появились методы молекулярной цитогенетики, которые перевели нашу науку на геномный уровень. Несколько лет назад Стив выиграл мегагрант и организовал геномный центр имени Ф. Г. Добржанского в Санкт-Петербургском госуниверситете. Мы решили, что пора собрать второе издание атласа. Это пять лет тяжелого труда для нас и соавторов. Я написал всем друзьям и коллегам в разные места мира, все с удовольствием поддержали идею. Результаты нашего сотрудничества нашли свое отражение более чем в 50 совместных статьях.

Полосатые хромосомы и полеты за кровью буйволов

Многие хромосомы очень похожи друг на друга, поэтому их нужно было научиться различать, чем и занялся Александр Графодатский на заре советской цитогенетики. Тогда использовался метод дифференциальной окраски хромосом, который позволял при специальной обработке получать



на них полоски, и каждая хромосомная пара для идентификации получала свой «полосатый» рисунок. На этой технологии была основана вся человеческая цитогенетика. Как только ученые получили такое мощное оружие, как структура хромосомы, они попытались сразу же применить ее в прикладной сфере — описать хромосомы у сельскохозяйственных животных, выяснить, например, какие отличия есть в хромосоме здоровой и плодовитой линии скота.

— За полгода по указанию академика Дмитрия Беляева я получил карты хромосом всех сельскохозяйственных животных, даже за кровью буйволов пришлось слетать в Азербайджан, а за кровью ишаков в Среднюю Азию, — вспоминает Александр Графодатский. — И хотя я неохотно взялся за эту работу, поскольку занимался до этого благородными хищниками, оказалось, и у скота есть множество интересных перестроек хромосом. Кроме того, была и практическая польза от этой работы. Например, американцы однажды подарили СССР и Бразилии породу мясных быков. Мы обнаружили, что эти быки оказались носителями транслокации 1.29, значит, у них резко снижена репродуктивная способность и как семенной скот использовать их нельзя. То есть нам отдали ненужный продукт — по сути, вышла экономическая диверсия.

За деревьями не видно леса

До появления хромосомного анализа животных относили к одному виду чисто внешне, морфологически. Но с появлением этого метода выяснилось, что, например, с виду абсолютно одинаковые мыши, живущие буквально в одном стогу сена, не имеют

никаких родственных связей. А когда появились методы молекулярной цитогенетики, стало возможным сравнивать совсем разные виды млекопитающих и искать в них общие фрагменты. Оказалось, что кит и слон — дальние родственники.

Хромосомный анализ — это единственный способ увидеть весь геном целиком, в отличие от расшифровки ДНК. Если сравнивать на примере фотосъемки, это вид сверху на целый лес, в котором секвенирование ДНК видит отдельные деревья, а чаще даже отдельные листья. И здесь вспоминается пословица «За деревьями не видно леса» — без хромосомного анализа расшифровка генома — просто куча крошечных обрывков, из которых нужно склеить связный текст, но сделать это крайне сложно.

Чтобы детально секвенировать геном, его нужно очень тщательно порвать. Чем мельче он порван, тем подробнее он будет прочитан. Затем эти крошечные отрезки необходимо склеить в правильном порядке, и с этой процедурой самая большая проблема. На составление генома человека ушло \$2,5 млрд. Это, безусловно, самый полный и подробный геном из всех полученных: его расшифровывали тысячи раз в разных лабораториях мира, но, тем не менее, до сих пор нельзя сказать, что и он сделан безупречно.

Месяц назад в Nature появилась статья, что ученые впервые в мире прочитали X-хромосому человека от точки до точки, а выражаясь языком генетиков — от теломеры до теломеры (конечный участок хромосомы). Именно этим и предлагает заняться проект консорциума Vertebrate Genome Project (VGP) — признать все ранее сделанные геномы некачественными

и собрать огромную открытую базу или библиотеку геномов, сделанных практически без ошибок.

Сегодня неизведанных уголков даже у человеческого генома остается предостаточно. А качество геномов других млекопитающих не поддается никакой критике. Все расшифрованные и составленные геномы сегодня похожи на книжку, до которой добралась кошка и весь день чесала об нее когти. Конечно, если нужно посмотреть какой-то конкретный ген, например у голого землекопа, и сравнить его с этим же геном у другого животного, то, скорее всего, вы без труда найдете в геномах эти отдельные гены и некоторые их последовательности. Иначе говоря, в этой рваной книге легко можно прочесть отдельные фразы и даже целые большие абзацы. Но вы никогда не узнаете, о чем она, потому что в ней далеко не все страницы сохранились и расположены в нужной последовательности. Когда говорят, что геном прочитан с достоверностью 60%, некоторые ученые считают, что это высокий показатель. Но вы представьте себе книгу, в которой только 60% слов стоят на своих местах.

Карта ГИС для сборки генома

— Мы брали кусочек или целую хромосому хорошо изученного вида животного или человека и локализовали ее на хромосоме кошки или, допустим, обезьяны, — рассказывает Александр Графодатский. — После таких сравнений и совпадений мы могли с полным правом говорить, что одинаковые отрезки генома у разных видов, совпадающие по местоположению на хромосоме, отвечают в организме за одни и те же процессы. Это называется «метод хромосомной живописи».

Данные о структуре хромосом — базовая информация, без которой невозможно собрать геном от теломеры до теломеры и не ошибиться. Миллиарды кусочков генома собирает программа, которая от ошибок не застрахована. Вы не можете приземлиться на крышу домика с конкретным адресом, если у вас нет точного плана местности или ГИС-карты. Так же и геном можно собрать хорошо, ориентируясь только на атлас хромосом.

Когда появилась технология чипирования участков хромосом, многие ученые погрузились в эйфорию и махнули рукой на картирование хромосом: мол, теперь мы и так сможем прекрасно определить, где находится ген. В США и Канаде это веяние было таким сильным, что повсеместно закрывали цитогенетические лаборатории. Сейчас они, слава богу, так же повсеместно открываются, поскольку метод чипирования не оправдал всеобщих ожиданий — количество пропусков участков хромосом оказалось колоссальным, и теперь любой врач должен регулярно сдавать экзмен по цитогенетическому анализу, где он демонстрирует свой уровень способности работать с хромосомами при выявлении патологий.

Мечта каждого генетика — секвенировать любимых животных качественно, чтобы каждая хромосома была прочитана от теломеры до теломеры. Консорциум VGP позволяет это сделать, поскольку каждый ученый может вложить свои ресурсы, например, в виде клеточных культур или оставшиеся средства от других проектов. За рубежом это распространенная технология сбора средств — практически краудфандинг, или, говоря по-русски, с миру по нитке. В настоящее время наша американская коллега Анна Кукекова ищет средства на секвенирование генома знаменитой ручной «беляевской» лисицы, хромосомы которой, разумеется, картированы и есть в этом атласе.

Вампиры — хищник — человек

Огромный интерес в связи с мировой пандемией коронавируса у всех вызывают летучие мыши — главный источник многих опасных вирусов. Если в России их совсем мало видов, то в южных странах вроде Бразилии их сотни. Многие из них кровососущие — их называют вампирами. Наверное, будет излишне напоминать, что летучая мышь к мышамгрызунам не имеет никакого отношения. Так же как и морская свинка никак не связана ни со свиньями, ни с морем. Человек генетически намного ближе к мышам, чем летучие мыши. Их родственники — копытные, в частности лошади.

Источником коронавируса стала юнаньская летучая мышь, которая заразила панголинов — симпатичных зверьков, поедающих муравьев и похожих на муравьедов в крупной чешуе или на трубкозуба. Но, как часто случается в эволюционной генетике,

все три этих очень похожих друг на друга животных оказались неродственными.

Панголин — древнейшее эволюционное ответвление от хищников: кошек, собак и хорьков. Муравьед близок к ленивцам и броненосцам, а трубкозуб — к слонам. Из этих троих панголин оказался подвержен тем же болезням, что и человек. Впрочем, о том, что хищники, такие как хорьки, горностаи и ласки, болеют гриппом, было известно еще в середине XX века. Виды, которые болеют одними заболеваниями с человеком, выступают промежуточным носителем, в которых вирус мутирует и обретает новые характеристики, в частности способность заражать людей. Между приматами и неприматами существует много животных с человеческими болезнями: свинья, кошка, мышь, верблюд. Коронавирус пришел к людям от летучих мышей через хищников — панголинов. За несколько лет до этого от летучих мышей через одногорбых верблюдов передан чело- веку смертельный вирус ближневосточного респираторного синдрома, который не успел широко распространиться как раз в связи с его высокой летальностью. Все виды одногорбых верблюдов также есть в вышедшем атласе тысячи хромосом.

Атлас хромосом выполняет функцию карты местности не только для тех, кто составляет геномы животных, но и для экспериментаторов с вирусами. Чтобы увидеть, как действует вирус на какую-то клеточную культуру, нужно понять, с каким геном мы имеем дело, на каком участке хромосомы происходят перестройки в связи с наступившим заболеванием. Необходим атлас хромосом и для работы с геномами лабораторных животных. Для испытания лекарств и наблюдений за изменениями нужных участков хромосом используются клеточные культуры. Такие же участки хромосом есть и у человека, и они отвечают у него за те же процессы, что и у лабораторных животных. Таким образом, проверяются и химические, и биологические воздействия на клетки, которые находятся в организме. При этом необходимо постоянно сверяться с атласом, как с компасом, чтобы четко определять локализацию исследуемых генов на хромосомах.

Еще один уровень мира Божьего

Александр Графодатский с удовольствием держит тяжелую книгу в руках и подводит лирический итог своего полувекового труда:

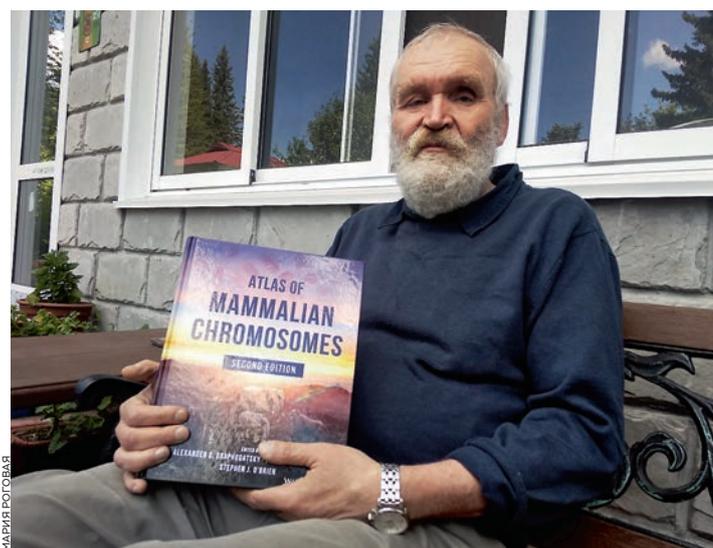
— Последние пять лет я провел под знаком атласа, окруженный верными друзьями и лихими подругами. Требовалась не только тихая лабораторная работа. Чего, например, стоили героические экспедиции Виолетты Беклемишевой на Чукотку и Курилы за видами моржей, тюленей и китов. Или гоп-стоп-акции Полины Перельман в коллекциях культур клеток и зоопарках Америки, спецоперация Светланы Романенко и Насти Проскуряковой в Англии, когда под предлогом измерения шпилей соборов в Кембридже и Кентербери были вывезены коллекции клеток сотни ключевых видов, важнейших для понимания особенностей организации геномов млекопитающих, а также погоня Владимира Трифонова за африканским носорогом.

Работа с атласом включила и мои 46 лет в цитогенетике: в этой книге есть несколько картинок из моего диплома 1974 года и, конечно, работы всех моих коллег.

Начиная с советских времен, нас вдохновлял Дмитрий Беляев, по инициативе которого я начал изучение хромосом многих видов, включая домашних и пушных млекопитающих; Владимир Шумный, поддерживающий нас даже в самые мрачные времена, и Игорь Жимулев, с которым мы вместе организовали новый институт, где все мы сегодня и трудимся. За работы, связанные с созданием атласа, научная молодежь ежегодно получает престижные международные и отечественные премии, такие как «Л'Ореаль—ЮНЕСКО» или премия им. Д. К. Беляева. Но самое важное для меня и моих отечественных и зарубежных коллег — это возможность любоваться картинами как произведениями цитогенетического искусства и восхищаться еще одним уровнем мира Божьего, доступным лишь избранным. Остальные могут пользоваться атласом как зоологическим и филогенетическим справочником. Теперь мы, наконец, что-то знаем про хромосомы более тысячи видов млекопитающих, но всего-то их 6,6 тыс., так что большая часть работы по их изучению еще впереди.

МАРИЯ РОГОВАЯ

—Заведующий лабораторией биоразнообразия животных Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН Александр Графодатский с атласом в руках



Атлас хромосом выполняет функцию карты местности не только для тех, кто составляет геномы животных,

но и для экспериментаторов с вирусами. Чтобы увидеть, как действует вирус на какую-то клеточную культуру, нужно понять, с каким геном мы имеем дело

Попутная нефтяная энергия

Повышая и без того высокий (97,6%) уровень утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ), ЛУКОЙЛ ввел в Пермском крае Чашкинскую ГТЭС, которая будет перерабатывать около 50 млн кубометров ПНГ в год для производства электроэнергии. Электростанция специально приспособлена для работы на высокосернистом попутном нефтяном газе трех прикамских месторождений компании. В рамках проекта ЛУКОЙЛ построил первую для себя цифровую подстанцию и намерен в дальнейшем тиражировать этот опыт и на других проектах.



стоящего жидкого топлива или природного газа собственный ПНГ с месторождения, позволяет решить проблему энергоснабжения удаленных объектов, где нет необходимой инфраструктуры, используя подручное сырье. Соответственно, нет необходимости дополнительно сжигать дорогостоящее топливо или приобретать электричество из центральной сети, что способствует снижению общих выбросов.

Свет из бросового газа

Крупные нефтегазовые компании, показывает статистика Минэнерго, справляются с задачей утилизации ПНГ лучше, чем отрасль в целом: средний коэффициент полезного использования ПНГ у них почти на 4 процентных пункта выше, чем в среднем по отрасли (85,3%). Но при этом среди них есть те, кто давно вывел утилизацию ПНГ на требуемый уровень 95% и с годами только улучшает этот показатель. Одним из лидеров в области утилизации ПНГ в российском нефтегазовом секторе, по данным Минэнерго, является ЛУКОЙЛ, у которого коэффициент полезного использования ПНГ по итогам 2019 года составил 97,6%.

Без сжигания и с пользой

Утилизация попутного нефтяного газа — одна из значимых проблем, стоящих перед нефтегазовой промышленностью мира в целом и России в частности. По данным WWF, экологический ущерб от факельного сжигания 1 млрд кубометров ПНГ составляет до 7,1 млн тонн в эквиваленте CO₂. В подавляющем большинстве стран сжигание ПНГ преследуется по закону, не исключение и Россия. В 2012 году вступило в силу постановление правительства РФ, предписывающее нефтяным компаниям утилизировать не менее 95% попутного нефтяного газа. За сверхнормативное сжигание ПНГ предусмотрены штрафы, которые с годами увеличиваются. С 1 января штрафы за сжигание ПНГ поднялись в четыре раза, и ведомства обсуждают дальнейшее ужесточение законодательства в этой сфере. Вместе с тем пока на показатель в 95% российский нефтегазовый сектор не вышел: по итогам 2019 года Минэнерго оценивает среднеотраслевую глубину утилизации в 81,5% и считает реалистичным достижение 95-процентной нормы лишь к 2035 году.

При этом сжигание ПНГ наносит ущерб не только окружающей среде, но и самим недропользователям — ведь, хотя организация факельного сжигания требует ничтожно малых затрат (10 коп. на кубометр), рациональное использование этого сырья приносит объективную коммерческую выгоду. Утилизация ПНГ возможна несколькими способами разной степени технической прогрессивности, от поставки в небольших количествах в газотранспортную систему и обратной закачки в пласт до неглубокой переработки с получением метана и пропан-бутановой смеси и глубокой — с разделением на метан и широкую фракцию жидких углеводородов, далее направляемых на производство нефтехимической продукции. И все большее распространение получает использование ПНГ для генерации электроэнергии и тепла. Строительство электростанций, использующих вместо дорого-

Чашкинская ГТЭС обеспечит энергоснабжение как объектов ЛУКОЙЛА, так и жителей региона

Для увеличения уровня утилизации ПНГ ЛУКОЙЛ использует весь спектр доступных решений, осваивая все новые способы утилизации. Например, с июля компания начала использовать ПНГ как источник энергии при буровых работах. На Средне-Назымском месторождении компании в ХМАО за счет перехода на ПНГ энергозатраты при бурении снизились на 50%.

А в августе ООО «ЛУКОЙЛ-Энергоинжиниринг» ввело в эксплуатацию газотурбинную электростанцию (ГТЭС) «Чашкино» в Пермском крае, работающую на попутном нефтяном газе.

ГТЭС «Чашкино» находится недалеко от Березников и свое название получила от нефтяного месторождения, которое разрабатывает «ЛУКОЙЛ-Пермь». Она предназначена прежде всего для обеспечения энергии нефтепромысла и полезной утилизации ПНГ: станция может перерабатывать около 50 млн кубометров этого сырья в год в течение 25 лет. Сроки строительства за счет тщательного планирования проекта составили всего 11 месяцев. На площадке собирали укрупненные модули высокой заводской готовности. Специалисты ООО «ЛУКОЙЛ-Энергоинжиниринг» подготовили и разместили на заводах-изготовителях заказы на производство ключевых узлов объекта. Они были испытаны на заводских стендах еще до поставки, что помогло существенно сократить сроки строительно-монтажных и пусконаладочных работ.

Чашкинская ГТЭС работает на ПНГ, который поступает с трех прикамских месторождений — Жилинского, Бельского и Ростовицкого. Попутный газ этих месторождений характеризуется высоким содержанием серы, крайне разрушительно воздействующей на энергоагрегаты. Необходимость обеспечить их дополнительную защиту и обусловила конструкционные особенности станции. «Для адаптации газотурбинного двигателя к работе на топливе с высоким содержанием серы применен ряд конструктивных доработок,

Строительство электростанций, использующих вместо дорогостоящего дизельного топлива собственный ПНГ с месторождения, позволяет решить проблему энергоснабжения удаленных объектов

в том числе специальное покрытие лопаток турбин и специальные материалы при изготовлении деталей и изделий, подверженных разрушительному воздействию серы», — рассказывает генеральный директор ООО «ЛУКОЙЛ-Энергоинжиниринг» Сергей Борисенко.

Наградные «Уралы»

Сжигание ПНГ и выработка электроэнергии на Чашкинской ГТЭС происходит в энергоагрегатах «Урал-4000». Всего их четыре, в основе каждого из них авиационный двигатель Д-30 (их устанавливали на пассажирские самолеты Ту-134). Их поставило пермское конструкторское бюро «ОДК-Авиадвигатель», специалисты которого уже 27 лет занимаются созданием газотурбинного оборудования для предприятий ТЭК России.

ЛУКОЙЛ уже много лет плодотворно сотрудничает с АО «ОДК-Авиадвигатель», помогая моторостроителям диверсифицировать производство. Турбины производства «ОДК-Авиадвигатель», способные работать на ПНГ, установлены на многих объектах группы ЛУКОЙЛ. Сегодня компания использует 75 газотурбинных энергоагрегатов пермского производства совокупной мощностью 850 МВт.

Технологию конверсии авиадвигателей Д-30 и ПС-90А в ГТУ пермские моторостроители освоили еще в 1990-х, однако приспособить их для полезного использования ПНГ предприятию удалось лишь в сотрудничестве с нефтяными компаниями. За создание и внедрение ГТЭС серии «Урал» для работы на ПНГ различного состава месторождений нефти и газа коллективу разработчиков ЛУКОЙЛа и «ОДК-Авиадвигатель» была присуждена премия правительства РФ в области науки и техники. По данным ОДК, с учетом себестоимости выработки электроэнергии, производимая на ГТЭС серии «Урал», обходится на 30–40% дешевле покупной. При этом достигается эффект утилизации ПНГ и сокращения выбросов CO₂. К моменту вручения Государственной премии только на объектах «ЛУКОЙЛ — Западная Сибирь» пермские энергоустановки утилизировали более 1 млрд кубометров ПНГ.

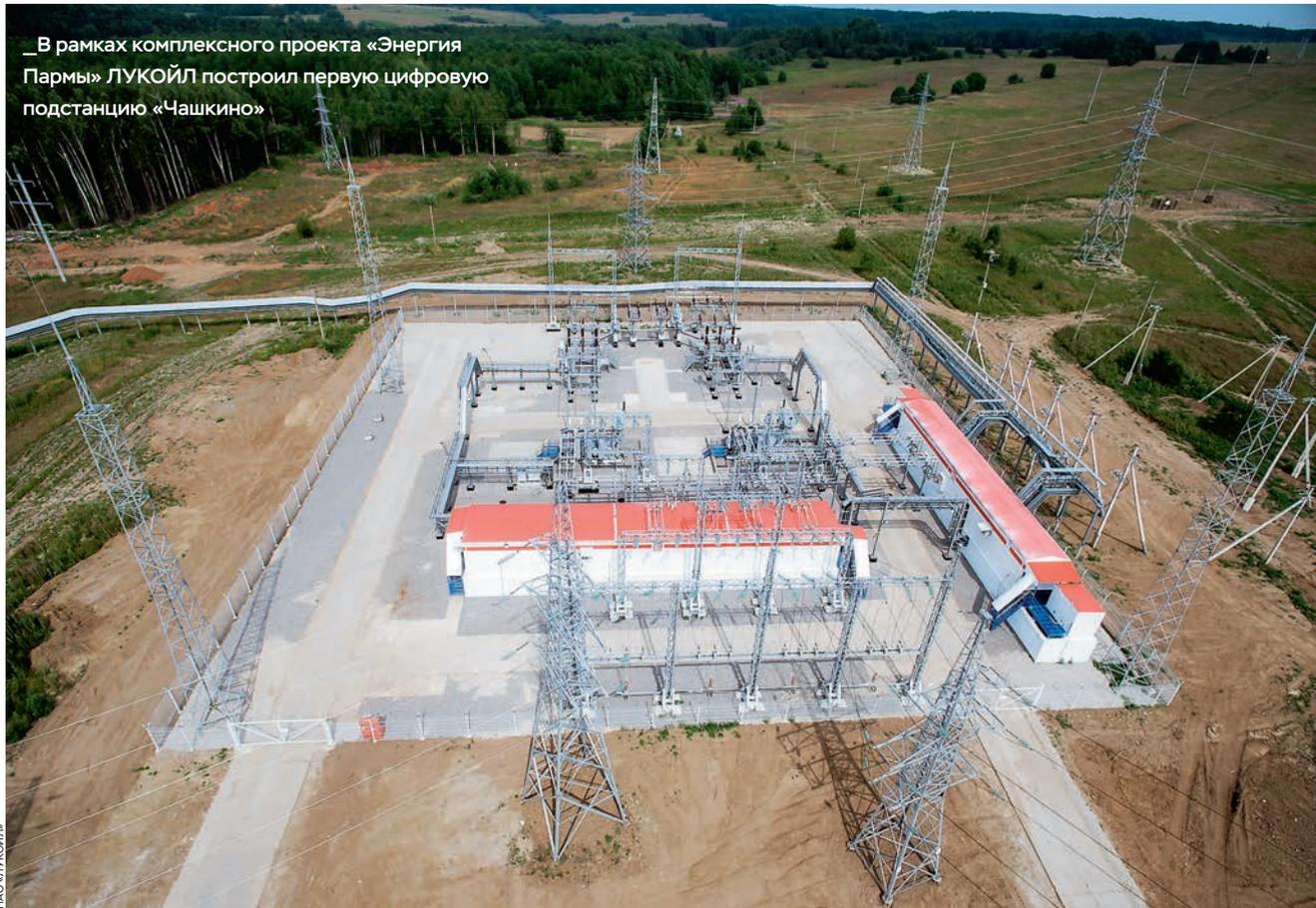
На предприятиях ЛУКОЙЛа пермские ГТЭС на попутном нефтяном газе работают с 2001 года — на Северо-Губкинском месторождении, где в 2007 году была установлена и новая ГТЭС «Урал-6000», на ряде других западно-сибирских месторождений работают ЭГЭС-12С.

В 2015 году в Перми на одном из крупнейших нефтеперерабатывающих заводов ЛУКОЙЛа — ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» — был запущен крупный энергоцентр электрической мощностью 200 МВт, который помимо электроэнергии снабжает завод технологическим паром в объеме 680 т/ч. В этом примере использованы энергоагрегаты «ОДК-Авиадвигатель» единичной мощностью 25 МВт, спроектированные на базе двигателей ПС-90А. При запуске Чашкинской ГТЭС масштабно использовался опыт другого проекта «ЛУКОЙЛ-Пермь» — Ильичевской ГТЭС, построенной в рамках первого этапа проекта «Энергия Пармы» в 2013 году.

Опыт Пармы

«Уже имея опыт эксплуатации данных турбин, мы учли его при строительстве Чашкинской ГТЭС и элементов ее инфраструктуры», — говорит Сергей Борисенко. — Специалисты «ЛУКОЙЛ-Энергоинжиниринг» модернизировали систему газоподготовки для агрегатов „Урал-4000“. Автоматизированная система управления станцией поддерживает технологические процессы с высокой степенью точности, благодаря чему Чашкинская ГТЭС стала одной из самых эффективных электростанций в Пермском крае».

Электричество, полученная на Чашкинской ГТЭС, будет использоваться для энергоснабжения буровых



— В рамках комплексного проекта «Энергия Пармы» ЛУКОЙЛ построил первую цифровую подстанцию «Чашкино»

Одним из лидеров в области утилизации ПНГ в российском нефтегазовом секторе, по данным Минэнерго, является ЛУКОЙЛ, у которого коэффициент полезного использования ПНГ по итогам 2019 года составил 97,6%

установок, характеризующихся резкопеременной нагрузкой. Чтобы Чашкинская ГТЭС могла выдерживать перепады нагрузок, был применен ГРАРМ — групповой регулятор активной и реактивной мощности. Он автоматически перераспределяет резкие перепады нагрузок между турбинами.

Чашкинская ГТЭС обслуживается по контракту жизненного цикла, подразумевающему полное ремонтно-техническое обслуживание энергоагрегатов их производителем, «ОДК-Авиадвигатель», в течение всего их жизненного цикла с оплатой

за фактически отработанные машино-часы. Таким образом, производитель финансово заинтересован в том, чтобы оборудование работало не простаивая.

Первая цифровая

В рамках проекта Чашкинской ГТЭС ЛУКОЙЛ построил первую в своей истории цифровую подстанцию «Чашкино» (110/35/6 кВ), обеспечивающую прием и распределение произведенной электроэнергии на собственные нужды и в сеть МРСК Урала. Преимущество цифровых подстанций, которых сегодня в России не так много, — это повышение надежности, снижение эксплуатационных затрат, унификация

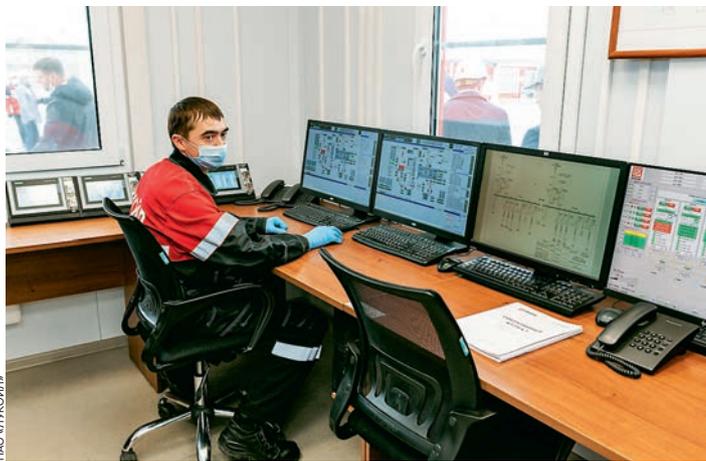
информационных протоколов и оборудования, сокращение кабельного хозяйства и кабельных конструкций, повышение контролируемости и диагностики каналов сбора, передачи информации и управления. Также цифровые подстанции характеризуются относительно более сжатыми сроками проведения строительно-монтажных и пусконаладочных работ и обеспечивают формирование единого информационного пространства, необходимого для дистанционного контроля и управления и в перспективе построения умных сетей.

На цифровую подстанцию полученная на Чашкинской ГТЭС электроэнергия поступает по кабельной линии 6 кВ. Дальше от подстанции электроэнергия распределяется по трем основным направлениям, также охваченным проектом.

Сегодня, уже имея опыт создания цифровых подстанций, ЛУКОЙЛ планирует распространить эту практику на другие сетевые объекты.

НАТАЛЬЯ СЕМАШКО

— Детальная проработка проекта позволила построить станцию всего за 11 месяцев



Чашкинская ГТЭС стала одной из самых эффективных электростанций в Пермском крае

Бактерии на разогреве

Технология ускоренного компостирования на основе термофильных бактерий, разработанная компанией «АгроКомпост» (резидент фонда «Сколково»), в восемь раз сокращает время переработки органических отходов.

Работу над технологией начала в 2012 году группа ученых Башкирского аграрного университета: у коллектива родилась идея практического применения термофильных бактерий — микроорганизмов, комфортно себя чувствующих при температуре выше +45°C. «Их используют для очистки осадков сточных вод, утилизации пищевых отходов, — рассказывает Виктория Кинз, генеральный директор «АгроКомпоста». — Вначале мы решили применить термофильные бактерии для переработки куриного помета». Для птицефабрик это стало настоящим спасением. Дело в том, что до 1990-х годов, несмотря на опасность помета (в нем присутствуют кишечная палочка и энтерококки, вызывающие опасные заболевания), колхозы и совхозы использовали его как органическое удобрение для выращивания сельхозкультур. В условиях командной экономики всю производственную деятельность регулировало государство, поэтому птицефабрики поставляли хозяйствам помет, а те в ответ — зерно на корм птице. После перестройки птицефабрики получили возможность приобретать зерно и комбикорма у любого производителя, а собственное производство кормов в большинстве случаев перестало быть выгодным и прекратилось.

С тех пор экологические требования к безопасности производства сельхозкультур и использования земельных угодий стали намного строже. Помет был отнесен к отходам третьего класса опасности, и его внесение в почву без предварительной очистки от патогенных и условно патогенных микроорганизмов грозило штрафами Роспотребнадзора и Росприроднадзора. Чтобы помет стал удобрением, птицефабрики должны были строить компостные площадки для его обезвреживания и переработки, не имея при этом рынка сбыта для получившейся продукции. Можно было бы, конечно, передавать помет лицензированным предприятиям для утилизации, но на это не было средств. Так что помет на птицефабриках накапливался.

На помощь пришел «АгроКомпост». «Мы решили оказывать птицефабрикам услуги по переработке помета, — продолжает Виктория Кинз. — Остановились на технологии твердофазной аэробной ферментации органики, или компостировании, — периодическом перемешивании отходов для насыщения их кислородом и одновременной обработки микроорганизмами, усваивающими органику и выделяющими вещества, нейтрализующие аммиак, что очень важно при утилизации таких отходов. Мы нашли микроорганизмы для переработки помета, на их основе разработали биопрепараты для компостирования и решили их производить. Но приобретать только биопрепараты птицефабрики не спешили: им был необходим комплекс услуг, в том числе ворошительные машины. В 2015 году мы подготовили проект полного цикла технологии и оборудования для переработки помета. Оставалось только найти средства на его запуск. В это время в «Сколково» как раз открылось направление „Агробизнес и агроботехнологии“, которое поддерживалось грантами. Мы подали заявку на финансирование

ВОРОШИТЕЛЬНАЯ МАШИНА

Вначале авторы проекта предложили вносить биопрепарат в куриный помет непосредственно в цехе размещения птицы на этапе его выгрузки с пометной ленты в трактор. При этом помет аэрировался только при погрузке, тогда как для ускорения компостирования он должен насыщаться кислородом постоянно через определенные временные интервалы. Решили строить компостную площадку, на которой будет работать ворошительная машина. «Первые проекты по промышленному компостированию были запущены немцами в 1990-х годах, — рассказывает Виктория Кинз. — Они собрали машину, которая измельчала и ворошила органические отходы. А в измельченные отходы добавляли бактерии для ускорения ферментации». Организаторы «АгроКомпоста» решили построить собственную машину, приняв за прототип обычный роторный снегоборщик, выпускавшийся в то время на белорусском заводе «Амкордор». Но снегоборочная машина не годилась для крупных площадок: слабый двигатель не позволял ворошить большие объемы отходов, а резиновые колеса буксовали на бетоне. «Сейчас четыре таких агрегата продолжают работать на небольших российских птицефабриках, — говорит Виктория Кинз. — Однако тогда нам стало ясно, что нужно делать принципиально новую машину. Мы набрали команду конструкторов и заказали им машину на гусеницах, с мощным двигателем и удобной кабиной, с баком для биопрепарата. Деньги для производства опытного экземпляра собрали на краудфандинговой платформе „Стартрек“. Так на свет появился „Компостер ВМ-4“, который ворошит и смешивает органические отходы, вносит в компостируемую массу биопрепарат и грузит компост в автотранспорт».

Ворошительная машина «Компостер ВМ-4»

Мощность 1500 м³/час
Ширина захвата компостного бурта 4 м.
Высота захвата компостного бурта 1,8 м.
Мощность двигателя: 300 л.с.



БАКТЕРИИ

«Наших „маленьких друзей“ — термофильные бактерии — мы нашли в компосте, — объясняет гендиректор „АгроКомпоста“. — Самые сильные виды и штаммы начали выращивать в биореакторах. Теперь эти микроорганизмы активно перерабатывают органические отходы в компост, разогревая органику в твердых коммунальных отходах до 80°C. Патогенная микрофлора погибает». Процесс переработки ускоряется в восемь раз.

наших разработок, прошли конкурсный отбор и в 2016 году стали первыми резидентами фонда „Сколково“ по этому направлению».

Московская область: переработка мусора

«Вначале мы были нацелены исключительно на переработку помета и навоза и даже не думали заниматься твердыми коммунальными отходами, потому что их захоранивали на полигонах, — объясняет Виктория Кинз. — Но в 2018 году в Московской области решили при каждом мусоросортировочном комплексе строить площадки для утилизации органики. Региональные операторы Московской области должны были выбрать технологию переработки. Компостирование — самая дешевая и эффективная. Мы не побоялись конкуренции с крупными иностранными компаниями, подали заявку на участие в тендере и победили».

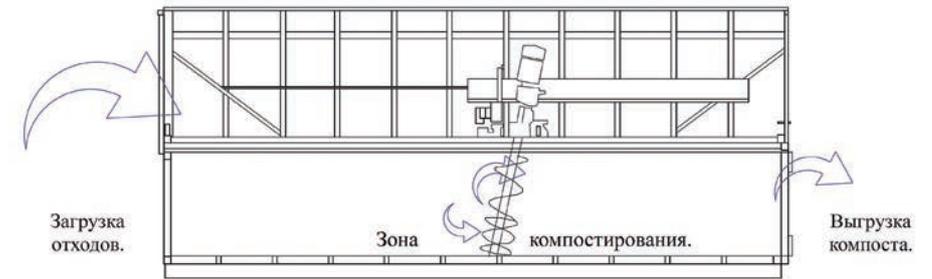
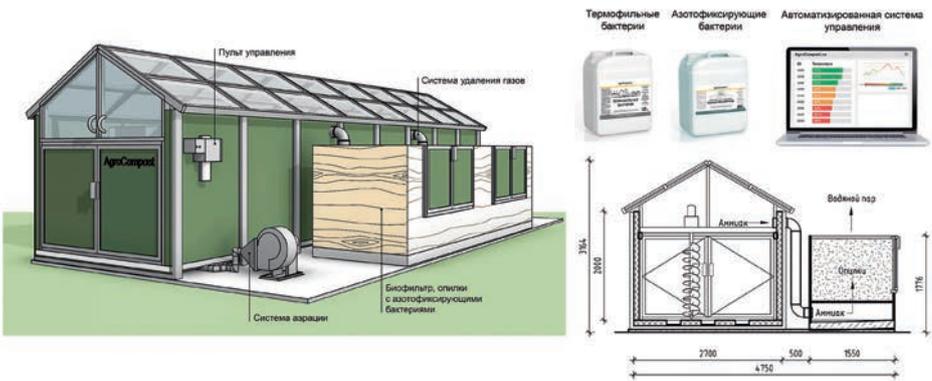
«Мы организуем переработку «под ключ», поставляем ворошительные машины,

монтируем системы вентиляции, аэрации и биофильтры, а для ускорения компостирования продаем биопрепарат. До 30% органической фракции твердых бытовых отходов обезвреживаются по технологии компостирования. Мы сократили цикл компостирования в зимний период с традиционных шести месяцев до двух недель»

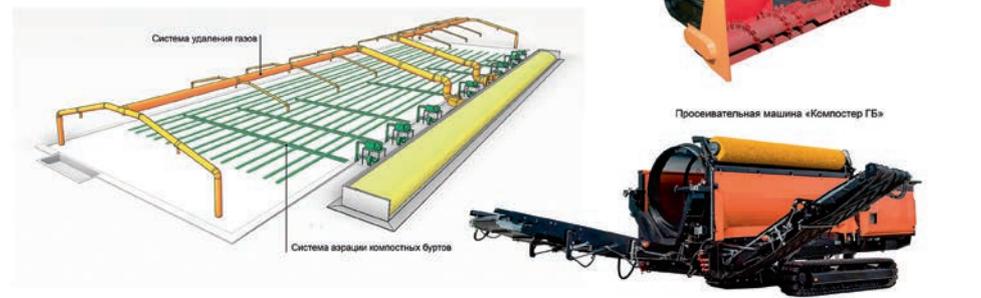
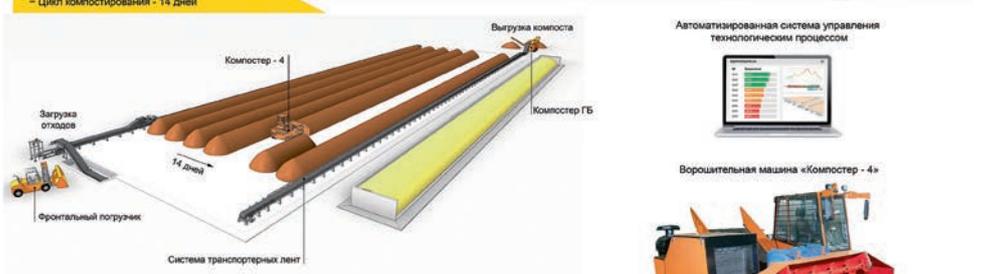
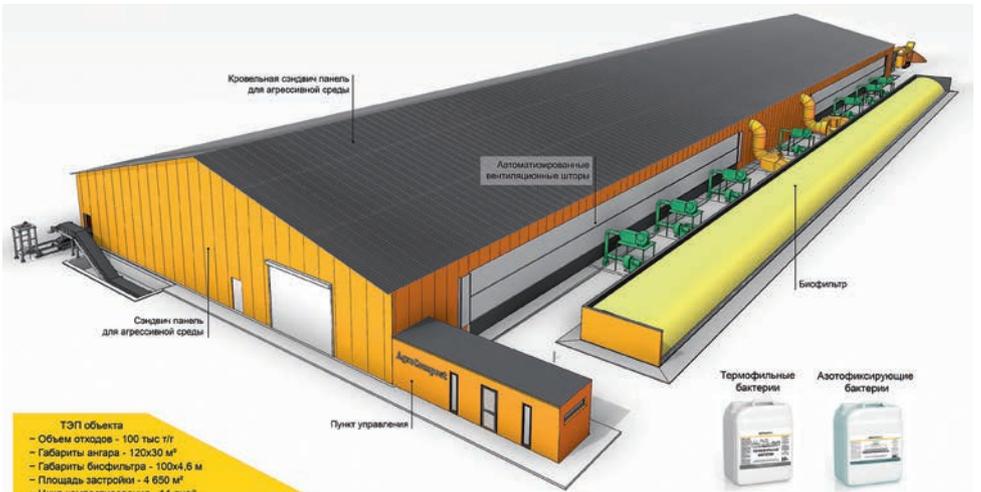
В 2019 году площадки «АгроКомпоста» по компостированию органики твердых коммунальных отходов начали работать в Коломне, Кашире, Клину, Сергиевом Посаде, Егорьевске. «Мы организуем переработку „под ключ“, поставляем ворошительные машины, монтируем системы вентиляции, аэрации и биофильтры, а для ускорения компостирования продаем биопрепарат. До 30% органической фракции твердых бытовых отходов обезвреживаются по технологии компостирования. Мы сократили цикл компостирования в зимний период с традиционных шести месяцев до двух недель», — подчеркивает гендиректор.

Экономика

«Мы собираем наши ворошительные машины только под заказ, — признается Виктория Кинз. — Сейчас у нас три заказа, за четыре месяца мы должны собрать ворошители компостных буртов и передать эти машины заказчику. В условиях пандемии коро-



_Технология компостирования в контейнере



_Технология закрытого компостирования органических отходов

навируса банки отказались нас кредитовать, несмотря на то что наша выручка за прошлый год составила 105 млн руб. Заказчик хочет прийти к нам на склад, как в автосалон, и купить готовую машину. Без кредита это никак не получится. Возник риск уступить рынок иностранным производителям, в том числе немецким, хотя они предлагают ворошительные машины в два-три раза дороже, чем наша. Стоимость нашей машины не более 15 млн руб., а немецкой — не менее 30 млн руб. Но в Германии можно купить машину через лизинговую программу, потратив всего 10%, а за наш ворошитель нужно заплатить всю сумму, а потом еще четыре месяца ждать, пока его соберут. Поэтому заказчиком иногда выгоднее приобрести немецкую технику. Сейчас мы ищем соинвестора для увеличения оборотных средств и выпуска продукции на склад, а также строительства собственного завода в Тульской области, где мы получили землю на территории опережающего развития».

Зеленые отходы

«Своих компостных площадок у нас нет,— подчеркивает Виктория Кинз.— Заказчикам мы поставляем биопрепараты и ворошительные машины, проектируем и монтируем технологическое оборудование. Но у нас есть инновационный проект „Городской компост“ — строительство компостных площадок возле крупных городов, на которые могли бы поступать все органические отходы: зеленые (листва, ветки), пищевые и осадки сточных вод. Рестораны, кафе и даже школьные столовые готовы организовать отдельный сбор отходов для дальнейшего компостирования. К нам обратились „Макдоналдс, ИКЕА, X5 Retail Group и другие крупные торговые сети с просьбой построить компостную площадку. Такие площадки есть во всех крупных городах Европы. Сейчас мы ведем переговоры с администрацией города Москвы о выделении нам земельного участка для строительства подобного комплекса».

ЕЛЕНА ТУЕВА

Благодаря интенсивному ворошению и перемешиванию

микрорганизмы моментально распространяются по всей поверхности ТКО, перерабатывая органику всего за 14 дней

ТЕХНОЛОГИЯ

«Каждый день в ангар компостирования на мусоросортировочном комплексе завозится 300 тонн отходов,— говорит Виктория Кинз.— В ангаре семь дорожек. Все прибывшие отходы попадают на первую дорожку. Мы вносим бактерии и через день начинаем ворошить. Ежедневно под бурт подается расчетный объем воздуха, чтобы бактерии дышали. Уже на второй день температура поднимается до 70–80°C и семь-десять дней держится на этом уровне. Термофильные бактерии размножаются, вся органика полностью разлагается, и на выходе получается всего 150 тонн отходов, то есть в два раза меньше, чем было».

Влажность поступивших отходов примерно 60–70%, и, если их сложить в бурт, под ним скапливается жидкость. А при ворошении температура поднимается, и вода превращается в пар, который увлекается в вентиляционные воздуховоды и попадает в биофильтр. Аммиак, метан, другие вредные летучие вещества, которые образуются при компостировании, также попадают в биофильтр, представляющий собой массу щепы или опилок, на которые тоже нанесены специальные микроорганизмы — нитрификаторы, метанотрофы и другие. Они образуют биопленку, которая очищает грязный воздух. Это самый дешевый и экологически чистый способ связывания вредных газов.

Благодаря интенсивному ворошению и перемешиванию микроорганизмы моментально распространяются по всей поверхности ТКО, перерабатывая органику всего за 14 дней. Нет ни одного места, куда не попали бы полезные бактерии, потому что все отходы семь раз подвергаются ворошению и перемешиванию. Переработанные отходы вывозятся на просеиватель — так называемый барабанный грохот. В грохоте полученный продукт делится на две фракции — 100 тонн компоста и 50 тонн RDF (топливо из твердых коммунальных отходов). Полученным компостом пересыпают отходы на полигоне. «К сожалению, полученный грунт нельзя использовать в городском озеленении или при отсыпке дорог, как в Европе,— сетует Виктория Кинз.— В нем остается мелкое стекло, которое мы не можем отделить, а по ГОСТу содержание инертных материалов в почвогрунте не должно превышать 5%. Но если в России будет внедрен отдельный сбор мусора и стекло с пластиком изначально не будут в органические отходы попадать, наш компост можно будет использовать как органическое удобрение для выращивания деревьев, кустарников и технических культур».

Глубинное кипение магмы

Новая физическая теория связала глубокие землетрясения под Ключевским вулканом на Камчатке с дегазацией магмы.



«Тотальная» сейсмология — это высокотехнологичная область знаний, вовлеченная в технологическую революцию больших данных

В июле 2017 года «Ъ-Наука» уже писала о работах российских вулканологов — изучении глубоких вулканических землетрясений на Камчатке. Наблюдение такого рода сейсмичности в глубинных частях питающей вулкан магматической системы может свидетельствовать о начале ее активизации и, соответственно, использоваться в качестве раннего предвестника извержений. В то же время для полноценного использования наблюдения глубоких вулканических землетрясений в качестве прогностического признака при мониторинге извержений необходимо понимание того, какие именно физические процессы их вызывают. Несмотря на наблюдения таких землетрясений под многими вулканами в разных районах в мире,

Международная группа, включающая ученых из НИИ механики МГУ, Геофизической службы Израиля, Института физики Земли в Гренобле (Франция) и Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН,

разработала новую физическую модель происхождения глубоких длиннопериодных вулканических землетрясений и провела серию численных экспериментов для ее проверки. Результаты численного моделирования сравнивались с сигналами землетрясений, наблюдаемыми под Ключевской группой вулканов на Камчатке

работ по физическому моделированию их источников до настоящего времени было опубликовано крайне мало.

Разные типы землетрясений

Обычные «тектонические» землетрясения вызваны сбросом сдвиговых механических напряжений на геологических разломах. Но под большинством вулканов нет таких разломов и концентрации сдвиговых напряжений. В одной из работ японские и американские ученые предположили, что механические напряжения под вулканами могут возникать при охлаждении глубинных магматических интрузий и локальном тепловом сжатии. Но даже при таком сценарии происхождение

землетрясений остается неясным, поскольку при больших температурах и давлениях на глубине под вулканами для горных пород характерна не хрупкая, а пластичная деформация, при которой землетрясений возникать не должно. К тому же сигналы глубоких вулканических землетрясений сильно отличаются от тех, которые регистрируются от источников, связанных с вспарыванием разломов, и содержат гораздо меньше высоких частот. Поэтому такие землетрясения принято называть «низкочастотными» или «длиннопериодными», и их происхождение связывают не с трещинами и разломами, а с резкими перепадами давления в магматических резервуарах или каналах.

Таким образом, для понимания происхождения этих землетрясений необходимо выяснить, какие именно физические процессы могут приводить к резким скачкам давления в магме на глубинах в несколько десятков километров.

Дегазация магмы и динамика вулканов

Для ответа на этот вопрос наша международная группа, включающая ученых из НИИ механики МГУ, Геофизической службы Израиля, Института физики Земли в Гренобле (Франция) и Института вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения РАН, разработала новую физическую модель происхождения глубоких длиннопериодных вулканических землетрясений и провела серию численных экспериментов для ее проверки. Результаты численного моделирования сравнивались с сигналами землетрясений, наблюдаемыми под Ключевской группой вулканов на Камчатке.

(В 2017 году «Ъ-Наука» уже писала об этом уникальном природном объекте, который в течение многих десятилетий используется российскими вулканологами и сейсмологами в качестве естественной лаборатории для изучения вулканических процессов.)

Одна из существенных особенностей этого района — здесь наблюдается самая высокая концентрация в мире регистрируемых глубоких длиннопериодных вулканических землетрясений. Таким образом, использование такого рода наблюдений для возможного прогноза извержений особенно актуально именно в этом районе. А учитывая то, что значительные извержения по крайней мере одного из активных вулканов (Ключевской, Безымянный, Толбачик и Шивелуч) случаются по нескольку раз в год, такого рода научные исследования в перспективе могут иметь прикладное значение для оценки и предотвращения вулканической опасности для близлежащих населенных пунктов, многочисленных туристов и для интенсивного авиасообщения между Северной Америкой и Азией.

Основная гипотеза новой предложенной физической модели глубинного сейсмогенеза под вулканами — что давление в магме может резко меняться в связи с процессами выделения вулканических газов. Хорошо известно, что газовая или, как ее еще называют, летучая компонента играет ключевую роль в динамике вулканов и извержений. Основными составляющими вулканических газов являются водяной пар, углекислый газ, двуокись серы и сероводород. Водяная компонента доминирует (по крайней мере 60%), а вторым по значимости является углекислый газ. При больших давлениях, соответствующих глубинам в несколько десятков километров и больше, вся летучая компонента полностью растворена в магме. Но при подъеме последней к поверхности и уменьшении давления растворимость вулканических газов уменьшается, и они начинают выделяться в виде свободной фракции и образовывать пузыри. Этот процесс, называемый дегазацией, приводит к изменению усредненных плотности, давления и объема магмы.

Дегазация магмы становится особенно интенсивной близко к поверхности. При соответствующих давлениях водяной пар достаточно быстро теряет свою растворимость и выделяется в виде образующихся и быстро растущих пузырей. При определенных составах магмы такие пузыри не могут быстро эвакуироваться, и их образование приводит к росту давления и последующим взрывным извержениям.

В связи с его вкладом в динамику извержений, процесс дегазации магмы, происходящий близко к поверхности, является достаточно хорошо изученным на основе геохимических и петрологических данных и с помощью экспериментального и численного моделирования. Но вот газовыделение на глубинах больше 10 км изучалось очень мало и многими вулканологами рассматривается как незначительное.

Глубоко и бурно

В нашей работе мы подвергли сомнению эту точку зрения. В первую очередь мы решили выяснить, возможно ли начало дегазации на глубинах порядка 30–35 км (максимум концентрации сейсмических очагов под Ключевским вулканом) и может ли этот процесс быть достаточно интенсивным и быстрым, чтобы генерировать сейсмические волны, наблюдаемые на поверхности. Для этого нами была разработана аккуратная численная модель, описывающая диффузию газа из магмы в пузырьки и их последующий рост. При моделировании мы также учитывали данные о химическом составе магм, питающих Ключевской вулкан, которые были получены на основе анализа образцов изверженных пород.

В качестве первого результата нашего исследования мы показали, что начало дегазации на рассматриваемых глубинах возможно при повышенном по сравнению со среднемировым содержании водяного пара и углекислого газа, характерном для магм Ключевского вулкана. Это вызвано тем, что при смешении этих летучих компонент растворимость их может быть понижена в сравнении с тем, какова она у этих газов по отдельности. Таким образом, повышенное содержание углекислого газа может привести к началу дегазации на существенно больших глубинах.

На втором этапе мы изучили динамику дегазации при медленной декомпрессии перенасыщенной магмы. Это подразумевает, что при относительно медленном подъеме к поверхности и соответственном уменьшении давления растворимость летучей составляющей уменьшается. На определенной глубине достигается критическое давление, которое должно привести к переходу газа из растворенного в свободное состояние. Но в реальности дегазация не начинается сразу и плавно: газосодержащая магма остается еще некоторое время в перенасыщенном состоянии и накапливает потенциально избыточное давление, которое, по имеющимся экспериментальным данным, может достигать нескольких десятков мегапаскалей. В такой перенасыщенной магме в какой-то момент начинается лавинообразный рост газовых пузырей. Результаты нашего численного моделирования показали, что этот процесс может быть очень быстрым и приводить к локальному увеличению давления в несколько десятков мегапаскалей за доли секунды. Дальнейшие вычисления показали, что если в такую быструю дегазацию вовлечен объем магмы, превышающий тысячу кубометров, то это может привести к генерации сейсмических волн с энергией и спектральным составом, близкими к наблюдаемым в реальности.

Так результаты нашего моделирования подтвердили, что при повышенном содержании водяного пара и особенно углекислого газа дегазация может начаться на глубинах 30–35 км и приводить к возникновению глубоких длиннопериодных вулканических землетрясений.

Почему это важно

Обоснование связи землетрясений с глубинной дегазацией магматических расплавов важно для улучшения прогноза вулканических извержений, поскольку эти землетрясения свидетельствуют о внедрении новой порции расплавов в глубинный магматический очаг и начале подготовки активизации вулкана.

Другой важный аспект новой теории — возможная связь между наличием и интенсивностью глубокой сейсмичности под вулканами и содержанием углекислого газа в питающих их магмах. Как известно, вулканы считаются одним из основных естественных источников углекислого газа в атмосфере. Но точное измерение количества углекислого газа, выделяемого вулканами, остается затруднительным. Это связано с отсутствием на сегодняшний день надежных методов глобального мониторинга этого типа вулканической эмиссии (в отличие, например, от оксида серы, который может быть относительно легко обнаружен и измерен с космических спутников). Предложенная в нашей работе модель предсказывает принципиальную возможность использования сейсмических наблюдений (регистрации глубоких землетрясений) в дополнение к методам газовой геохимии для понимания того, какие вулканы питаются магмами с повышенным содержанием углекислого газа и, соответственно, могут иметь повышенный вклад в выброс парниковых газов в атмосферу.

ОЛЕГ МЕЛЬНИК, член-корреспондент РАН, заведующий лабораторией общей гидромеханики, НИИ механики МГУ
ВЛАДИМИР ЛЯХОВСКИЙ, главный научный сотрудник, Геофизическая служба Израиля
НИКОЛАЙ ШАПИРО, профессор РАН, главный научный сотрудник, Институт физики Земли, Гренобль, Франция;
Институт физики Земли имени Шмидта РАН

Исследование выполнялось лабораторией комплексного изучения и мониторинга геодинамических процессов в Курило-Камчатской зоне субдукции, созданной на базе Института физики Земли РАН в 2018 году при поддержке мегагранта Министерства образования и науки (№14.W03.31.0033). В нем также приняли участие сотрудники Московского государственного университета, Геофизической службы Израиля, Института физики Земли в Гренобле (Франция) и Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. В работе использовались сейсмические данные, предоставленные Камчатским филиалом Единой геофизической службы РАН. Результаты работы опубликованы в статье: Melnik, O., V. Lyakhovsky, N. M. Shapiro, N. Galina, and O. Bergal-Kuvikas (2020). Deep long period volcanic earthquakes generated by degassing of volatile-rich basaltic magmas, *Nature Communications*, DOI 10.1038/s41467-020-17759-4. <https://www.nature.com/articles/s41467-020-17759-4>

Наука о землетрясениях, вулканах и гораздо большем

Мы часто читаем в прессе или интернете короткие заметки, начинающиеся словами: «в районе... произошло землетрясение магнитудой...» или «на Камчатке проснулся вулкан...». При этом для большинства российских читателей землетрясения или вулканические извержения остаются «экзотическими» событиями, происходящими где-то далеко. Сколько же на самом деле происходит землетрясений и извержений в мире и России? Какие из них могут представлять опасность? Каким образом мы узнаем о том, где и когда они происходят, и, главное, как эта информация используется в фундаментальных научных исследованиях и практических приложениях? Ответы на эти и другие вопросы, основываясь на своем опыте работы за рубежом и в России, дает Николай Шапиро, ведущий научный сотрудник Института физики Земли РАН и Гренобльского института физики Земли во Франции, руководитель мегагранта «Геофизические исследования, мониторинг и прогноз активных геодинамических процессов в зонах субдукции».



_Вулкан Толбачик

Сейсмология как современная научная дисциплина началась на рубеже XIX–XX веков, когда были сконструированы и начали устанавливаться первые сейсмографы. Одним из важнейших прорывов на раннем этапе сейсмологии было изобретение электромагнитного сейсмографа русским ученым, князем Борисом Борисовичем Голицыным в 1906 году. Данные, регистрируемые этими сейсмографами, накапливались в течение десятилетий, и их анализ привел к таким фундаментальным научным открытиям, как понимание внутреннего строения Земли и физического механизма, приводящего к землетрясениям, а также был важнейшим вкладом в формирование концепции тектоники плит — современной геодинамической теории, объясняющей движение и деформации верхней оболочки Земли и происхождение сейсмичности и вулканизма.

Внедрение современных цифровых и коммуникационных технологий, начатое в 1990-х годах XX века, полностью преобразило сейсмологию. За счет быстрой передачи данных и применения эффективных компьютерных алгоритмов сейсмический мониторинг в реальном времени стал по-настоящему возможен. В дополнение к этому значительно улучшилось качество сейсмических записей и увеличилось их количество. На сегодняшний день во всем мире установлены тысячи высококачественных сейсмографов, которые записывают данные в непрерывном режиме и передают их в реальном времени в центры обработки и хранения данных, основные из которых находятся в США, Европе и Японии.

Приборы мировой сейсмологической сети регистрируют более 200 тыс. землетрясений в год. К счастью, подавляющее большинство этих сейсмических событий не ощущаются на поверхности Земли и могут быть записаны только очень чувствительными сейсмографами.

Собираемые в мировых центрах данные передаются в реальном времени в службы, занимающиеся мониторингом землетрясений. Естественно, их важнейшей задачей является быстрое определение параметров наиболее крупных землетрясений, представляющих потенциальную опасность для населения и экономики. Результаты такого мониторинга, получаемые почти в реальном времени, используются в системах быстрого оповещения и предупреждения цунами. В то же время другой очень важной задачей является наиболее полное изучение всех землетрясений, включая самые слабые. Это необходимо для детального изучения тектонической активности нашей планеты и разработки вероятностных моделей сейсмической опасности. На их основе строятся карты сейсмического районирования и разрабатываются нормы сейсмостойкого строительства.

Еще одним важным практическим применением сейсмологии является мониторинг вулканов. Ученые насчитывают на Земле более 1,5 тыс. потенциально активных вулканов. Каждый год по крайней мере 50 из них извергаются. К счастью, как и в случае землетрясений, большинство вулканических извержений не представляют непосредственной опасности как слишком слабые или происходящие в ненаселенных районах. Но, как и в случае землетрясений, наиболее полное изучение всех извержений, даже самых слабых, необходимо для детального изучения вулканической активности и разработки вероятностных моделей вулканической опасности и методов прогнозирования возможных катастрофических событий.

Возникновение большого количества слабых землетрясений под вулканами является одним из основных признаков их активизации и предвестников будущих извержений. При этом если учесть, что очень часто из-за плохих метеоусловий визуальное или спутниковое наблюдение вулканов бывает недоступно (а для подводных вулканов никогда), то становится понятно, что сейсмологические наблюдения — это единственный способ следить за состоянием вулканов в непрерывном режиме.

Сейсмологические данные также имеют огромное значение для фундаментальной науки. Сейсмические волны, распространяющиеся через глубинные слои Земли, содержат уникальную информацию о ее строении.

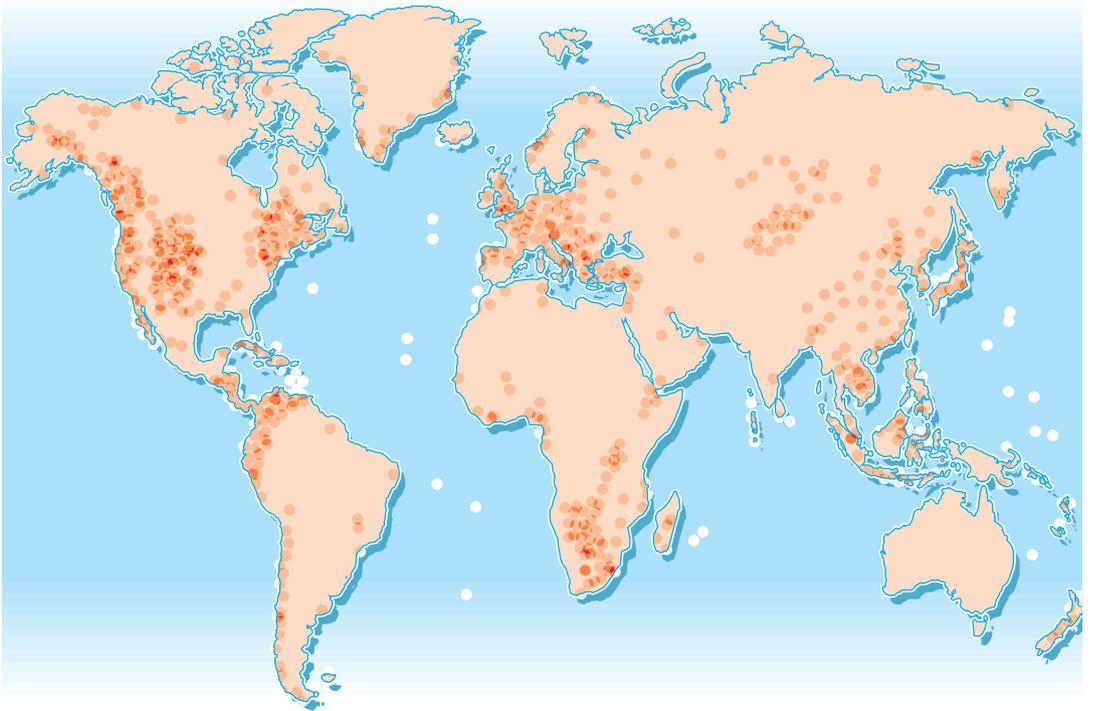
Ученые насчитывают на Земле более 1,5 тыс. потенциально активных вулканов. Каждый год по крайней мере 50 из них извергаются.

К счастью, как и в случае землетрясений, большинство вулканических извержений не представляют непосредственной опасности как слишком слабые или происходящие в ненаселенных районах

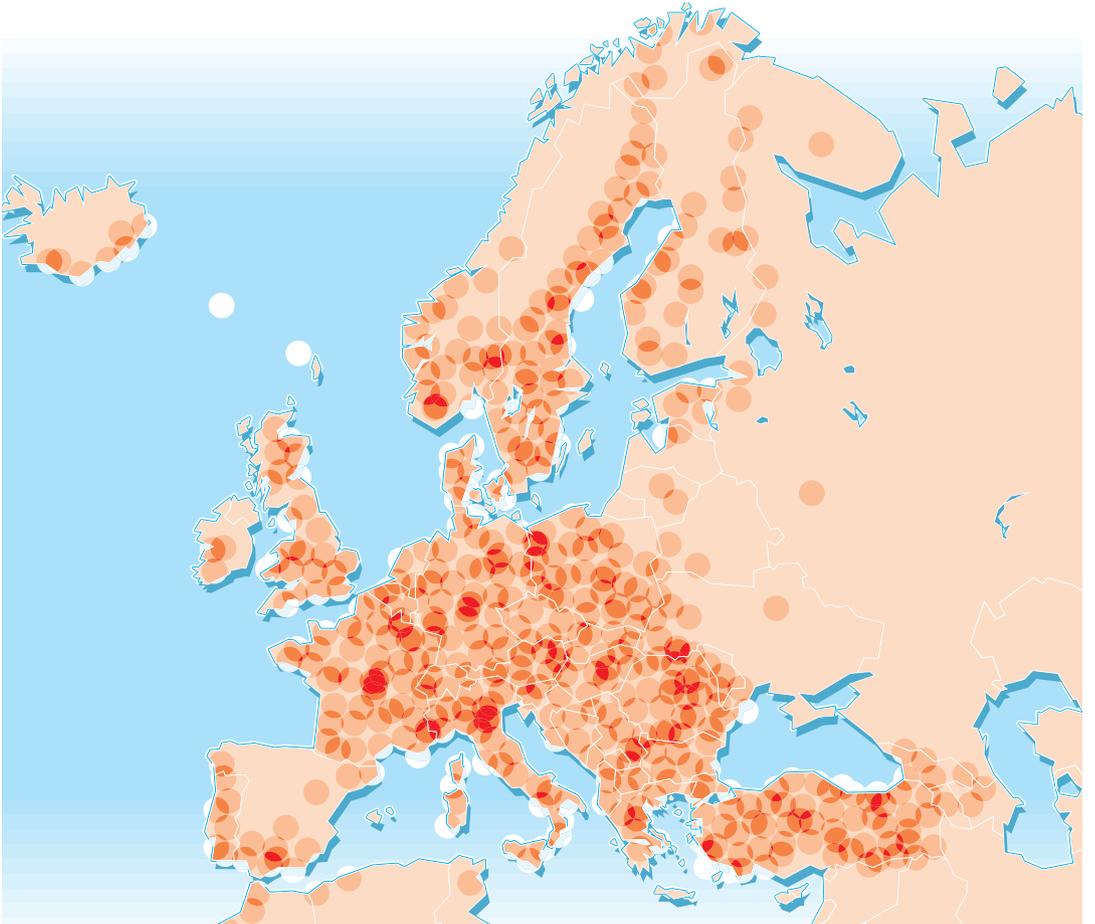
Так, основные слои нашей планеты — твердые кора и мантия, жидкое внешнее ядро и твердое внутреннее ядро — были открыты в первой половине XX века на основе анализа записей землетрясений. Начиная с 1970-х годов XX века широкое развитие получила сейсмическая томография — «просвечивание» Земли на основе волн, генерируемых землетрясениями, для получения трехмерных изображений внутреннего строения Земли. Сейсмология традиционно известна как наука о землетрясениях. Но в последние два десятилетия в ней возникла совершенно новая парадигма. На основе анализа цифровых сейсмических данных с применением современных компьютерных технологий было показано, что сейсмические записи содержат огромное количество информации помимо землетрясений.

Одним из важнейших открытий было наблюдение так называемых тектонических треморов — очень слабых сигналов, возникающих при медленном проскальзывании тектонических плит в периоды между землетрясениями. Ожидается, что систематический анализ такого рода треморов позволит отслеживать процессы, происходящие в сейсмических разломах и вулканических системах в те интервалы времени, которые раньше считались полностью «спокойными» и, таким образом, приведет к разработке принципиально новых методов мониторинга.

Другим важнейшим открытием было переосмысление так называемого сейсмического шума — сигналов, записываемых сейсмографами в отсутствие тектонической и вулканической активности (и составляющих боль-



—Карта мировых сейсмических станций, данные с которых поступают в центр IRIS



—Карта европейских сейсмических станций, данные с которых поступают в центр ORFEUS

МИРОВЫЕ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЕ ЦЕНТРЫ ДАННЫХ И МОНИТОРИНГОВЫЕ СЛУЖБЫ

Крупнейший на сегодняшний день центр сейсмологических данных создан Корпорацией научно-исследовательских организаций по сейсмологии США (IRIS) и находится в городе Сиэтл. В этот центр поступают данные более чем с 8 тыс. сейсмографов, из которых почти половина — в реальном времени. Центр данных IRIS является опорным для мировой сейсмологической сети, и в нем также можно найти данные, поступающие из большинства стран мира. Кроме этого, в центре собраны данные большого числа «временных» сейсмологических экспериментов. Общий объем собранных данных сегодня превышает 500 терабайт и экспоненциально увеличивается во времени. Европейские сейсмологические данные сосредоточены в центре ORFEUS, в который поступают данные около 3,5 тыс. станций.

Среди основных мировых мониторинговых центров можно перечислить Международный сейсмологический центр (ISC), National Earthquake Information Center (NEIC), работающий под эгидой Геологической службы США, и Европееко-средиземноморский сейсмологический центр (EMSC). Кроме этого, мониторингом землетрясений занимаются многочисленные региональные центры в разных странах.

СИСТЕМА СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ФИЦ ЕГС РАН



ше 90% имеющихся сейсмологических данных). Этот «шум» в основном вызван активностью Мирового океана. Относительно быстрые вариации давления колонки воды на океаническое дно приводят к возникновению сейсмических волн. Таким образом, возникает волновое поле, генерируемое источниками, неоднородно распределенными по поверхности Земли, и соответствующие сигналы на первый взгляд совершенно случайны. Но с использованием записей современных очень чувствительных сейсмографов и соответствующих математических методов эти сигналы удалось «расшифровать» и извлечь из них информацию, с одной стороны, об их источниках, а с другой стороны, о строении Земли на участках между этими источниками и записывающими приборами. В итоге возникли сразу два принципиально новых направления в сейсмологии: (1) использование сейсмических записей для мониторинга активности океана и атмосферы (и других поверхностных процессов) и (2) «шумовая сейсмическая томография».

Новую парадигму можно охарактеризовать как «тотальную сейсмологию». Ее основной принцип — это то, что каждый бит сейсмических записей содержит полезную информацию о внутреннем строении Земли и о динамических процессах, происходящих в ее глубине или на поверхности. Задача сейсмологов — «расшифровать» имеющиеся данные, чтобы по возможности максимально извлечь эту информацию и использовать ее для мониторинга и научных исследований. Таким образом, современная сейсмология — это высокотехнологичная и активно развивающаяся во всем мире область знаний, вовлеченная наравне со многими передовыми научными направлениями в технологическую революцию больших данных. Успешное развитие сейсмологии требует совместных усилий большого числа ученых и инженерно-технического персонала, необходимых для поддержания и развития систем сейсмологических наблюдений и сбора данных и для разработки новых методов их анализа с привлечением самых современных компьютерных технологий и ресурсов. Помимо чисто количественного развития (увеличения числа станций и объема анализируемых данных), мировое сейсмологическое сообщество находится в постоянном поиске новых технологий и концепций.

— Карта распределения крупных землетрясений (кружки) и активных вулканов (треугольники) в мире

На повестке дня стоит создание нового поколения «оптических» сейсмографов с использованием интерференции лазерных лучей в оптических волокнах. Ожидается, что применение такого подхода позволит существенно увеличить плотность покрытия сейсмическими наблюдениями. Другое важное направление — это развитие разнообразных протоколов и средств передачи больших объемов данных, чтобы связать отдельные центры данных в единую мировую информационную систему и предоставить быстрый и эффективный доступ максимальному числу пользователей — индивидуальных ученых и организаций, занимающихся мониторингом. Одну из передовых ролей в этом направлении играет центр данных IRIS, который регулярно предоставляет обновленные способы доступа к данным, адаптированные под новые методы анализа и оптимизированные в соответствии с последними компьютерными и сетевыми технологиями. В итоге у современных сейсмологов есть возможность эффективно анализировать данные, записанные тысячами сейсмографов в разных частях Земли, не выходя из своего кабинета, а у преподавателей университетов — использовать самые свежие данные в обучающих программах и лабораторных работах по геофизике.

Благодаря такому эффективному доступу к большому количеству данных в последние несколько лет у сейсмологов появилась возможность, в дополнение к «традиционным» методам анализа данных, использовать концепции машинного обучения и искусственного интеллекта. Большинство ведущих ученых ожидают, что сочетание таких подходов с описанными выше идеями «тотальной сейсмологии» приведет к новым прорывам и научным открытиям в ближайшие десятилетия.

Над развитием передовых методов и технологий в сейсмологии традиционно работают научные группы ведущих университетов и научных организаций в США, Европе и Японии. В последние годы на лидирующие позиции выходят также ученые Китая и Сингапура. В XX веке Россия тоже играла в этой области ведущую роль, однако в последние два десятилетия в силу целого ряда причин эти позиции постепенно утрачиваются.

Геофизический (в первую очередь сейсмологический) мониторинг территории России осуществляется Единой геофизической службой Российской академии наук (ЕГС РАН). 12 региональных филиалов этой организации поддерживают систему сейсмологических наблюдений, состоящую более чем из 330 современных цифровых станций и регистрирующую порядка 10 тыс. землетрясений каждый год. В ЕГС РАН были разработаны и действуют оперативные системы мониторинга активных вулканов Камчатки и Курильских островов и цунамигенных землетрясений Тихого океана. Результаты этого мониторинга передаются в системы обеспечения безопасности авиалетов и предупреждения цунами. Также собираемые ЕГС РАН данные используются для научных исследований, проводимых ее внутренними подразделениями и учеными из профильных институтов РАН и геофизических факультетов и отделений российских университетов.

К сожалению, в последние годы ЕГС РАН финансируется на уровне, едва достаточном (а часто и недостаточном) для поддержания базовых функций, и не имеет средств и возможностей для существенного развития. Эта ситуация, естественно, связана с общим недофинансированием российской

ШКАЛА ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Volcanic Explosivity Index (VEI) — количественное описание силы извержения вулкана, основанное на логарифме оцененного объема извергнутых продуктов и высоте столба пепла. Диапазон изменения: от нуля, для извержений с объемом извергнутых пород менее 10 тыс. м³, до восьми («супервулканы») — для извержений с объемом более 1000 км³. Наиболее полная база данных извержений по всей Земле собрана в Смитсоновском институте в США. Из-за сложности наблюдений в этой базе имеется относительно много пропусков и неточностей. Но при этом на ее основе можно представить общую статистику извержений, большинство из которых имеют показатель VEI 2 и меньше. Каждый год в среднем происходит четыре-пять извержений с VEI 3 или больше. По-настоящему крупные извержения с объемом, превышающим 1 км³ (VEI 5 или больше), происходят приблизительно раз в десять лет. Суперизвержения с показателем VEI 8 и более могут вызывать эффект вулканической зимы — заметного похолодания в планетарном масштабе, но, к счастью, случаются очень редко. Последнее такое событие произошло 26 тыс. лет назад в Новой Зеландии, когда вулкан Таупо выбросил около 1170 км³ пепла. Также хорошо известны суперизвержения вулкана Тоба на Суматре 74 тыс. лет назад (2800 км³) и в Йеллоустоне 640 тыс. лет назад (1000 км³).

Наиболее сильные вулканические извержения на территории России происходили на Камчатке. Так, наиболее крупное известное извержение (VEI 7; 150 км³) там произошло приблизительно 7,6 тыс. лет назад и привело к образованию Курильского озера. В историческое время произошли крупные извержения (VEI 5) вулканов Ксудач в 1907 году и Безымянный в 1956-м.

науки, но в дополнение к этому ЕГС РАН страдает от недостаточно гибкого использования наукометрических показателей для планирования финансирования. Так, бюджет ЕГС РАН определяется на основе тех же принципов, что и для «обычных» институтов РАН, и этот подход полностью игнорирует специфику геофизических наблюдений, а именно необходимость развивать и поддерживать соответствующую дорогостоящую инфраструктуру (сети станций, центры данных и т. д.) и содержать в штате большое количество инженерно-технических специалистов, занимающихся этой работой. Надо отметить, что с похожими структурными проблемами в финансировании сталкиваются многие профильные институты РАН и отделения университетов.

В итоге отставание российской системы сейсмологических наблюдений от ведущих мировых стран носит структурный и многоуровневый характер. Во-первых, общее количество постоянных станций сильно уступает сегодняшнему уровню в США, Евросоюзе, Японии и Китае — несколько сотен против нескольких тысяч (и это для страны с самой большой территорией в мире). Во-вторых, в последние годы в России проводится очень

Камчатка с ее многочисленными землетрясениями и очень активными вулканами

и с большим количеством уже собранных данных — идеальный район для отработки новых методов и концепций в сейсмологии

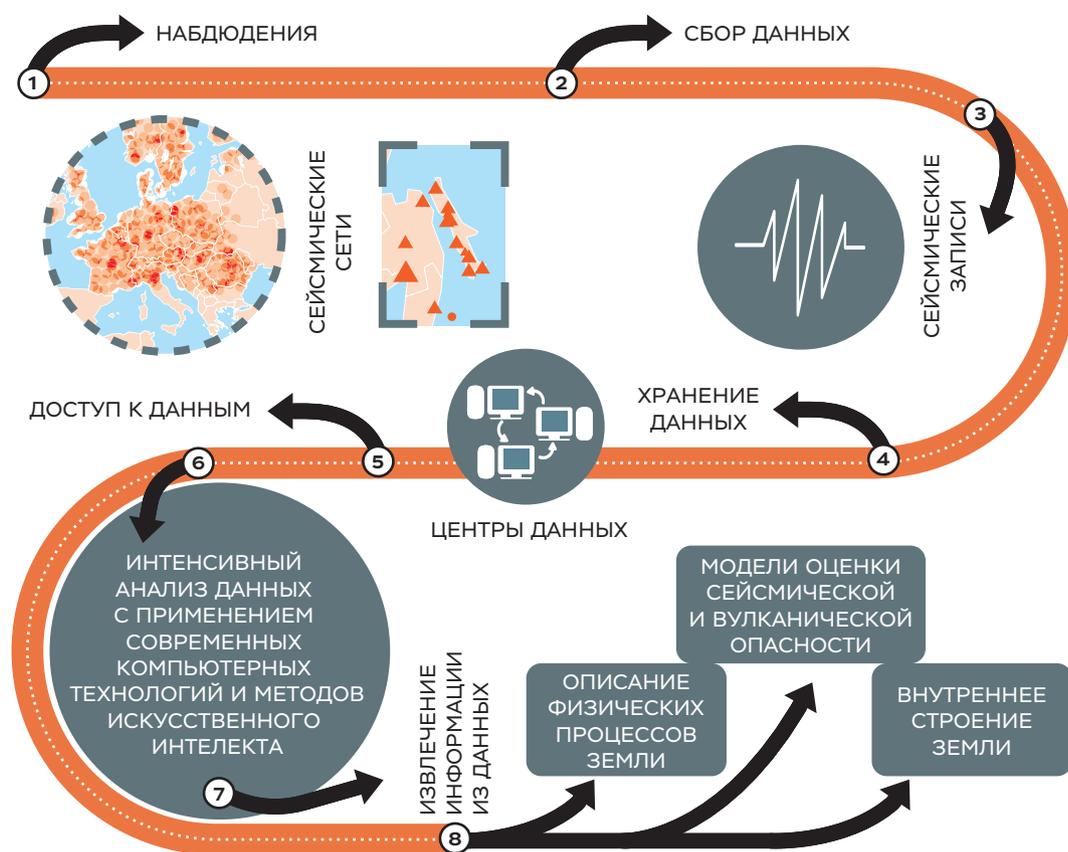
мало широкомасштабных временных сейсмологических экспериментов. В-третьих, очень сильно отстало информационно-технологическое обеспечение. Так, в России на сегодняшний день отсутствует единый центр сейсмологических данных. Большая часть собираемых наблюдений хранится в региональных филиалах и остается недоступной для потенциальных пользователей.

Структурные проблемы в системе наблюдений оказывают негативное влияние на российскую сейсмологическую науку в целом. Из-за неэффективного доступа к данным количество ученых, интересующихся сейсмологическими исследованиями на территории России, и, соответственно, количество публикаций на эту тему в ведущих международных журналах сокращается. Даже для российских сейсмологов часто оказывается проще работать с данными, (легко) получаемыми из-за рубежа, чем изучать территорию своей страны. В итоге о применении идей «тотальной сейсмологии» и современных методов анализа к российским данным почти никто не задумывается. И еще раз, все это происходит в самой большой стране в мире, на территории которой находятся многие уникальные природные и геологические объекты. Недостаточное развитие науки также приводит к слабому возобновлению кадров за счет формирования и привлечения новых поколений молодых специалистов.

Переломить негативную тенденцию в российской сейсмологии — задача не из легких. Мы рассчитываем, что наш мегагрант «Геофизические исследования, мониторинг и прогноз активных геодинамических процессов в зонах субдукции» поможет внести в нее определенный вклад. В рамках этого проекта, финансируемого Минобрнауки, на базе Института физики Земли (ИФЗ РАН, г. Москва) создана новая лаборатория, которая работает в тесном взаимодействии с камчатским филиалом ЕГС РАН и Институтом вулканологии и сейсмологии (ИВиС, г. Петропавловск-Камчатский) ДВО РАН. Также в работу вовлечены преподаватели, студенты и магистранты Московского государственного университета.

Камчатка с ее многочисленными землетрясениями и очень активными вулканами и с большим количеством уже собранных данных — идеальный район для отработки новых методов и концепций в сейсмологии, и мы надеемся, что объединение опыта и ресурсов различных академических и образовательных организаций создаст благоприятные условия для проведения научных исследований на самом высоком международном уровне и будет способствовать формированию нового поколения российских геофизиков мирового уровня.

Проект начался в 2018 году, и за два с небольшим года было проведено два полевых эксперимента на Камчатке (третий должен состояться осенью 2020 года), многочисленные семинары и школы для студентов и аспирантов. По результатам исследований участниками проекта опубликовано и подготовлено к печати более 30 статей в российских и международных рецензируемых журналах. Один из последних примеров этого — статья в престижном журнале Nature Communications, представ-



— Концептуальная схема сбора—хранения—анализа данных в современной сейсмологии

ляющая новую теорию возникновения глубоких землетрясений под вулканами. Также радует, что в работе участвуют много молодых ученых. В качестве практических приложений проводимых научных работ внедряются новые методы мониторинга вулканов в практику камчатского филиала ЕГС РАН.

В то же время один-единственный проект, даже такой крупный, как мегагрант, совершенно недостаточен, чтобы переломить отставание российской сейсмологии, накапливающееся десятилетиями. Надо понимать, что без системного усилия на самом высоком уровне для улучшения российской системы геофизического мониторинга и образования наш и другие похожие проекты не окажут существенного влияния на ситуацию, поскольку их результаты будут попросту некуда внедрять. Поэтому, проводя наши работы, мы во многом надеемся на то, что в какой-то момент руководством российской науки совместно с научным сообществом будут приняты меры, направленные на структурные изменения в финансировании геофизического мониторинга в России.

МАГНИТУДА И БАЛЛЬНАЯ ШКАЛА ИНТЕНСИВНОСТИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Основной параметр землетрясения — магнитуда, которая пропорциональна логарифму выделившейся энергии. Так, самое сильное из известных землетрясений, происшедшее в 1960 году в Чили, имело магнитуду 9,5, что эквивалентно энергии 180 млн атомных бомб, взорванных над Хиросимой. Для сравнения, энергия самого крупного ядерного взрыва, произведенного СССР на Новой Земле в 1961 году, была эквивалентна землетрясению с магнитудой 8,2. Энергия землетрясения магнитудой 1 эквивалентна взрыву 2 кг тротила.

Шкалу магнитуд часто путают со шкалой интенсивности, измеряющейся в баллах от 1 до 12 на основании внешних проявлений подземного толчка (воздействие на людей, предметы, строения, природные объекты). Например, сильное землетрясение, происшедшее вдали от мест обитания людей, не ощущается и не приводит ни к каким воздействиям на строения. Поэтому магнитуда такого землетрясения большая, а интенсивность — минимальная. И наоборот, относительно «слабое» землетрясение, происшедшее близко к земной поверхности и непосредственно под каким-нибудь населенным пунктом, может привести к умеренным повреждениям зданий. В этом случае магнитуда землетрясения будет относительно маленькой, а интенсивность в подвергшемся воздействию населенном пункте — относительно большой. Самые слабые ощущаемые землетрясения начинаются с магнитуды 2 и только на расстояниях, не превышающих нескольких километров. Приповерхностные землетрясения с магнитудой 4,5 могут приводить к незначительным разрушениям. Начиная с магнитуды 6 землетрясения могут приводить к существенным разрушениям и человеческим жертвам. Землетрясения с магнитудами близкими к 7, происходящие в непосредственной близости от больших городов, могут приводить к катастрофическим последствиям (один из самых последних примеров — землетрясение на Гаити в 2010 году). Самые крупные, или «мегаземлетрясения», с магнитудой 9 и выше могут вызывать катастрофические цунами и разрушения в обширных районах. За период инструментальных наблюдений было зарегистрировано всего пять таких событий. Одно из них произошло в Курило-Камчатской зоне субдукции в 1952 году. Наиболее недавние примеры — мегаземлетрясения на Суматре в 2004 году и в Японии в 2011-м.

Гиперзвуковая крылатая ракета и ее скачки

Мы стоим на пороге освоения нового типа полета и новых летательных аппаратов — крылатых ракет с гиперзвуковым двигателем. Но перейти к серийным образцам пока не удастся, несмотря на большие усилия.



—Американская гиперзвуковая крылатая ракета X-51A Waverider.

Гиперзвуковой полет

Позвольте представить вам гиперзвуковой полет. Движение в среде вещества со скоростью быстрее звука в ней называется сверхзвуковым. Насколько быстрее, показывает сравнение с местной скоростью звука. Это сравнение назвали числом Маха, разделив скорость движения на скорость звука и обозначив его M . В сверхзвуковом полете значение числа Маха больше единицы, например 1,7 или 3. С таким числом Маха летят сверхзвуковые самолеты. Но область скоростей с $M = 5$ и больше выделили среди сверхзвукового диапазона и назвали гиперзвуковым движением. При стандартной скорости звука у земли 340 м/с скорость $M = 5$ составит 1700 м/с.

Первым изделием человека, достигшим гиперзвуковой скорости, стала баллистическая ракета «Фау-2» Вернера фон Брауна, развивавшая в полете скорость как раз 1700 м/с. В плейстоценовом морозе нижней стратосферы скорость звука (а она зависит от температуры) составляет 295 м/с, поэтому число Маха у «Фау-2» должно было подняться до $M = 5,8$. Позже гиперзвуковых скоростей достигли разнообразные тактические ракеты с освоением дальности 400–500 км. Дальности еще больше всегда сопровождают

ся гиперзвуковым входом в атмосферу, и с ростом дальности растет число Маха. Разогнались до гиперзвука некоторые зенитные ракеты. Например, жидкостная ракета 5B28 зенитного комплекса С-200, которую поэтому использовали для экспериментов с гиперзвуковым двигателем по темам «Холод» и «Игла». Высокую гиперзвуковую скорость развивали ракеты 53Т6 советского противоракетного комплекса А-135, скорость которых в атмосфере, по разным данным, достигала $M = 13–18$.

Тактические ракеты (это дальность до 500 км) и боеголовки дальнего следования встречали гиперзвуковой поток в виде лобового сопротивления. Позже аэробаллистические ракеты вроде ракет комплекса «Искандер» стали использовать для маневрирования подъемную силу гиперзвукового обтекания, ставя гладкую морковку ракеты под углом атаки к встречному потоку. Так делает и твердотопливная ракета авиационного комплекса «Кинжал», самолетный вариант ракеты «Искандера».

Космическая техника тоже проходит гиперзвуковой участок полета. Ракеты-носители достигают его в верхних слоях атмосферы. Гиперзвуковую подъемную силу использует крылатая ракета-носитель «Пегас», выходя на гиперзвук в верхней стратосфере и успевая захватить треугольным крылом остатки быстро тающей атмосферы. С гиперзвуковой скоростью входили в атмосферу «Спейс Шаттл», «Буран», советские крылатые аппараты серии «Бор». Гиперзвуковой участок есть у всех сегодняшних возвращаемых космических аппаратов.

И лишь недавно появились летательные аппараты, конструкция которых полностью оптимизирована под создание гиперзвуковой подъемной силы, ставшей главным началом, формирующим траекторию. Именно такие аппараты называют гиперзвуковыми. Эти штуковины сделаны специально для гиперзвукового полета и максимально используют его особенности. Они группируются в два типа, оба в качестве боевых средств. Первый — аппараты без двигателя, или планирующие боевые блоки. Они могут планировать с гиперзвуковой скоростью на дальность до тысячи километров. Второй — гиперзвуковые крылатые ракеты, оснащенные гиперзвуковым воздушно-реактивным двигателем, по строению схожие с обычными крылатыми ракетами. Конструкция с гиперзвуковым двигателем самая продвинутая, и именно она называется сегодня гиперзвуковой ракетой в наиболее полном смысле этого понятия.

Отличия гиперзвукового обтекания

Но почему гиперзвуковую область разграничили со сверхзвуковой? Чем она отличается от сверхзвука и почему границу провели именно по пятикратной скорости звука, по $M = 5$? Граница эта имеет физический смысл, потому что за ней обтекание становится другим.

В сверхзвуковом полете набегающий поток частично тормозится аппаратом, сжимаясь об него и уплотняясь. Сжатие повышает температуру воздуха, и чем оно сильнее, тем горячее сжатый воздух. Сильнее всего поток тормозится на частях аппарата, встречающих воздух. Поэтому передние кромки крыльев, стабилизаторов и киля, другие выступающие в поток части нагреваются до нескольких сотен градусов, например до 330°C при $M = 3$. Сверхзвуковой удар об препятствие словно дробит большую сверхзвуковую скорость на мириады крошечных движений молекул, мелких и разнонаправленных. Столь тонкодисперсный помол движения переводит кинетическую энергию во внутреннюю, делая теплом. Прибавка движения молекул становится нагревом, повышая температуру. Но этот нагрев никак не отражается в самих молекулах воздуха, летящих простыми точками и сталкивающимися между собой с растущей силой.

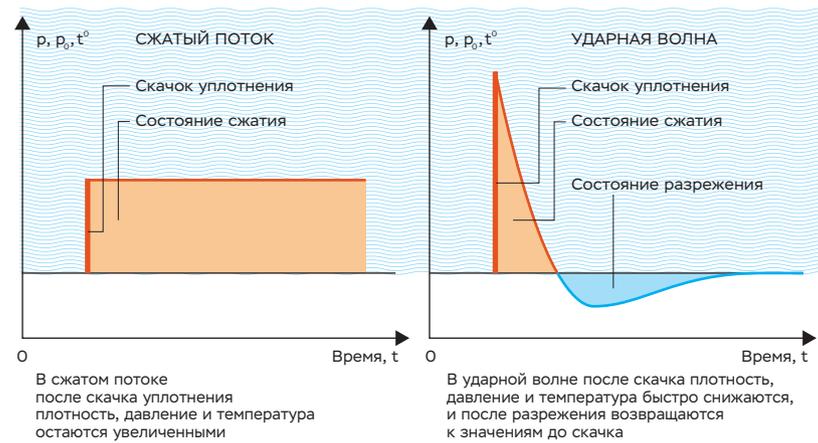
Рост скорости потока усиливает удары молекул. При $M = 5$ столкновения отзываются в самих молекулах. Два атома в молекулах основных газов воздуха, азота и кислорода, начинают резонировать ударам и колебаться, сближаясь и расходясь. Это новое, колебательное движение, забравшееся внутрь молекулы. Огромная скорость гиперзвукового потока усиливает удар о препятствие и его размол, дробя кинетическую энергию до трансформации в еще более мелкие формы движения — внутримолекулярные. Они добавляют молекуле свою энергию вместе с начинающей проявляться энергией еще одного нового движения — вращения молекул. Эти новшества идут добавками к теплоемкости газа, запасая все больше тепла и повышая энергичность процессов.

Накачка энергией ослабляет связи атомов, удаляющихся друг от друга в колебаниях все больше, и молекулы начинают распадаться. Свободные атомы вступают в новые соединения — текут химические реакции. Они множатся, подпитываясь энергией потока и каталитическими эффектами материалов аппарата. Атомы теряют электроны, возникает плазма, растет ее концентрация. Ударная волна от носовой части и передних кромок наклоняется все сильнее и ложится на корпус, обтягивая весь летательный аппарат. Волна сливается с поверхностным слоем, образуя единый вязкий ударный пограничный слой. Переставший быть идеальным газ течет каскадами неравновесных состояний, с высокочастотными волнами неустойчивости и другими осложнениями. Для адекватного описания происходящего требуются емкие математические построения и сотни специфических переменных. Их значения меняются все сразу, одновременно с температурами, давлениями и концентрациями, энергиями и балансами реакций и множеством других факторов. Все это обильно сдобрено излучением и поглощением в диапазоне от теплового до ультрафиолета и ярко светит с поверхности аппарата, разительно отличаясь от простого сверхзвукового сжатия и нагрева.

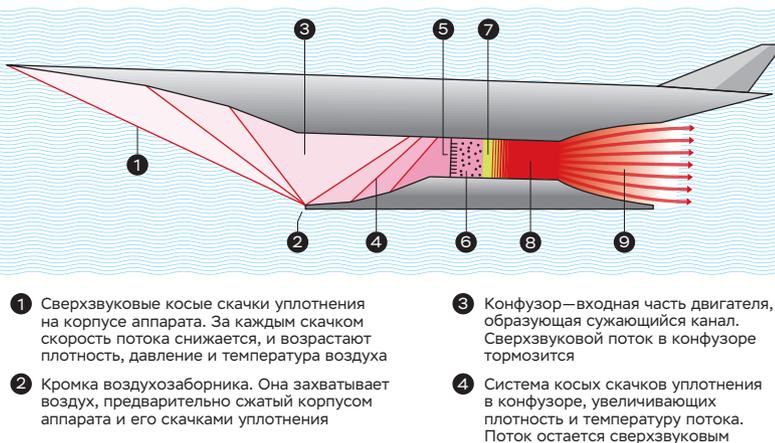


— Экспериментальный гиперзвуковой аппарат NASA X-43A, разогнавшийся собственным двигателем до $M=9,6$. Фото:

СЖАТЫЙ ПОТОК И УДАРНАЯ ВОЛНА: ДВА ВАРИАНТА ЗА СКАЧКОМ УПЛОТНЕНИЯ



УСТРОЙСТВО ГИПЕРЗВУКОВОГО ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ



- 1 Сверхзвуковые косые скачки уплотнения на корпусе аппарата. За каждым скачком скорость потока снижается, и возрастают плотность, давление и температура воздуха
- 2 Кромка воздухозаборника. Она захватывает воздух, предварительно сжатый корпусом аппарата и его скачками уплотнения
- 3 Конфузор — входная часть двигателя, образующая сужающийся канал. Сверхзвуковой поток в конфузоре тормозится
- 4 Система косых скачков уплотнения в конфузоре, увеличивающих плотность и температуру потока. Поток остается сверхзвуковым

- 5 Форсуночная или другая конструкция для создания топливо-воздушной смеси и управления ее составом
- 6 Детонационная смесь воздуха и топлива, с достаточной предварительной плотностью для детонационной волны
- 7 Сверхзвуковая волна детонации, сжимающая и нагревающая детонационную смесь до горения. Детонационное горение смеси в сверхзвуковом потоке. Зона горения неподвижна относительно корпуса, образуя камеру сгорания
- 8 Нагретый сгоранием топлива газ перед входом в сопло. Полученная теплота сгорания реализуется реактивным соплом в скорость истечения и силу тяги
- 9 Диффузор — выходная расширяющаяся часть двигателя, реактивное сопло. Разгоняет сверхзвуковой поток, создает реактивную струю и силу тяги

Скачок уплотнения

Это очень важное сверхзвуковое понятие, определяющее полет гиперзвуковой ракеты и, подобно Эль-брусу, имеющее две вершины приложения, снаружи и внутри ракеты. Часто и повсеместно его путают с ударной волной, но это не одно и то же. Скачок уплотнения возникает в сверхзвуковом потоке как невозможность возмущениям воздуха от каких-либо обтекаемых препятствий рассасываться вперед. Они движутся лишь со скоростью звука и скапливаются перед источником возмущений, не в силах убежать от него вверх по сверхзвуковому потоку. Поток напирает и трамбует это скопление возмущений, создавая здесь уплотнение воздуха. Оно происходит сильно и резко, скачкообразно, на расстоянии пары пробегов молекул за десятиллиардную долю секунды. Эта мгновенная ступенька роста плотности и есть скачок уплотнения.

И так же скачкообразно происходит торможение потока, мгновенно сбавляющего скорость и текущего за скачком медленнее. Снижение кинетической энергии потока переходит в прибавку потенциальной энергии сжатия и тепла. Со скачком плотности так же резко вырастают давление и температура. В скачке уплотнения часть энергии потока теряется, расходуется, образуя газодинамические потери. Это вызывает добавочное замедление потока. Потери энергии в скачках разные, и с этим различием можно работать.

Скачок уплотнения бывает прямым и косым. Прямой скачок стоит перпендикулярно потоку, «прямо», и тормозит поток до дозвука, завершая сверхзвуковое течение. В нем самые большие потери энергии. Косые скачки лежат под углом к потоку, оставляют его за собой сверхзвуковым и дают меньше потерь. Если нужно замедлить и уплотнить поток на заданную величину, то сжатие одним скачком даст больше потерь, чем суммарно два или три скачка послабее. Косые скачки уплотнения в двигателе сжимают воздух последовательным каскадом с меньшими потерями энергии, которые неумолимо тратятся из энергии движения ракеты, замедляя ее.

За скачком у газа могут быть две дороги. Если причина скачка рядом — любая твердая поверхность под углом атаки, клин, конус, другая форма, — то воздух течет по ней сжатым. За скачком продолжается сжатый, нагретый и подтормозившийся поток. Тогда скачок уплотнения — передняя поверхность и начало сжатого потока.

А когда за скачком нет возмущающего предмета, например в открытой атмосфере, то сжатый воздух за скачком начинает беспрепятственно расширяться. Чем больше степень сжатия, тем мощнее расширение. Его быстрота рождает инерцию, и расширяющийся воздух проскакивает параметры атмосферы без остановки на них. Возникает разрежение, кото-

рое вскоре схлопывается окружающим давлением атмосферы до выравнивания с собой.

Отклонение от равновесия с последующим свободным возвратом к нему — это волновой процесс. А вся конструкция — скачок уплотнения, область сжатого воздуха за ним и область разрежения — составляет ударную волну. В ней скачок уплотнения лишь передняя поверхность толщиной в ту самую пару пробегов молекул. Ударная волна напоминает стопку из двух блинов, сжатия и разрежения, с тонким пригаром скачка уплотнения на переднем блине сжатия.

В гиперзвуковой ракете скачок уплотнения работает и внутри, и снаружи. Можно сказать, он создает гиперзвуковую ракету, являясь ее скульптором. Главным работает первый путь — образование сжатых потоков. Они возникают под крыльями и корпусом из-за угла атаки и создают подъемную силу ракеты. Системы сверхзвуковых скачков уплотнения организованы внутри двигателя, обеспечивая его правильную работу.

Пламенный мотор

Горячее сердце ракеты — гиперзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель, или ГПВРД. Он сжимает встречный воздух, сжигает в нем топливо, накачивая энергией, и разгоняет реактивным соплом, создавая реактивную струю и тягу. Все это гиперзвуковой двигатель делает своим, особенным образом.

Для сжатия воздуха здесь не требуется компрессор. Входящий поток сжимается сам за счет своей высокой скорости, стискиваемый поверхностями сужающегося канала, или конфузора. Кромки воздухозаборника вклиниваются в воздух, загоняя его в конфузор. Любая сверхзвуковой, с $M > 1$, поток в сужающейся проточной части тормозится и уплотняется. Поэтому конфузор ГПВРД имеет вид сужающейся воронки, округлой или щелевидной с наклонными гранями. Тут и работают скачки уплотнения, возникающие на кромках воздухозаборника. Воздух за ними течет в виде сжавшегося потока. Такие скачки стоят и дальше в соответствии с геометрией канала, последовательно замедляя, уплотняя и нагревая поток.

Конфузор поставляет многократно сжатый горячий воздух для горения с заданными плотностью и расходом. Плотность нужна для устойчивого горения, расход — для уровня тяги. Сжатый поток должен оставаться сверхзвуковым, как и в любой точке ГПВРД. Это необходимо для избегания больших потерь на торможение потока до дозвукового (тогда возникнет прямой скачок с самыми большими потерями) с последующим разгоном его соплом обратно до сверхзвукового. Чтобы избежать напрасных потерь, поток во всем двигателе оставляют сверхзвуковым. Канал конфузора тщательно проектируется, как эффективная машина сверхзвукового сжатия.

В нем организуются органы управления параметрами сжатия. В уплотненный горячий сверхзвуковой поток остается лишь расплыть горючее и сжечь его. И встретить две большие проблемы ГПВРД.

Сверхзвуковое горение — чрезвычайно сложная штука. Любое обычное пламя будет сдуваться сверхзвуком, не успевая распространяться. Нужен другой, сверхзвуковой механизм горения. Такой известен — детонация. Ударная волна детонации сверхзвуковая, и она сжимает вещество до нагрева, нужного горению. Смесь водорода и кислорода называют гремучим газом, потому что он очень громко детонирует, закладывая уши до звона. Добавив в воздух водорода, можно получить гремучий газ, пусть и сильно разбавленный атмосферным азотом, но все равно способный к детонации.

Детонационная волна сгорания пойдет по этой смеси со сверхзвуковой скоростью. Здесь скачок уплотнения работает как поршень дизеля, сжимая смесь до воспламенения. Если уравнивать скорость сверхзвукового потока воздушно-водородной смеси со скоростью детонационной волны, то волна горения будет бежать, оставаясь на месте. И обживая это место проточной части в качестве камеры сгорания. При огромной сверхзвуковой скорости необходимо сверхточно регулировать скорость потока и детонации, чтобы она не ушла ни вперед, ни назад из зоны сгорания. Сверхточно и сверхбыстро, иначе волна вылетит из камеры за тысячную долю секунды. При этом важно точно выдерживать и плотность, и температуру потока, и десяток других параметров — все влияет на волну. Такое управление представляет серьезную проблему.

Топливо и расклады с ним создают вторую большую проблему. Водород проще смешивать с воздухом, но керосин или подобные плотные топлива нужно расплыть для образования детонирующей смеси. Какой именно — из паров топлива или из тонко распыленного тумана мелких жидких капелек? Детонация топливного тумана — это двухфазные детонационные системы, хорошо работающие в боеприпасах объемного взрыва. Вопросы выбора разновидностей детонации осложняются поисками топливных конструкций. Все выставленное в сверхзвуковой поток возмущает его, создавая скачки уплотнения. Как организовать форсунки или другое распыление в поток? Как приготовить качественную сверхзвуковую топливно-воздушную смесь, причем за крайне короткое время — доли миллисекунды? Как управлять ее составом с такой быстротой? Распыление топлива, как и стена сверхзвукового горения, — весьма сложные процессы и объекты управления. Здесь ищут ключевые решения эффективности ГПВРД, которые не публикуют в печати.

Наконец детонационная волна позади, газ раскален сгоревшим в ней топливом. Дальше его ждет реак-



Гиперзвуковая крылатая ракета X-51A Waverider, закрепленная на пилоне самолета-носителя B-52 перед летными испытаниями.

тивное сопло. Но это не привычное сопло Лавала. У него нет сужающейся части — она дозвуковая и здесь не нужна. Горячий сверхзвуковой поток поступает в сразу расширяющееся сверхзвуковое сопло. Это диффузор, обычная расширяющаяся часть знакомого «ракетного» сопла Лавала, разгоняющая реактивную струю и создающая тягу.

Проточная часть ГПВРД, таким образом, напоминает дудку с двух сторон — сужение конфузора, зону сгорания и расширение соплового диффузора. Поток везде сверхзвуковой, но с разной скоростью, наименьшей в центральной части. И эта дудка гремит свою песню высоко в стратосфере.

Полет шмеля, или Игра в крестики-нолики

Гиперзвуковой двигатель сразу меняет летательный аппарат, наделяя его большими возможностями и создавая из него новое боевое средство. Дальность гиперзвуковой ракеты может намного превосходить дальность планера. При более интенсивном маневрировании скорость гиперзвуковой ракеты не будет падать, поддерживаемая двигателем. А это уже прямую боевое качество — степень неуязвимости для перехвата. Гиперзвуковую крылатую ракету сложнее перехватить из-за набора ее козырей «дальность плюс маневрирование плюс скорость», превосходящие возможности гиперзвукового планера.

Маневрирование — «броня» гиперзвуковой ракеты, главный фактор неуязвимости. Маневрирование препятствует перехвату, постоянно меняя прицеливание противоракет и выводя их вблизи на критические режимы полета, чреватые прекращением погони. Противоракеты вынуждены постоянно выработать поправки своего наведения и менять полет, с приближением к цели все интенсивнее, повышая свои перегрузки до критического уровня. Организация противоракетного маневрирования может строиться на разных алгоритмах.

Представим, что система управления полетом виртуально отсекает перед собой кусок расчетной траектории длиной 10 или 15 километров. На дальнем конце этого отрезка система управления рисует перпендикулярный полету квадрат со сторонами в пару километров, пронзенный траекторией по центру. Квадрат разбивается на равные клетки, как крестики-нолики. Так пространство перед ракетой расщепляется на пучок протянувшихся вперед расходящихся пространственных сегментов, каждый из которых упирается в свою клеточку «крестиков-ноликов».

В составе системы управления полетом «защит» генератор случайных чисел. Он строго случайным образом выбрасывает свой выбор в одну из клеток «крестиков-ноликов». В выбранной клетке рисуется прицельный крестик, прочие остаются ноликами.

После чего система управления направляет ракету в этот случайно поставленный крестик.

Пролетев отрезок и оказавшись в клетке с крестиком, тем самым немного сместившись от центральной спицы — расчетной траектории, система управления отрезает от дальнейшей траектории очередной кусок, и игра повторяется. На конце отрезка снова рисуются поперек «крестики-нолики», строго случайным образом ставится прицельный крестик. Почему выбор крестиков строго случайный? Будь в этом хоть какая-то система — ее могут «раскусить» более мощные вычислительные средства и алгоритмы противника, наводящие на крылатую ракету их противоракету. Будущие движения по любой системе можно верно спрогнозировать и направить средство перехвата в верную точку встречи. Но случайный выбор спрогнозировать нельзя.

Специальные логические блоки в составе системы управления полетом не позволяют ракете выходить за пределы двухкилометрового квадрата. Иначе шаг за шагом можно улететь в глубокие отклонения от траектории, критически удалиться от нее. А потом расчетную траекторию не нагонишь. Логические блоки следят за соотношением локальных перемещений по «крестикам-ноликам» и генерального направления полета к цели. В итоге движение крылатой ракеты напоминает нечто среднее между полетом шмеля и раскачиванием кленового листа, но выполняемое в гиперзвуковом формате. Это критически затрудняет перехват ракеты, но не делает его невозможным — никогда не говори «никогда».

Полет гиперзвуковой ракеты складывается из крупных географических элементов обхода проблемных зон и противоракетных объектов и наложенного на них локального противоракетного маневрирования, которое может усиливаться при информации о запуске противоракеты. Выбор архитектуры и режимов маневрирования — дело тщательное и тоже не попадающее в широкий информационный обмен.

Конструкция крылатого гонца

Для выполнения интенсивных маневров требуется большая подъемная сила, накренив которую можно поворачивать курс ракеты в разные стороны. В отличие от дозвукового и сверхзвукового полета на гиперзвуковом режиме подъемная сила возникает только за счет ударного газодинамического сжатия потока на нижних поверхностях аппарата. Его сжимают скачки уплотнения на крыльях и корпусе, возникающие из-за угла атаки. Сжатый воздух течет снизу поверхностей и давит на них. Силы давления собираются в подъемную силу аппарата.

Правильная организация зон сжатия и их параметров определяют гиперзвуковое аэродинамическое качество ракеты, ее «летучесть». Острые передние кромки снижают лобовое сопротивление. Ракета получает специализированный газодинамический облик — гиперзвуковой. Его проектирование достаточно сложное и требует глубокого описания сложных процессов гиперзвукового обтекания. Для этого нужно глубокое понимание их. Нужны большие вычислительные мощности, математические модели с растущей адекватностью. Нужны экспериментальные измерения и данные. Поэтому выбор форм ракеты, баланс геометрии и обтекания, тоже ключевой и является большой наработкой ценностью.

Многочисленные, до десятков раз, степени сжатия воздуха создают высокие аэродинамические нагрузки на конструкцию и большое сопротивление. Для их снижения полет проходит в очень разреженных слоях стратосферы, на высотах 25–30 км. Это снижа-

ет и тепловой поток в ракету, ее нагрев при такой скорости. Нижние слои для гиперзвука всегда жарче. Поэтому стратосфера становится главной сценой гиперзвуковой ракеты. Туда ракета поднимается носителем — самолетом или ускорительной ракетной ступенью. Впрочем, ускоритель нужен и при самолетном пуске, чтобы вывести гиперзвуковой двигатель на рабочие режимы течения. Гиперзвук он должен получить в уже готовом виде, пусть даже и самого нижнего диапазона.

Для управления полетом есть навигационная система, система управления полетом и исполнительные органы. Навигационная система складывается инерционным блоком, астронавигацией и спутниковой навигацией, система управления полетом обрабатывает навигационные и бортовые данные, от управления блоком двигателя до смещения центровки ракеты из-за выработки топлива. Она рассчитывает управляющие команды. Командные линии проводят их на двигатели, на исполнительные органы ориентации, например элероны, и в другие подсистемы ракеты, включая блок управления зарядом, который переводит заряд в полете во все более высокие степени готовности к взрыву.

Термоядерная боевая часть гиперзвуковой ракеты будет компактной, размером с бутылку для кулера, и весом 200 кг. Эта компактность не помешает заряду выделить над целью все 150–300 килотонн мощности, написанной на его этикетке. Возможна и тактическая мощность заряда, вплоть до неядерной боевой части. Поэтому гиперзвуковая ракета охватит широкий круг боевых задач с высокой надежностью, рождаемой фишками ее полета.

Что на практике

Первый свободный полет с ГПВРД и разгоном в гиперзвуковом диапазоне на собственной тяге выполнил X-43A, экспериментальный аппарат NASA. Он запускался крылатой ракетой «Пегас», которая в этих запусках наиболее полно выступала гиперзвуковой крылатой ракетой. После разгона аппарата до $M = 7$ он отделялся, запускал водородный двигатель и дальше разгонялся сам. В 2004 году он достиг скорости $M = 9,6$ либо $3,2$ км/с (данные разнятся).

После него испытывалась гиперзвуковая крылатая ракета X-51A Waverider. В отличие от предыдущего аппарата она имела облик крылатой ракеты. В успешном испытании 2013 года ракета поднялась до 18 км и разогналась до $M = 5,1$, пройдя 426 км за шесть минут.

Сейчас в США возят под крылом бомбардировщика гиперзвуковую ракету с ГПВРД на углеводородном топливе. Это первый этап испытаний по программе HAWC. Летные испытания ракеты ожидаются в течение ближайшего года.

Индия в этом месяце провела запуск демонстратора крылатой ракеты HSTDV с гиперзвуковым двигателем. Твердотопливная ракета подняла его на 30 км и отвалилась, аппарат включил ГПВРД и разогнался до $M = 6$. Испытывали эффективность топливной системы и устойчивость горения топлива.

Гиперзвуковые крылатые ракеты — дело сложное, требующее мощной научной и экспериментальной базы. Но они представляют большой интерес с точки зрения как оружия, так и технологического подъема. Нет сомнений, что разработка этих ракет продолжится, и в ближайшие годы гиперзвуковые ракеты с ГПВРД выйдут из стадии испытаний на серийное производство, принятие на вооружение и начало штатной эксплуатации.

НИКОЛАЙ ЦЫГИКАЛО

Психобиом: ЧТО ЭТО ТАКОЕ И С ЧЕМ ЕГО ЕДЯТ

Поиск в фекальных массах, точнее — в населяющих их микробах, действующего начала для лекарств от целого спектра психических расстройств, в том числе аутизма, шизофрении, болезней Паркинсона и Альцгеймера, выглядит, наверное, чересчур экстравагантно, если не сказать иного. Но в последние годы для такого поиска у ученых появились очень веские основания, вполне достаточные и для того, чтобы мировые фармгиганты и венчурные фонды начали финансирование их исследований.

Пробиотики, то есть «апатогенные для человека бактерии, обладающие антагонистической активностью в отношении патогенных и условно патогенных бактерий и обеспечивающие восстановление нормальной микрофлоры в организме» (определение Всемирной организации здравоохранения), давно и широко применяются в продуктах питания, пищевых добавках и лекарственных препаратах (отметим, не всегда обоснованно).

Многие понимают, что «нормальная» микрофлора кишечника — залог не только здорового пищеварения, но и здоровья в целом. Однако слова Гиппократова, что «все болезни начинаются в кишечнике», мало кто склонен расценивать буквально, хотя для этого есть все основания даже априори. Масса всей совокупности населяющих кишечник микроорганизмов (кишечный микробиом) составляет около 2 кг, что больше веса мозга среднего человека — 1,4 кг. Тысячи видов организмов (бактерии, вирусы, грибы, археи) несут до 20 млн генов — в тысячу раз больше, чем у человека. Такая армия живых существ, находящаяся с нами в очень близких соседских отношениях, не может не оказывать влияния на наш организм. Влияние кишечного микробиома затрагивает практически все системы организма, включая нервную.

От пробиотиков к психобиотикам

О новом классе пробиотиков — психобиотиках — заговорили не так давно. Этот термин стал широко использоваться в научной литературе благодаря работам профессора психиатрии Тимоти Динана и его коллег из Университетского колледжа Корка (Ирландия). В отличие от классических пробиотиков, бактерии психобиотиков способны специфично продуцировать нейроактивные вещества, принося пользу пациентам с психическими заболеваниями.

Несколько примеров. В 2015 году в *The Journal of Clinical Psychiatry* было опубликовано большое эпидемиологическое исследование израильских ученых, которые проанализировали медицинские карты более миллиона пациентов из Великобритании в возрасте 15–65 лет за период с 1995-го по 2013-й год, принимавших антибиотики. Оказалось, что один курс антибиотиков увеличивал риск возникновения тревожно-депрессивных состояний примерно на 20%, а многократные курсы — почти на 50%. В то время, как один курс противогрибковых препаратов (в отличие от антибиотиков, они не повреждают кишечные бактерии) приводил лишь к умеренному повышению риска возникновения тревожно-депрессивных состояний, и при повторных приемах увеличения риска не наблюдалось.

В ходе других эпидемиологических исследований обнаружено, что по сравнению со здоровой контрольной группой уровень тревожно-депрессивных расстройств был статистически значимо выше у пациентов, страдающих синдромом раздраженного кишечника. В целом депрессия встречается приблизительно у каждого третьего пациента с различными функциональными желудочно-кишечными расстройствами. В апреле 2019 года в журнале *Nature Microbiology* было опубликовано голландско-бель-

гийское исследование на более чем тысяче пациентов: у людей с депрессией отмечен дефицит сходных видов кишечных бактерий.

Исследования также свидетельствовали, что частота выявления симптомов пищеварительных нарушений достигает 84% у детей с расстройствами аутистического спектра (аутизм, синдром Аспергера и др.), что статистически значимо выше, чем у детей из контрольных групп. Одним из частых симптомов болезни Паркинсона является склонность к запорам, встречающимся у 66% пациентов.

Иными словами, нет сомнений, что микробиота кишечника способна модулировать функционирование всей центральной нервной системы. Например, некоторые микроорганизмы могут секретировать сигнальные молекулы-мессенджеры, которые через кровоток поступают в мозг. Другие способны стимулировать выделение гормонов энтероэндокринными клетками самого кишечника, а также активировать иммунную систему. Наконец, микроорганизмы могут взаимодействовать с нервной системой через нейрноподные клетки — сенсорные эпителиальные клетки кишечника, связанные с блуждающим нервом.

Многие исследователи сходятся во мнении о существовании оси «кишечник—мозг» (*gut-brain axis*) или, подчеркивая вклад микроорганизмов, оси «микробиота—кишечник—мозг» (*microbiota-gut-brain axis*).

На пути коммерциализации психобиотиков

Пять лет назад появился американский стартап *Holobiome*, сейчас среди его партнеров и инвесторов — *Johnson & Johnson* и *Alexandria Venture Investments*, статьи о нем публикует престижный международный журнал *Science*. Компания планирует использовать бактерии в качестве многообещающей альтернативы при лечении таких разнообразных состояний, как болезнь Альцгеймера, аутизм, тревожность, отдавая приоритет депрессии, бессоннице, запорам и головной боли. В команде из 14 человек руководителем микробиологической части является наша соотечественница Екатерина Гавриш, защитившая в 2002 году кандидатскую диссертацию по микробиологии на базе Института биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина РАН (Пушино).

До прихода в компанию она специализировалась на выделении и описании новых видов микроорганизмов и культивировании микрофлоры почвы. Опыт пригодился и в *Holobiome*, где, по утверждению создателей стартапа, появилась возможность выделять и выращивать в лабораторных условиях с помощью «симулятора кишечника» до 70% известных кишечных микроорганизмов человека (против 25% на момент создания компании). В компании во многом связывают этот результат с направленным использованием питательных сред, специфических факторов роста и антибиотиков, позволяющих затормозить рост быстро размножающихся агрессивных видов бактерий и, напротив, ускорить размножение медленно растущих и малоизученных. Таким образом можно получить колонии трудно культивируемых, но потенциально интересных микроорганизмов.

Нет сомнений, что микробиота кишечника способна модулировать функционирование всей центральной нервной системы. Например, некоторые

микроорганизмы могут секретировать сигнальные молекулы-мессенджеры, которые через кровоток поступают в мозг. Другие способны стимулировать выделение гормонов энтероэндокринными клетками самого кишечника, а также активировать иммунную систему. Наконец, микроорганизмы могут взаимодействовать с нервной системой через клетки — сенсорные эпителиальные клетки кишечника, связанные с блуждающим нервом.

ГАМК

Среди направлений, которыми гордится Holobioime, журнал Science отмечает исследование ГАМК-продуцирующих микроорганизмов. История началась с того, что ученые обнаружили бактерию, которая не могла просто так выжить на типичных культуральных средах и для успешного существования нуждалась в гамма-аминомасляной кислоте (ГАМК). В человеческом организме ГАМК является одним из главных тормозных нейротрансмиттеров, который ингибирует нейронную активность в головном мозге, а его неправильная регуляция связана с различными проблемами психического здоровья.

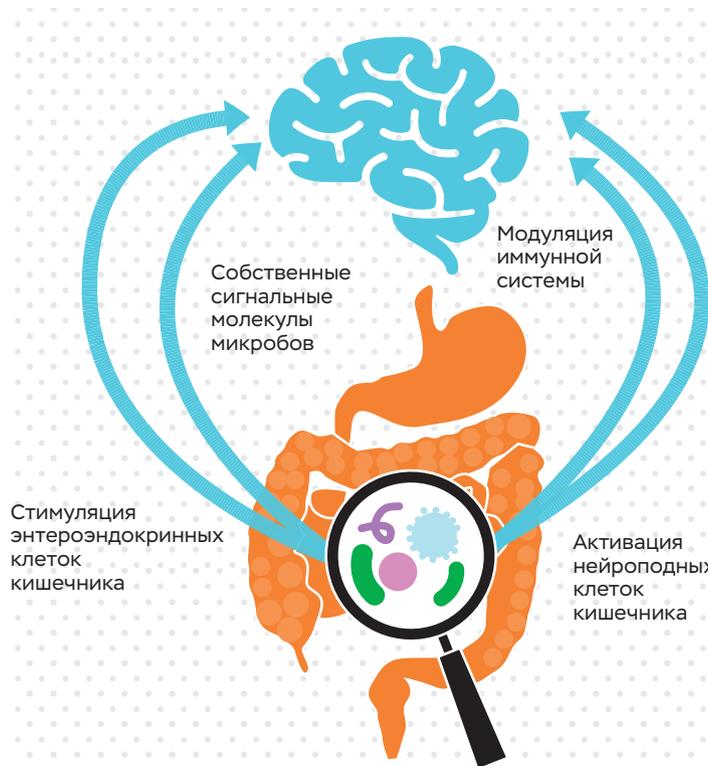
Ученые предположили, что если для выживания этой бактерии необходим ГАМК, значит, где-то по соседству в кишечнике должен существовать симбиотический микроорганизм, способный синтезировать медиатор. Авторы начали добавлять в питательные среды к бактерии-пожирателю ГАМК одну за другой различные кишечные бактерии. Идея была простой: если эта бактерия-индикатор будет успешно выживать — микроорганизм рядом с ней и является производителем ГАМК. Так было обнаружено около 30 таких продуцентов среди бактерий трех родов: *Bacteroides*, *Parabacteroides* и *Escherichia*. А Holobioime получил патент на использование этих бактерий и продуктов их жизнедеятельности для лечения пациентов с депрессией или другими психическими расстройствами.

Перед публикацией результатов группа объединилась с учеными из Корнельского университета, которые проводили исследование мозга 23 человек с диагнозом депрессия. Было обнаружено, что люди с меньшим количеством фекальных бактерий рода *Bacteroides*, которые были связаны с синтезом ГАМК, имели более выраженный уровень активности префронтальной коры, что, согласно некоторым исследованиям, является индикатором тяжелой депрессии. Статья об этом, а также об открытии ГАМК-продуцирующих бактерий была опубликована в №4 журнала Nature Microbiology в 2019 году. В Holobioime утверждают, что в доклинических исследованиях использование бактерий-продуцентов ГАМК in vivo у крыс способно снижать уровень выученной беспомощности (тест для определения уровня депрессии у животных), а также повышать величину болевого порога. Сейчас для начала клинических испытаний в компании заняты поиском наиболее эффективных и пригодных для промышленного производства ГАМК-продуцирующих бактерий. Потенциальный коммерческий продукт пока что нацелен на коррекцию бессонницы и синдрома раздраженного кишечника с запором.

Другие нейротрансмиттеры

Круг научных интересов микробиологов связан и с другими нейромедиаторами. Известно, что в основе многих депрессий лежит снижение уровня мозгового серотонина. Показано, что он увеличивается после употребления пищи, когда повышается прохождение предшественника серотонина — аминокислоты триптофана — через гематоэнцефалический барьер. (Триптофан — незаменимая аминокислота, то есть ее организм человека сам не производит.) Согласно одной из гипотез, патологическое усиление аппетита (сочетающееся с повышенным потреблением пищи и постоянными «перекусами») при депрессиях может быть объяснено стремлением «восполнить» через пищу уровень этой аминокислоты.

Однако помимо серотонинового существует и другой путь метаболизма триптофана, связанный с образованием кинуренина — молекулы-предшественницы ряда веществ с нейротоксичными свойствами. Существуют работы, показывающие, что у пациентов с депрессией этот путь является предпочтительным. Поэтому использование бактерий, способных синтезировать триптофан и модулировать его превращения, представляет большой научный и терапевтический интерес. Тем более что сам триптофан легко продуцируется некоторыми видами кишечных микроорганизмов. С синтезом серотонина и других нейротрансмиттеров (дофамина, мелатонина, адреналина и норадреналина) связано и другое вещество — кьюин, также производимый лишь некоторыми видами бактерий и не способный образовываться в человеческом организме самостоятельно.



— Механизмы влияния кишечных микроорганизмов на центральную нервную систему

Российские исследования

В биомедицинском стартапе «Кномикс» под руководством кандидата биологических наук Дмитрия Алексеева создают продукты для проведения микробиомного анализа и последующей интерпретации полученных данных, разрабатывают компьютерные модели взаимодействия различных бактерий друг с другом и с кишечной стенкой, а также выявляют ранее неизвестные связи между заболеваниями человека и составом его кишечной микрофлоры. В 2017 году, за два года до публикации статьи в Nature Microbiology исследователями из Holobioime, ученые из Института общей генетики им. Н. И. Вавилова РАН под руководством профессора Валерия Даниленко получили патент на штаммы бифидобактерий *Bifidobacterium adolescentis* 150 и *Bifidobacterium angulatum* GT 102, способные продуцировать ГАМК.

Отечественные исследователи решают и другую задачу: помимо синтеза нейромедиаторов не менее важно, чтобы они успешно достигали соответствующих мишеней на клетках. И проблемы на данном уровне также могут быть связаны с микробиотой. Например, образующаяся в кишечнике ГАМК может поглощаться другими бактериями, а наличие рецепторов к этому нейромедиатору на бактериях-продуцентах может активировать образование в организме так называемых «антирецепторных антител».

В результате собственные рецепторы человека могут быть по ошибке заблокированы иммунной системой. Эти проблемы (включая анализ бактерий, участвующих в запуске синтеза подобных антител, а также подходы для модуляции данных процессов) решаются в рамках исследовательской программы центра геномных исследований на базе Института молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта РАН.

Исследователи из Челябинска под руководством профессора Александры Бурмистровой установили корреляцию между составом и количеством микроорганизмов тонкого кишечника и степенью выраженности когнитивной дисфункции у людей пожилого возраста. Ученые из Новосибирского (Юрий Аульченко, Александр Курильщиков), Санкт-Петербургского (Алла Лапидус) и других российских университетов становятся регулярными участниками международных проектов по исследованию генома человека и его микробиоты. Это может помочь как в выявлении ранее неизвестных микроорганизмов, установлении их возможной роли в организме и ассоциированности с патологическими процессами, так и в создании новых методов диагностики и лечения различных нервно-психических расстройств. Мне тоже довелось участвовать в исследованиях (на базе Курского государственного медицинского университета) неблагоприятных воздействий с психогенным компонентом на состояние толстокишечного микробиоценоза под руководством профессоров Павла Калущкого, Ольги Медведевой и Игоря Бобынцева. При двухнедельном иммобилизационном стрессе (связанном с ограничением подвижности) у лабораторных животных обнаружилось увеличение доли условно-патогенных микроорганизмов с развитием изменений воспалительного характера в кишечнике. Но введение лекарственных препаратов на основе регуляторных пептидов оказывало корректирующее действие на стресс-индуцированные изменения кишечной микрофлоры.

В заключение замечу, что многие исследователи относятся со сдержанным оптимизмом к существующим методам коррекции состояния микробиома, а также терапевтическим возможностям использования про- и психобиотиков. Объектом критики нередко становится низкий уровень доказательности ряда исследований и значительная «маркетинговая» составляющая коммерческих продуктов, содержащих «живые бактерии». Но нет сомнений, что количество исследований в области ассоциации микробиома и нервно-психических расстройств будет неуклонно расти вместе с рынком «микробных» методов лечения. Так же, как нет сомнений, что для успешного понимания и решения многих проблем со здоровьем невозможно игнорировать значение такого могущественного соседа, как собственная микробиота». **АНДРЕЙ БЕЛЫХ**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры патофизиологии, старший научный сотрудник НИИ общей патологии Курского государственного медицинского университета

ПЕРЕСАДКА КАЛА

Методика трансплантации фекальной микробиоты (так называемая «пересадка кала»), уже официально зарегистрированная в США и Великобритании, заключается в восстановлении нормальной кишечной микрофлоры у больного человека благодаря введению фекальной бактериальной микробиоты от здоровых доноров. Препараты донорского кала могут вводиться пациентам при помощи колоноскопа, клизмы, зонда или даже перорально в форме капсул, содержащих замороженные или высушенные фекальные микроорганизмы. «Трансплантация кала» успешно применяется, например, для лечения кишечной клостридиальной инфекции, превосходя по эффективности такой антибиотик, как ванкомицин, что особенно актуально на фоне широкого распространения явления бактериальной антибиотикорезистентности.

«Бывало, кожаной монетой...»

Писатель и литературовед Алексей Биргер — о биографии поэта Николая Языкова, своей книге, недавно вышедшей в свет.



Наверно, не найти среди русских великих поэтов такого невезучего по посмертной судьбе, как Николай Михайлович Языков. На двести лет оставался он очень уважаемым, но в тени, этакой «осетриной второй свежести». В его природной гениальности никто не сомневался, но... торопливость и неряшливость в стихе, которую он так и не смог преодолеть... сосредоточенность на воспевании чувственных удовольствий, прежде всего винопития, что резко принижало его поэзию, делало ее этакой «забудыжной»... И миф за мифом, пренебрежение за пренебрежением накапливались, затеня истинный облик поэта. Не в последнюю очередь — упреки в зависти и злобном отношении к Пушкину, хотя это Пушкин писал Вяземскому, что единственный, кому он завидует — Языков, который «всех нас, стариков, за пояс заткнет».

Чем больше погружался я в работу над книгой о Языкове, тем больше мифов приходилось разоблачать и опровергать. Но возникал и другой вопрос: почему такой поэт, равный по мощи изначальной одаренности Пушкину и Лермонтову, так и не состоялся во весь Божий замысел о нем, где он споткнулся, в силу каких причин не расправил крылья во всю ширь? Ответ возникал сложный, комплексный. Прежде всего, как ни странно, стреноживал поэта его мягкий характер. Языков твердо усвоил, что поэт должен чему-то противостоять, бросать беспощадный вызов миру, вот и старался. Но то, что для Лермонтова, например, было естественным, для Языкова, с его всем очевидной добротой и желанием всех примирить, становилось натужным, неестественным, а от неестественности, от неорганичного преодоления самого себя возникал и эдакий вывих, показная злобность, которую многие принимали за истинную. Достаточно напомнить, что его «пасквиль на Чаадаева» — «Старому плешаку» — осудил даже такой ближайший к Языкову человек, как Гоголь. Гоголь, ставивший Языкова на первое место среди русских поэтов после Пушкина! «Нет в этом истинной поэзии...» — написал он.

Сказалось и то, что Языков с семнадцати лет, с первых громких успехов, был обласкан и заключен в тесные — удушающие, я бы сказал — объятия тем поэтическим кругом, который с полным основанием можно назвать антипушкинским. Его путь к дружбе с Пушкиным был долгим и трудным, сопровождался болезненным разрывом многих прежних связей. Приехав в Михайловское, Языков был поражен тем, что Пушкин совсем не такое чудовище, каким он его представлял. С тех пор Пушкин становится для него светом и опорой, он принимает участие во многих затеях и литературных мистификациях Пушкина.

Один из сюжетов я не включил в книгу, а он донельзя ярко показывает взаимоотношения Языкова с литературным окружением того времени. Касается он Кондратия Рылеева. Рылеев становится на время этаким гуру для Языкова, Языков, что называется, ему в рот глядит и ловит каждое его слово. Рылеев — ярый литературный враг Пушкина, он один из тех, кто настраивает Языкова против

Пушкина, а Пушкин резко отрицательно относится и к «Думам» Рылеева, яростно возражает против его взгляда на русскую историю, рвется завершить незаконченную между ними дуэль. История этой дуэли широко изучена, вот только упускают, что впоследствии Пушкин и Бестужеву намекает в письме, что «выстрел остался за ним», и что, начав в болдинскую осень с заметки о Рылееве (в «Опровержении на критики»), он вдруг резко переключается на написание «Повестей Белкина», где и выстрел остался за Сильвио, и появляются станционный смотритель Вырин и гусар Минский (а дуэль состоялась близ родового имения Рылеева Выра на Минском тракте) и т. д., множество других «толстых» намеков. Вполне логично предположение, что Пушкин, закипевший от последней переписки с Рылеевым и Бестужевым, поскакал в декабре 1825 года в Петербург, чтобы «вернуть выстрел» — и то-то, если бы доехал, был бы ошарашен, влетев прямо в собрание заговорщиков! И еще больше внутренне-го достоинства приобретает тогда его ответ Николаю Первому, что он «был бы среди заговорщиков» — из понятий совести и чести опустив, почему и как он там оказался бы.

Итак...

В конце 1825 года, буквально через два-три дня после известий о неудавшемся декабрьском выступлении и аресте Рылеева, Языков пишет очередное послание другу Киселеву, в котором есть такие строки:

...Бывало, кожаной монетой
Куплю таинственных отряд —
И романтически с Лилетой
Часы ночные пролетят.

Как только ни ломали голову над этими строками, пытаюсь постичь их смысл! Чаще всего подозревали какую-то непристойность... Версия выдвигалась, что имеются в виду первые, еще несовершенные, презервативы... Не говоря уж о версиях совсем похабных.

Здесь стоит заметить: Языков сразу предназначал эти стихи для печати, а потом одними из первых отметил их ко включению в свое первое собрание стихотворений — а все, что носило налет интимности, все, что могло вызвать придирки цензуры из-за излишней «эротической вольности» или хоть сколько-то непристойных намеков, Языков не нес в печать, пуская по рукам среди друзей и поклонников для личного неподцензурного пользования.

То есть сам Языков даже не подозревал, что эти строки можно толковать в хоть сколько-то похабном смысле. Более того, «не подозревала» и цензура, которая абсолютно спокойно пропустила эти строки в печать.

Так что же они могут значить?

В то время в России — были — кожаные деньги! Обнаружив в свое время, что бумажные деньги очень плохо доезжают до тогдашних американских владений России, Аляски и Калифорнии, правительство специальным указом ввело для этих территорий кожаные деньги — банкноты печатались на коже со специальным тиснением.

И хоть эти деньги предназначались исключительно для заморских территорий, но были действительно для приема по всей России, их где угодно можно было обменять на «нормальные», на медь, серебро и бумагу.

Главным («генеральным», как мы бы сказали сейчас) представителем Русско-американской торговой компании в Санкт-Петербурге был Рылеев. (Он собирался в случае успеха восстания сразу же оставить Россию, уехать в Калифорнию и встать непосредственно во главе компании.) Он был ответственным за финансирование сделок компании, за хождение русских денег среди местного населения — то есть как раз сидел на кожаных деньгах, запас которых, в силу должности, у него был непреходящим.

Отсюда естественно и логично предположить, что, например, когда возникали трудности с финансированием «Полярной звезды», либо просто других денег под рукой не оказывалось, Рылеев расплачивался за публикации в журнале с Языковым, а может, и еще с кем-то, кожаными деньгами — а Языков либо непосредственно ими платил «Лилетам», либо менял их на общеходовые.

В любом случае нельзя не увидеть в загадочных строках привет Рылееву — такой привет, к какому ни одна цензура не придерется.

Еще раз напомним, что стихи завершены 25 декабря — по старому стилю — 1825 года, буквально на следующий день (ну может, через день-другой) после того, как до Дерпта, где скучал Языков, доходят сведения о восстании и об аресте Рылеева.

Не потому ли Языков так хотел, чтобы именно эти стихи обязательно попали в печать? В надежде, что Рылеев каким-то образом их прочтет и распознает посланный привет?

В любом случае, эти строки становятся лишним доказательством того, как много Рылеев значил для Языкова, насколько сильно было его и этическое, и эстетическое влияние на поэта.

Разочаровавшись в идейных и поэтических воззрениях Рылеева, Языков бережет человеческую память о нем. В письме брату Александру 17 октября 1826 года он просит прислать ему «если можешь достать, писем казенных и в Сибирь отправленных несчастных», подчеркивая после этого, что особо бережет письмо Рылеева к жене.

И — пишет знаменитые и замечательные стихи:

Не вы ль убранство наших дней,
Свободы искры огневые, —
Рылеев умер, как злодей! —
О, вспомни о нем, Россия,
Когда очнешься от цепей
И силы двинешь громовые
На самовластие царей!

Как перестать бояться технологий и начать учить

Технологии в образовании — вещь загадочная. Внедрение в школу или университет очередной цифровой платформы вызывает разную реакцию у педагогов, студентов, родителей и политиков, но, главное, никого не оставляет равнодушным.

Одни уверены: технологии убивают живое образование. Другие возражают: только технологии способны вытащить образование из глубокого кризиса. Эти полярные взгляды объединяет одно — приписывание технологиям большей силы, чем у них есть на самом деле.

Происходит сакрализация технологий. Мы противопоставляем их обычным вещам, наделяем дополнительными смыслами и свойствами — по сути, магическими.

Мы воспринимаем технологию как магию. Хорошую, которая превратит образование из гусеницы в бабочку. Либо (чаще) плохую, которая разрушит традиции преподавания, убьет социализацию, перережет связь между учителем и учеником. Соответственно, мы либо подсознательно надеемся, что цифровой инструмент решит все наши проблемы, и искренне удивляемся, когда этого не происходит, либо активно сопротивляемся его появлению.

Однако ни одна технология не обладает сверхъестественными качествами, которыми мы так щедро наделяем ее в своем воображении. Она не спасает образование и не убивает его. Не бьется за все хорошее и не желает зла. Технология — это алгоритм решения проблем. Получить от него пользу может каждый. Если будет грамотно использовать.

Почему технологии — не магия

Любая технология строится на том, чтобы решать проблему. Это называется «продуктовый подход». Чем лучше проблема сформулирована, тем лучше технология ее решает.

Пример проблемы: нужно быстро и комфортно переехать с одного места в другое, но у меня нет своей машины. Решение проблемы: сервис такси. И это все? Не совсем. В процессе использования проблема декомпозируется — мы узнаем, что внутри нее есть много дополнительных сценариев. Нужно переехать с ребенком. Нужно вызвать такси для другого человека. Нужна машина на большую компанию. Все это составляющие одной проблемы «переехать из точки А в точку Б». Исследование запросов позволяет предусмотреть решение самых популярных из них и, соответственно, сделать технологию эффективнее. Поэтому, когда мы открываем приложение заказа такси, мы сразу видим опции: детское кресло, заказ для друга, минивэн.

В сфере образования есть множество проблем, но при попытке их решить сценарии практически не описываются. Проблема: родитель хочет знать оценку ребенка. Решение: онлайн-дневник. Но при его использовании у педагога сразу же возникают трудности. К примеру, он не может отложить выставление оценок на потом: система требует, чтобы оценки появились сразу после урока. Возникает асимметрия ситуации: родителю удобно, что оценки приходят вовремя, учителю — головная боль.

Асимметрия проблем возникает во время любого занятия. На каждого студента, которому скучно на лекции, найдется преподаватель, которому интересно полтора часа говорить по своей теме. Студент радостно согласится перенести часть занятия в приложение, а преподаватель будет категорически против. Чтобы найти компромисс, нужно подробно исследовать запрос, мотивацию и логику поведения обеих сторон.

Немагия на системном уровне

В странах с развитым рынком образовательных технологий проблемы решаются рыночными механизмами. В каждую школу может прийти разработчик и предложить свою идею на тестирование. Школа смотрит,

решает ли это ее проблему, и, если решает, становится тестовой площадкой. Разработчики проверяют, как работает технология, анализируют сценарии поведения, добавляют варианты действий. Это может занять несколько лет, но на выходе школа получит технологию, которая ей действительно удобна.

Каждая школа сама выбирает инструменты, которые ей нужны. Раньше она выбирала книги, теперь выбирает софт.

В России рынок только формируется. Поэтому решения у нас в основном приносят готовые. Особенно государственные — вместо открытого тестирования каждая технология держится в строжайшем секрете до запуска. В прошлом году Министерство просвещения запустило цифровой агрегатор образовательного контента. Но кто заказчик, какие проблемы решает сервис, кого спросили, на ком тестировали — непонятно. В итоге отзывы образовательного сообщества в основном критические.

Разработка единых государственных платформ и национальных программ основывается на общей повестке — слишком общей. Даже если проблема поставлена правильно, мелкие сценарии (для кого мы это делаем? как поведет себя этот человек? чего еще он может захотеть?) не записываются. Благие намерения превращаются в набор мероприятий.

Есть отличный кейс, с которого образование может брать пример. Все мы помним, как, чтобы оформить любые документы, мы бегали с бумажками, ждали в очередях и проклинали все на свете. Проблема ясна. Ставим задачу: люди должны приходить в одно место, ждать максимум 15 минут и желательно больше не возвращаться. Анализируем, с какими запросами они приходят чаще всего. Выясняем: штрафы водителям, загранпаспорта, пенсионные страхования и еще десяток. Создаем систему в первую очередь под эти услуги и постепенно добавляем другие, менее популярные.

Нет проблемы — нет технологии

Технология — не магия, и, чтобы получить от нее пользу, не обязательно ждать, пока кто-то тебя исследует. Логика та же: понять, какую проблему ты решаешь и какие инструменты для этого нужны.

Представим себе обычного преподавателя университета. Он живет замечательной жизнью, любит свой предмет и своих студентов, четыре раза в неделю приходит читать им лекции и проводить семинары. И внезапно ему приходится переносить все в онлайн. Естественная реакция: что происходит? Почему меня заставляют проводить лекции через видео, когда мне комфортнее вживую? Как же я передам свое обаяние?

Чтобы решить проблему, вопросы должны быть другими. Что я могу сделать, чтобы помочь моим студентам получить хорошие результаты? Какие инструменты мне понадобятся, чтобы создать лучший образовательный опыт? Как только задача формулируется таким образом, становится понятно, какие средства нужны, чтобы ее выполнить. Средств много, они все хотят найти своего пользователя — нужно лишь занять активную позицию.

Технология — лакмусовая бумажка. Если у вас нет проблемы и образовательной цели, это станет очевидно. Если цель преподавания — обнародовать свое знание и передать себя живого, свое божественное присутствие, то «цифра» получается божественной, способной все разрушить. Если же есть четкая образовательная цель, например, научить студентов определенным навыкам и измерить, насколько эффективно они их освоили, — технологии станут просто полезным инструментом.

АЛИСА БЕЗМАН, НАТАЛЬЯ ЧЕБОТАРЬ,
управляющие партнеры исследовательского бюро Edutainme

Технология — не магия, и, чтобы получить от нее пользу, не обязательно ждать, пока кто-то тебя исследует.

Логика та же: понять, какую проблему ты решаешь и какие инструменты для этого нужны

Фазовый переход школьного «вещества»

Андрей Галиев,

член Комитета гражданских инициатив



ГЕНАДИЙ ГУРНЕВ

Как общественный институт отечественная школа драматически отстает и от глобальных образовательных процессов, и от потенциала собственного развития. Возможен ли качественный рывок? За счет чего он может быть совершен? Какова в этом роль цифровых технологий?

Понятие «фазового перехода» в применении к школьной проблематике прозвучало на недавней конференции «Инициативы ФГОС 4.0». В физике, откуда и пришел этот термин, под фазовым понимается скачкообразный переход вещества из одной термодинамической фазы в другую при изменении внешних условий. Например, плавление или, напротив, кристаллизация, испарение или конденсация, переход в состояние сверхпроводимости и так далее.

Понятно, что в контексте школьного образования термин использован как метафора, символизирующая переход в новое качество. (Точнее, пока скорее потребность в этом переходе.) И все же обратим внимание на две особенности использованной аналогии.

Во-первых, фазовый переход осуществляется при изменении — или под воздействием — внешних условий. Вот только несколько примеров условий, сегодня влияющих на «вещество» школы, которое также можно назвать содержанием образования...

Стремительно и непрерывно усложняющийся мир требует от института школы подготовки человека к жизни и работе в условиях неопределенности. Мы же пока тренируем его память на ограниченном и жестко структурированном объеме учебного материала.

Готовность к изменениям определяется наличием либо отсутствием новых компетентностей — гибких навыков, «навыков XXI века» (синонимический ряд можно продолжить по желанию). Но мы пока не умеем адекватно оценивать прогресс в овладении ими, а классическая система оценивания — от 1 до 5 или 10 баллов — здесь просто не подходит.

В оценке прогресса ребенка — и даже персонализации процесса его обучения — сильно помогли бы цифровые технологии. Но опыт карантина показал, что в России 700 тыс. школьников оказались вообще вне дистанционного образования просто из-за отсутствия технических возможностей, а многие педагоги технологически неграмотны.

Наконец, очень сильно мешают мифы, искажающие реальную картину происходящего.

Например, политическое руководство страны ориентируется на ближайшее достижение уровня глобального топ-10

по качеству школьного образования. Хотя результаты PISA-2018 свидетельствуют об обратной динамике: произошло снижение показателей по отношению к результатам 2015 года; около 20% протестированных школьников не смогли пройти второй уровень теста, что позволяет говорить об их функциональной неграмотности; продвинутые 5-й и 6-й уровни не преодолел практически никто.

Другой миф — о «нативной» цифровой грамотности современных школьников — опровергается некоторыми участниками приемных комиссий вузов: не получается у многих самостоятельно конвертировать подаваемые дистанционно документы в нужный формат.

Во-вторых, несмотря на внешнюю скачкообразность фазового перехода, процессы, составляющие его суть, требуют времени, в течение которого

переход происходит в объеме вещества постепенно. Более того, во многих случаях выделяется или поглощается энергия, называемая теплотой фазового перехода. И чтобы он не остановился, требуется постоянно отводить или подводить это тепло.

Такая протяженность во времени в сочетании с необходимостью непрерывной работы над процессом делают применение термодинамической аналогии к школьной жизни абсолютно адекватным.

Нет никаких «серебряных пуль», «богов из машины», волшебных палочек и прочих простых решений, которые позволили бы одномоментно разобраться со сложнейшим клубком накопившихся школьных проблем. Даже создание идеальной цифровой образовательной платформы с самым навороченным искусственным интеллектом.

Нет, она, разумеется, сильно поможет. Более того, некоторые принципиально важные для нормального функционирования современной системы образования решения вне цифровых технологий просто невозможны. Например, уже упоминавшиеся оценка трудно оцениваемого (по «цифровому следу», портфолио и пр.) и индивидуализация образовательной программы (через гибкую модульную конструкцию). Сюда же можно смело добавить соответствующую принципам вариативности, разнообразия и свободы педагогического творчества систему финансирования образования. И подготовку новых — вместе с переподготовкой действующих — учителей, готовых работать в «расколотой», открытой внешнему миру и выполняющей для него роль хоста, школе. И многое другое.

Но любой искусственный интеллект имеет свои ограничения. Например, он не несет ответственности за предлагаемые им решения. Принятие решений с высокими ставками (а в системе образования все ставки понятным образом высоки) и ответственность за них — это человеческая функция, выполнять которую, разумеется, может и должен помогать осуществлять искусственный интеллект.

Да, школе как институту и образовательному стандарту как совокупности условий, норм и регуляторов этого института нужна серьезная датацентричность, качественно отличающаяся от существующего сбора информации: вместо расписания занятий, посещаемости и результатов

Всероссийской проверочной работы нужны данные о вовлеченности, достижении поставленных целей, эмоционально-физиологических состояниях... Создание системы сбора и анализа таких данных — отдельная непростая, но решаемая задача.

И датацентричность никак не должна противоречить «педагогике достоинства» и уж точно не сможет подменить ее. А «педагогика достоинства» нельзя включить или, не дай бог, выключить.

Ее нужно выращивать всеми действиями

ми всех стейкхолдеров образовательного процесса, прежде всего государства, раз уж система общего образования носит государственный характер. Именно эти действия определяют и еще долго будут определять эффективность отвода и подвода тепла в процессе фазового перехода нашей школы.

И с этой точки зрения государство — в ожидании новых цифровых решений и стандартов, которые скорее появятся в результате профессиональных и общественных инициатив, нежели по приказу — могло бы сделать много полезного. Как минимум — наложить мораторий на принятие любых решений, ухудшающих (усложняющих) положение школы, учеников и учителей. Включая, в частности, принятие псевдоновых стандартов, построенных на устаревших принципах.

Нет никаких «серебряных пуль», «богов из машины», волшебных палочек и прочих простых решений,

которые позволили бы одномоментно разобраться со сложнейшим клубком накопившихся школьных проблем

Правила пора менять

Елена Шмелева, кандидат филологических наук,
Алексей Шмелев, глава Орфографической комиссии РАН, доктор филологических наук



В августе 2020 года председатель правительства России Михаил Мишустин сообщил о создании правительственной комиссии по русскому языку, основной задачей которой станет «анализ действующих норм современного русского литературного языка при его использовании в качестве государственного языка Российской Федерации и правил русской орфографии и пунктуации, а также их совершенствование». Комиссии предстоит

провести «экспертизу грамматик, словарей и справочников <...>, а также правил русской орфографии и пунктуации».

Новость эта вызвала панику: журналисты назвали комиссию Мишустина «правкомиссией» — комиссией, которая правит русский язык, и начали говорить об упрощении и изменении норм и о грядущей «реформе русского языка». В МК появилась статья «Мишустин объявил реформу по русскому языку», а в «Комсомольской правде» — статья «Заец жжот: какой будет следующая реформа русского языка». Трудно сказать пока, будет от правкомиссии польза или вред, но реакция на эту новость в очередной раз показала, что люди плохо понимают, как устроены язык и орфография.

Словосочетание «реформа русского языка / реформа по русскому языку» вообще бессмысленно. Реформировать язык нельзя, как нельзя реформировать жизнь, природу или климат. Можно провести реформу графики, например, татарский язык с X века до 1927 года использовал арабское письмо, в 1927–1939 годах — латиницу, а с 1939 года — кириллицу. Эти реформы были связаны с государственной языковой политикой. В 1920-е годы во всех тюркоязычных республиках СССР советской властью была проведена латинизация, официальным основанием которой была ликвидация безграмотности, упрощение обучения чтению и письму. Но следствием этого стал разрыв с Кораном и с исламом в целом. В конце 1930-х годов, когда была забыта идея мировой революции, языки народов СССР стали переводить на кириллицу, что многими воспринималось как попытка русификации. Недаром татары Турции, Финляндии, Чехии, Польши, США и Австралии до сих пор используют татарскую латиницу.

В истории русского языка тоже были реформы графики и орфографии. В XVIII веке указ Петра I исключил из алфавита «ненужные» дубликатные буквы вроде кси или пси. Числа стали записываться не буквами, а привычными нам арабскими цифрами, было изменено начертание букв, введен гражданский шрифт, приблизивший светские русские печатные издания к западноевропейскому образцу. По словам Михаила Ломоносова, волею Петра Великого буквы, следом за боярами и боярынями, «сбросили с себя широкие шубы и нарядились в летние одежды». Реформу русской графики и орфографии и провели большевики (а «Коммерсантъ» в 1989 году вернул себе дореформенный Ъ). Обе реформы были проведены в переломные для России времена силовыми методами.

Сейчас рычагов, которые позволили бы власти навязать людям правописание, мало. Даже если новые правила будут утверждены самыми высокими инстанциями, заставить следовать им всех издателей и корректоров удастся только в том случае, если эти правила не будут противоречить представлению людей о «грамотном» написании.

Сейчас рычагов, которые позволили бы власти навязать людям правописание, мало.

Даже если новые правила будут утверждены самыми высокими инстанциями, заставить следовать им всех издателей и корректоров удастся только в том случае, если эти правила не будут противоречить представлению людей о «грамотном» написании

Все это отнюдь не значит, что проблемы русского письма уже все решены и лингвистам нечем заняться. «Правила русской орфографии и пунктуации» 1956 года, формально не будучи отмененными, давно не отражают практику. Например, «Правила» рекомендовали писать Мао Цзэ-дун и Дэн Сяо-пин, а в газетах утвердилось в качестве нормы написание без дефиса: Мао Цзэдун и Дэн Сяопин. Забавным сейчас выглядит правило, согласно которому в словосочетании «вооруженные силы» оба слова пишутся с прописной буквы, если речь о Вооруженных Силах СССР, только первое слово, если говорилось о вооруженных силах социалистических стран (Вооруженные силы ГДР) и оба слова со строчной буквы, когда имелась в виду армия капиталистических стран — вооруженные силы ФРГ. Еще более важен вопрос о полноте правил. Правила 1956 года были заведомо неполны. Так, среди случаев, когда удвоение согласной в производном слове не сохраняется в производном, не упоминались уменьшительные личные имена, образованные посредством суффикса -к. Между тем сложившиеся орфографические нормы требовали таких написаний, как Алка (а не *Алка), Инка (а не *Инка) и т. п., противоречащих «букве» правила. В числе корней с чередующимися гласными в «Правилах» не были упомянуты корни вес-вис. Тем самым оставалось непонятным, почему в предложении «Над дверью висела вывеска» в слове «вывеска» следует писать в корне букву е, а в слове «висела» — букву и. Конечно, в словах «висеть» и «вывеска» мало кто сделал бы ошибку. Но в некоторых случаях неполнота «Правил» может привести и к ошибочным написаниям. Так, в качестве слов, где после согласных в корне следует писать букву э, в них указывается только три слова: пэр, мэр, сэр (и в некоторых собственных именах, например, Мэри). Тем самым написание мэтр (мастер, учитель) не отвечает «букве» этого правила; однако очевидно, что именно такое написание соответствует орфографической норме, позволяющей отличить его от обозначения единицы измерения «метр».

Уже долгое время остро ощущается общественная потребность нового полного и непротиворечивого свода правил правописания с четкими и недвусмысленными формулировками. «Новизна» такого свода правил должна заключаться не в том, что он будет устанавливать новые орфографические нормы, а в том, что неудачные (неполные, туманные, двусмысленные) орфографические правила будут заменяться более четкими — при сохранении сложившихся орфографических норм. Лишь в случаях, когда орфографическая норма не вполне сложилась (например, колебания в написании прописных и строчных букв в названиях учреждений или в правописании новых слов, таких как риелтор/риэлтор или месседж/меседж), новый свод правил должен устанавливать ее так, чтобы она отвечала общим принципам, положенным в основу устройства русской орфографии. Но норма не должна навязываться государственными инстанциями; правила, задающие эту норму, должны носить характер рекомендаций. Впрочем, есть случаи, когда решения, касающиеся орфографии и принимаемые официальными инстанциями, даже желательны. Во-первых, необходим орфографический минимум, которым должны овладеть выпускники средних школ, — чтобы на экзаменах не могли проверять знание орфографических норм, выходящих за пределы минимума. В частности, в этот минимум не должны входить орфографические нормы, подверженные объективному колебанию — такие, как слитное или раздельное написание выражения «с ходу» или написание имен собственных географических названий. Во-вторых, полезным было бы иметь четкие разъяснения, касающиеся орфографических норм в официальных документах. Например, в русском языке сложилась норма, что использование буквы ё допустимо, но не обязательно. Но оказалось, что у многих людей, в фамилии которых есть буква ё, она в ряде случаев записана с буквой е, а в других случаях — с буквой ѐ. Время от времени в газетах пишут об издательствах, которым чиновники подвергают таких людей, отказываясь признать, что в документах речь идет об одном и том же человеке. Положение могло бы быть существенно улучшено, если бы государственные инстанции приняли постановление, что написания с буквой ѐ и е были бы официально признаны эквивалентными.

Однако возникающая в каких-то случаях желательность официального регулирования орфографии не подрывает общего принципа, согласно которому орфографические нормы не создаются государственной властью и не подчиняются ей и в этом отношении они подобны другим нормам литературного языка.

В научном управлении обществом произойдет переворот

Академик Дмитрий Ушаков, директор Института психологии РАН, о психологическом механизме передачи вирусной инфекции, о связи экономики с менталитетом и о гаджетах, которые меняют конфигурацию когнитивных способностей человека.

— Вы, можно сказать, потомственный психолог. Банальный вопрос: насколько сильно повлияла работа вашей матери на выбор специальности? Насколько психологически сложно работать в той же отрасли, где работает знаменитая мать?

— Я в детстве интересовался математикой, техникой, автомобилями. Даже был победителем олимпиады по математике. В четвертом классе придумал «вечный двигатель», в восьмом в процессе изучения физики понял, что он не будет работать. Но потом меня повело в другую сторону: под влиянием беспокойства о возможной смерти моих пожилых близких я стал думать о смысле жизни: зачем и почему мы живем, для чего есть этот мир и, вообще, почему есть «что-то», а не «ничто», и где-то с 9-го класса меня начали волновать философские вопросы. Но уходить в философию было немного страшно, поскольку было непонятно, есть ли там почва под ногами. К тому же философия в то — советское — время казалась сильно идеологизированной, хотя, как я сейчас понимаю, некоторые люди умели и тогда в философии довольно свободно работать. И тут психология оказалась той областью, где, с одной стороны, есть человек, вопросы смысла, а с другой — наука довольно точная, в ней есть предмет, который можно позитивно развивать.

Что же касается опыта совместной работы, скажу как человек, профессионально исследовавший этот вопрос. В науке огромную роль играет личностное знание. Сейчас любую информацию можно получить в статьях, книгах, интернете — поток информации колоссальный. Но гораздо важнее то, что не может быть эксплицитно сформулировано, некоторое отношение к области. Как ученый, вы имеете личностное отношение к научным понятиям, есть некая эмоциональная разметка научного пространства, одно вам кажется важным, другое — не очень, что-то кажется устаревшим, что-то рискованным и так далее. И вот это



ТАТЬЯНА МАКЕЕВА / ТАСС

личностное знание вы не можете черпать из книг, и либо вы его формируете сами, либо из личного общения с другими учеными. Возможность общения с крупным ученым в выбранной вами области поэтому большой бонус, мы с мамой всегда много общались на научные темы, и это чрезвычайно важная школа.

— И опять банальный вопрос — о коронавирусе, точнее сказать, об изоляции, вызванной эпидемией коронавируса. Что можно сказать о выборе людей: тщательно прятаться от заразы, демонстративно презирать ее, пытаться найти какую-нибудь середину? Как вообще изоляция влияет на поведение отдельного человека, а главное, на социум? А выход из изоляции?

— Чтобы управлять обществом, нужно принимать во внимание сознание и менталитет людей

— Понятно, что распространение эпидемии напрямую зависит от того, как ведут себя люди. Помню давний личный опыт, когда я летел в самолете и рядом со мной пассажир стал чихать и сморкаться. Я спросил: «Вы заболели?» На что он ответил: «Да нет, наверное, продуло...» Когда же я попросил стюардессу помочь пересесть, он начал жутко возму-

щаться. Если вдуматься, то можно понять логику его поведения, поскольку мой уход для него — это некий акт социального отвержения: ты болеешь, и поэтому с тобой не хотят контактировать, не дают руку. В этом плане многие до последнего отрицают, что они могут быть заразны, говорят: «Это меня продуло, это весеннее...» И конечно же, заражают других. Так что есть глубокий психологический механизм, из-за которого люди передают инфекцию там, где могли бы не передавать. И если мы добьемся умного сознательного поведения, то передача заражения в эпидемию существенно ослабевает. Шведская модель, например, не ограничивает людей формальными нормами, но предполагает, что все про-

Психология оказалась той областью, где, с одной стороны, есть человек, вопросы смысла,

а с другой — наука довольно точная, в ней есть предмет, который можно позитивно развивать

информированы и будут себя вести сознательно. Хорошо ли это сработало в Швеции или жители этой страны все же не оказались очень правильными — уже другой вопрос.

Теперь о влиянии изоляции на психологическое состояние людей. Влияет, конечно, сильно, но нужно различить влияние на человека и влияние на общество. Поясню примером — армия во время войны. Состояние людей в это время — страх, усталость, тоска по родным, безразличие и т. д. — может быть очень тяжелым, но вопрос в том, нарушает ли оно поведение армии, ее дисциплину например. До тех пор пока не нарушает, оно остается личной проблемой человека и сказывается после войны в виде посттравматических стрессовых расстройств, которыми много занимаются психологи. Но когда нарушает, например, когда страх переходит в панику и армия перестает слушаться командира, наступает катастрофическая потеря боеспособности.

Так же и в плане самоизоляции. В нашей стране последствия от нее есть и будут продолжаться в таких явлениях, как неврогизация отдельных людей и тому подобное, но сильного удара по общественным институтам, в том числе по институту семьи, который в таких случаях страдает быстрее других, слава богу, не произошло. А вот американские беспорядки — это как раз вариант, когда психологическое состояние повлияло на общество, на социальные институты, хотя, по всей видимости, не фатально повлияло. Крупная и интересная задача психологии — создать точные прогностические модели подобных ситуаций.

— Одна из последних ваших работ посвящена корреляции между менталитетом и социально-экономическими достижениями разных стран. Мы традиционно просим академиков во время интервью популяризировать одну из последних работ. Не откажетесь?

— В нашем сознании господствует то, что может быть названо «экономическим детерминизмом». Мы предполагаем, что, чтобы в обществе что-то изменилось, должна измениться экономика. В 1990-е годы мы считали, что, если перейдем к рыночной экономике, все у нас будет нормально, мы перегоним Европу и США. В результате не догнали, и тут огромную роль играет сознание, или менталитет, народа. Менталитет должен соответствовать устройству общества, тому, что называется социальными институтами. Приведу пример: в обществах до возникновения полицейской и судебной систем

значительную регулятивную роль может играть институт кровной мести. Люди сдерживают себя из боязни преследования родственников их жертвы. Но институты меняются, появляются полиция и суд, а менталитет «кровной мести» остается и вступает в противоречие с институтами. Здесь яркий пример — человек, который потерял близких из-за ошибки швейцарского авиадиспетчера и убил его. Этот поступок у многих вызвал восхищение, но понятно, что такого рода менталитет и действия мешают работе современных систем обеспечения безопасности и правосудия. Когда мы строим нашу экономику, важно, чтобы было соответствие между тем, какую экономику мы строим и какой менталитет у населения. Когда Россия входила в рыночную экономику, наш менталитет был для этого не приспособлен, он был настроен для другого: совместной работы, общих проектов, но не для конкуренции. Для того чтобы заработала вся система, должны измениться либо менталитет, либо социальные институты так, чтобы оказаться соответствующими менталитету. Но менталитет может быть очень упорен. Есть исследования, показывающие, что ценность свободы у современных американцев коррелирует с годом отмены крепостного права в стране их происхождения. То есть через столетия жизнь предков сказывается на менталитете современных людей. Есть исследования среди китайцев, у которых так называемое холистическое мышление, так вот они показывают, что это мышление тем сильнее, чем больше в области, откуда родом китаец, было развито рисоводство. Менталитет упорен, и мы должны понимать, что у него есть собственные закономерности и, изменив экономику, мы не можем автоматически изме-

Мы строим модели, описываем процессы взаимодействия менталитета с институтами,

и я думаю, что исследования в этой области в конце концов приведут к перевороту в сфере, которая называется «научное управление обществом»

нить менталитет. У нас есть большой грант РФФИ: мы строим модели, описываем процессы взаимодействия менталитета с институтами, и я думаю, что исследования в этой области в конце концов приведут к перевороту в сфере, которая называется «научное управление обще-

ством». Мы поймем, что для того, чтобы управлять обществом, нужно принимать во внимание сознание и менталитет людей.

— У вас весьма высокий индекс Хирша. Как вы вообще относитесь к наукометрии и насколько в психологии важен этот показатель?

— Наукометрия — хороший инструмент для исследователей, потому что с ее помощью мы можем строить статистические зависимости, получать некую грубую оценку успешности исследователя и связи этой успешности с какими-либо факторами. Но это плохой инструмент для руководителя науки, потому что как только мы кладем какой-то формальный показатель в основу оценки труда ученого, то сразу получаем искажение в показаниях этого инструмента. Люди начинают действовать так, чтобы увеличить у себя соответствующие показатели, и мы получаем уродливые явления накачивания наукометрических показателей. Не говоря уже о том, что индексы Web of Science или Scopus — это продукт коммерческих компаний, использующих его для того, чтобы нарастить популярность своих изданий и в конечном счете увеличить прибыль. И когда мы этим пользуемся, то фактически работаем в коммерческих интересах некоторых совершенно нам не нужных компаний. По всей видимости, на этот рынок в скором времени могут прийти другие, более мощные игроки типа Google, которые навяжут свои правила игры и вскоре победят в силу несоизмеримо больших финансовых возможностей.

— Реформа Академии наук прошла до того, как вы были выбраны действительным ее членом, но после того, как стали ее членом-корреспондентом. Оцените, пожалуйста, итоги реформы. Как на вашей специальности сказались академические изменения?

— Реформы обострила некоторые проблемы, и центральная из них — как и куда направлять исследования. Если ученых предоставить самим себе, они все равно будут копать, добывать новые научные знания, наука до конца не замрет. Но для того чтобы в стране была великая наука, исследования надо направлять в некие приоритетные научные и научно-технологические области, где происходят прорывы. Такими были ядерный проект, проект генома человека, нынешний проект «Мозг», есть проекты рангом поменьше.

Великая страна с великой наукой должна иметь механизмы постоянного отслеживания происходящего в науке, выделения главного, наиболее перспективного, создания усло-

вий для быстрого прорыва на этих главных направлениях. На уровне НИИ такие механизмы есть: дирекция, ученый совет, заведующие лабораториями и отделами, которые являются наиболее крупными специалистами, видящими перспективы развития науки. На более высоком уровне это делала академия, в советское время был еще Госкомитет по науке и технике, который формировал запросы государства к науке. После реформы механизмы этого управления размылись. Дмитрий Анатольевич Медведев предлагал освободить ученых от несвойственных им функций управления имуществом, которых в общем-то у них и не было, а в результате освободили от функций управления научным развитием. А эту функцию никто, кроме самих ученых, не может осуществить. Сейчас академия ведет экспертизу планов и отчетов, занимается прогнозированием научного, научно-технологического и даже социально-экономического развития. Все это важно, правильно, но нужны механизмы реализации, а здесь все очень зыбко. Например, в стране огромные деньги идут на прикладную отраслевую науку через ведомства. Чтобы эти траты сделать более осмысленными с точки зрения стратегии научно-технологического развития России, созданы советы по приоритетам для формирования КНТП — крупных программ полного цикла (от фундаментальных разработок до реального продукта), которые обоснованы с позиции фундаментальной науки и в то же время нужны с позиций ведомств. Идея замечательная, но работает плохо, потому что ведомства совершенно не заинтересованы в том, чтобы тратить ресурсы с ведома большой науки. А механизм выстроен так, что без согласия ведомства это сделать нельзя. Нынешнее руководство РАН прекрасно понимает необходимость формирования такого рода механизмов и работает над проблемой. Определенные решения по этому поводу приняты на последнем общем собрании РАН. Появилось больше оптимизма во взаимодействии с Минобрнауки при новом министре Валерии Фалькове, который прежде был успешным ректором [Тюменского] университета и хорошо понимает научное сообщество. Резюмируя, можно сказать, что, к сожалению, общая ситуация в науке не вызывает восторга, но психология не рекомендует смотреть на будущее без сдержанного оптимизма.

— Россия находится под санкциями, ее поведение не одобряется на Западе, страна держит курс на самостоятельное развитие. Как это сказывается на российской науке в целом

и психологии в частности? Нет ли такого, что из-за этого у вас, российского ученого, усложняются международные контакты?

— Я интенсивно контактирую с западными учеными с начала 1990-х годов, был на стажировке во Франции в 1991–1992 годах и могу сказать, что в то время интерес к России и нашей науке был огромный. Тогда мы для Запада были большой силой, непонятной, таинственной, которая начала поворачиваться к миру позитивной стороной. Но потом, ближе к концу века, этот интерес спал, и все стали воспринимать Россию как слабую, нуждающуюся в помощи. В начале века интерес опять стал возрастать, но одновременно росла и некоторая напряженность. При этом действует общий психологический закон межгрупповых отношений: чем меньше дистанция общения, тем меньшее значение имеет, к каким группам мы принадлежим. Допустим, вы общаетесь с немцем или французом, и если вы друг от друга далеко, то на вас смотрят как на представителя вашей страны, а если вы близки, друзья, находитесь в человеческом или профессиональном контакте, то признак национальности начинает играть второстепенную роль. Когда мы говорим о понятии «народная дипломатия» или «дипломатия ученых», это очень верно, потому что личное общение с представителями других стран сильно влияет на то, как визави воспринимают нашу страну.

— Еще об отношениях с коллегами на Западе: правда ли, что российские психологи несколько свободнее в своих исследованиях? Если да, то как российские психологи этим пользуются?

— Как ни парадоксально, но в этом есть зерно правды. На Западе сильнее цензура политкорректности. У нас при Сталине и даже после преследовалась генетика, «продажная девка империализма», поскольку ее смысл противоречит идее, что все может быть воспитано обществом. Социалистическое общество, по мнению господствовавшей тогда идеологии, воспитывает хороших людей, а американское и любое буржуазное общество воспитывает плохих, и генетика здесь ни при чем. У нас генетика все же восстановилась в правах, но идея насчет того, что все могут быть одинаково воспитаны, теперь сильна на Западе. Примечательна история первооткрывателя двойной спирали ДНК и отца проекта расшифровки генома человека Джеймса Уотсона. Известнейший ученый, нобелевский лауреат в одном из интервью



ПЕТР КОСЦОВ

сказал, что сомневается в будущем Африки из-за генетики местного населения. Поднялся огромный скандал, была отменена лекция, на которую он приехал, и в результате Уотсон даже был вынужден покинуть лабораторию, которой он, собственно, и принес славу. Оказалось, что на Западе, где доминирует тезис о свободном обществе, есть цензура и колоссальное давление на диссидентов. У нас давление политкорректности в науке меньше, а в психологии стандарты исследования, я бы сказал, мягче. Творчество — это всегда смесь порядка и хаоса, если у вас есть полный порядок, как, например, в часах, то там нет места творчеству, часы всегда должны показывать то, что в них заложено, если они покажут что-то другое, это плохие часы. Большая степень неопределенности, большая степень открытости и меньшая жесткость стандартов российской науки может быть источником творчества, с оговоркой, конечно, если этим правильно пользоваться.

— Как с психологической точки зрения можно оценить «эпидемию равноправия», начавшуюся в США из-за гибели афроамериканца и докатившуюся до Европы?

В XX веке интеллект людей существенно вырос и перераспределился, люди стали более рациональными и менее образно-эмоциональными

Такое перераспределение неизбежно происходит в результате изменения условий жизни

— Существует некий закон соответствия между тем, как люди живут, какие у них технологии, как организована жизнь, и тем, каковы в этом обществе взгляды на жизнь и мораль. Последние полстолетия были временем необычайного в истории комфорта для так называемого золотого миллиарда. По Европе, например, бродит призрак безусловного базового дохода. Предполагается, что люди, независимо ни от чего, могут получать зарплату, обеспечивающую безбедное существование, а дальше уж решают, будут ли они работать. Все это меняет мироощущение. Человек начинает ощущать, что мало что должен, он только не должен переходить границы другого. Но зато имеет права. Вот эта «эпидемия равноправия», как вы выразились, лежит именно

в этой области, хотя там есть и чисто политические вещи, связанные с тем, что много афроамериканцев-избирателей. Эта важная тенденция нашего времени всегда несет в себе и здоровые, и нездоровые черты. Конечно, свобода и равноправие прекрасны, но возникает вопрос, не теряется ли фаустовская ценность стремления вверх, роста и труда, на которой возросла великая европейская цивилизация.

— Вы также специалист по психологии творчества, по детским талантам. Скажите, пожалуйста, как сказывается повсеместное увлечение гаджетами на развитии детей и подростков, на проявлениях их таланта?

— В психологии есть исследования, которые показывают, что интеллектуальные способности людей эволюционируют. В XX веке интеллект людей существенно вырос и перераспределился, люди стали более рациональными и менее образно-эмоциональными. Такое перераспределение неизбежно происходит в результате изменения условий жизни. Одна из немногих рациональных способностей, которая снизилась в конце прошлого века, это способность к устному счету, в обиход вошли калькуляторы, ЭВМ. То же самое происходит и с гаджетами, которые заставляют людей заниматься одним и не заниматься другим.

Талант — это как бы конструктор. У нас есть набор способностей и уровень одаренности, благодаря которым мы конструируем наш талант. Мой любимый пример для этого — Сергей Дягилев. Он был довольно средним музыкантом, умел рисовать, но тоже был довольно средним художником. Но при этом он был еще и юристом, и у него был удивительный талант распознавать таланты других людей. Он сумел все эти способности объединить в некую единую конструкцию и найти область ее применения. Так появились «Русские сезоны», которые он организовывал в Париже, и многое другое. Он сумел взять все самое сильное, что ему дала природа, и найти такой вид деятельности, в котором он смог проявить свои способности. Сегодня в связи с развитием компьютерной техники, программирования оказываются востребованными новые конфигурации этого человеческого конструктора. Безусловно, эволюция очень сильная, и гаджеты — отражение этой эволюции, однако про них нельзя сказать однозначно — хорошо это или плохо. Это просто приводит к изменению конфигурации наших когнитивных способностей.

Интервью взял
ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВ,
группа «Прямая речь»

ПРИВЕТ, Я ТВОЙ НОВЫЙ ОФИС!

- НОВЫЙ БИЗНЕС-ЦЕНТР
В СОСТАВЕ МФК «YE'S ТЕХНОПАРК»
- СОБСТВЕННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА:
ТОРГОВАЯ ГАЛЕРЕЯ, РЕСТОРАНЫ И КАФЕ
- ПРЯМОЙ ДОСТУП ИЗ МЕТРО В ЗДАНИЕ
- СОВРЕМЕННЫЕ ОФИСЫ ОТ 91 КВ.М
- ВОЗМОЖНАЯ ГОДОВАЯ ДОХОДНОСТЬ ДО 17%

м. Технопарк

+7 (499) 116-50-76

www.cre.pioneer.ru/moscow/