

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

Коммерсантъ

Наука

№5 июль 2017

Вулкан Толбачик поможет
предсказывать извержения
по всему миру | 15

Ископаемая пыльца — носитель
информации о состоянии природы
миллионы лет назад | 32

Атака на митохондрию позволит
решить проблему устойчивости
к антибиотикам | 20

Как увидеть самолет-невидимку | 38

Артель бактерий-золотодобытчиц | 30

Когда на Гавайях говорили по-русски | 40

Свет, попадая в твердое тело,
может стать жидким | 34

Российский спутник полетел
на народные деньги | 10

Орнитологическая
программа
Олимпийских игр
в Сочи **6**



Министерство
образования и науки
Российской Федерации

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
АО «КОММЕРСАНТЬ»
ВЛАДИМИР ЖЕЛОНКИН
ШЕФ-РЕДАКТОР
АО «КОММЕРСАНТЬ»
СЕРГЕЙ ЯКОВЛЕВ
АРТ-ДИРЕКТОР ИД
АНАТОЛИЙ ГУСЕВ
РУКОВОДИТЕЛЬ СЛУЖБЫ
«ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СИНДИКАТ»
ВЛАДИМИР ЛАВИЦКИЙ
ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
СЕРГЕЙ ПЕТУХОВ, К.Б.Н.
ГЛАВНЫЙ ХУДОЖНИК
ГАЛИНА ДИЦМАН
ЖУРНАЛИСТЫ-ЭКСПЕРТЫ
МАРИЯ БУРАС,
ЯНИНА МИРОНЦЕВА,
АНДРЕЙ МИХЕЕНКОВ, Д.Ф.-М.Н.,
НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР
РЕДАКТОРЫ
АЛЕКСЕЙ КИСЕЛЕВ,
АЛЕКСАНДР СВИРИДОВ
ФОТОРЕДАКТОРЫ
ВИКТОР КУЛИКОВ,
НАТАЛИЯ КОНОВАЛОВА
ГРАФИКА
ВЛАДИМИР БЕЛОВ,
ВЕРА ЖЕГАЛИНА,
ЛЕОНИД ФИРСОВ
КОРРЕКТОР
НАТАЛИЯ ДЗЕРГАЧ
ВЕРСТКА
ЕЛЕНА БОГОПОЛЬСКАЯ,
ТАТЬЯНА ЕРЕМЕЕВА,
КОНСТАНТИН ШЕХОВЦЕВ,
ДМИТРИЙ ШНЫРЕВ
ФОТО НА ОБЛОЖКЕ
ПРИРОДНЫЙ
ОРНИТОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК
В ИМЕРЕТИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

ОТПЕЧАТАНО В ФИНЛЯНДИИ.
ТИПОГРАФИЯ PUNAMUSTA, KOSTI
AALTOSEN TIE 9, 80141 JOENSUU,
FINLAND. ТИРАЖ 16 000 ЭКЗ.
РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ БЕСПЛАТНО.

УЧРЕДИТЕЛЬ —
АО «КОММЕРСАНТЬ»,
с. 17-19
АДРЕС: 127055, МОСКВА,
ТИХВИНСКИЙ ПЕР., Д. 11, СТР. 2
АДРЕС РЕДАКЦИИ: 121609,
МОСКВА, РУБЛЕВСКОЕ Ш., Д. 28
ТЕЛ. (495) 926-3301

ЖУРНАЛ «КОММЕРСАНТЬ НАУКА»
ЗАРЕГИСТРИРОВАН
ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБОЙ ПО
НАДЗОРУ В СФЕРЕ СВЯЗИ,
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ
(РОСКОМНАДЗОР).
СВИДЕТЕЛЬСТВО О РЕГИСТРАЦИИ
СМИ — ПИ № ФС77-44744
ОТ 18.04.2011 Г.

16+

Учебные, научные и научно-производственные организации, упоминаемые в материалах номера

«Алмаз-инжиниринг»,
с. 30-31
АО «Полус», с. 30-31
Бурятский государственный
университет, с. 8-9
Высшая школа экономики, с. 40
«Главкосмос», с. 12-14
Дальневосточный федеральный
университет, с. 30
Европейское космическое
агентство, с. 15-16
«Единая геофизическая служба
РАН», с. 17-19
Институт археологии и этнографии
СО РАН, с. 32-33
Институт археологии РАН, с. 40
Институт биологии
гена РАН, с. 27-29
Институт биоорганической
химии РАН, с. 22
Институт биофизики
СО РАН, с. 8-9
Институт биохимической физики
им. Н.М. Эммануэля РАН, с. 36-37
Институт вулканологии и
сейсмологии ДВО РАН, с. 17-19

Институт космических исследо-
ваний и технологий Болгарской
академии наук, с. 15-16
Институт космических
исследований РАН, с. 15-16
Институт математических
проблем биологии РАН, с. 30
Институт молекулярной биологии
им. В.А. Энгельгардта, с. 10-11
Институт прикладной
физики РАН, с. 46-47
Институт проблем информатики
Федерального исследовательского
центра «Информатика
и управление» РАН, с. 45
Институт физики
металлов УрО РАН, с. 8-9
Институт физики твердого тела
РАН, с. 34-35
Казанский федеральный
университет, с. 8-9
Красноярский государственный
аграрный университет, с. 8-9
Курачтовский институт, с. 22
МГУ им. М.В. Ломоносова, с. 8-9,
с. 2-24, с. 27-29

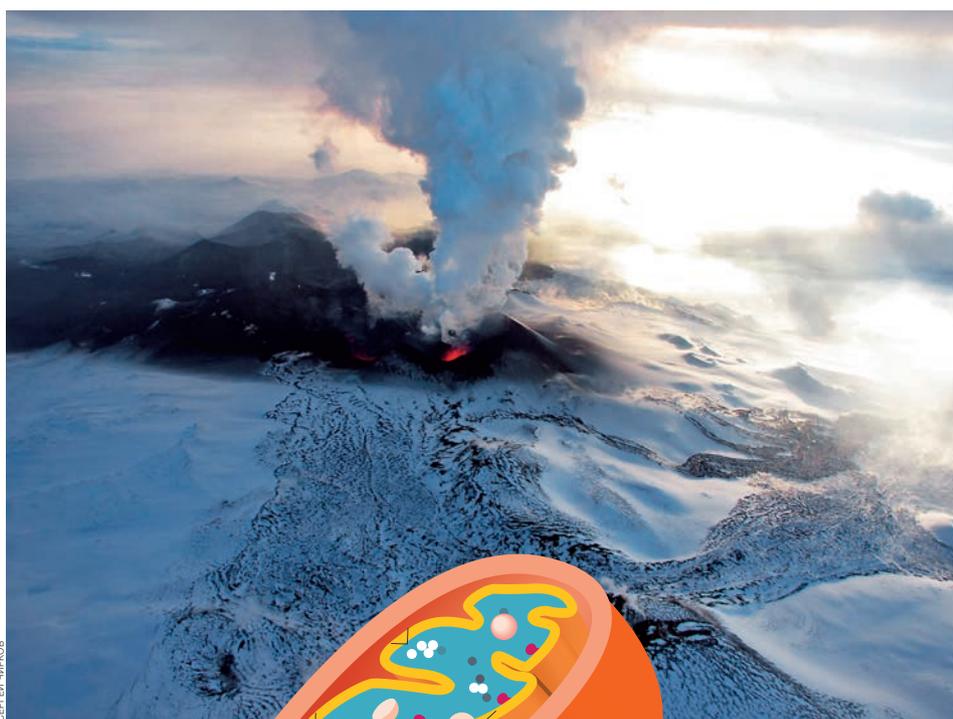
«Метафраз», с. 45
МНТК «Микрохирургия глаза»
им. академика С.Н. Федорова,
Новосибирский филиал, с. 22
Московский институт электронной
техники, с. 30
Московский научно-исследова-
тельский онкологический институт
им. П.А. Герцена, с. 10-11
Московский физико-технический
институт, с. 22
Национальный исследовательский
технологический университет
МИСиС, с. 3, с. 36-37
Национальный
научно-практический центр дет-
ской гематологии, онкологии
и иммунологии
им. Дмитрия Рогачева, с. 22
НИИ ядерной физики МГУ им.
М.В. Ломоносова, с. 30
Новосибирская медицинская
академия, с. 8-9
Новосибирский
государственный технический
университет, с. 8-9

ОАО «Раменское
приборостроительное конструктор-
ское бюро», с. 38-39
Петрозаводский
университет, с. 22
Природный орнитологический
парк в Имеретинской
низменности, с. 6-7
Росгидромет, с. 8-9
Российский квантовый
центр, с. 34-35
Русское географическое
общество, с. 8-9
Санкт-Петербургский государ-
ственный университет, с. 34-35
Северный (Арктический) феде-
ральный университет им. М.В.
Ломоносова, с. 8-9
Северо-Восточный федеральный
университет, с. 8-9, с. 40
Сколтех, с. 34-35
Технологический институт сверх-
твердых и новых углеродных
материалов, с. 36-37

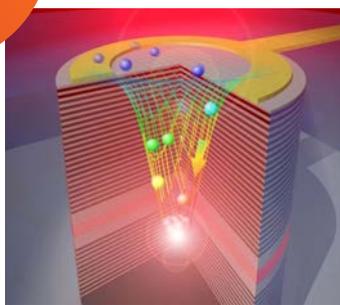
Университет машиностроения
(Московский политехнический
университет), с. 12-14
Университет Тафтса, с. 22
Уральский государственный
экономический
университет, с. 8-9
Уральский федеральный
университет, с. 8-9
Федеральный исследовательский
центр фундаментальных основ
биотехнологии РАН, с. 30-31
Центральный научно-исследо-
вательский геологоразведочный
институт цветных и благородных
металлов, с. 30-31
Центр прототипирования высокой
сложности «Кинетика», с. 3
Южный федеральный
университет, с. 8-9
Якутский научный центр
СО РАН, с. 8-9
Boomstarter, с. 12-14
International Centre for Genetic
Engineering and
Biotechnology, с. 10-11



ФОТО ПРЕДОСТАВЛЕНО ПРЕСС-СЛУЖБОЙ ПРОЕКТА «МАЯК»



СЕРГЕЙ ЧИРКОВ



ЗАИР УСАИЛОВ/ИНТЕРПРЕСС/ТАСС

- 4** **ЛЕНТА НОВОСТЕЙ**
УНИВЕРСИТЕТСКАЯ НАУКА
География университетских исследований
Новостная карта научно-технологической деятельности
высших учебных заведений России
- 6** **НАУЧНОЕ ФОТО**
Как Олимпийские игры в Сочи изменили население
птиц Имеретинской низменности
Участки рая для пернатых между устьями реки Мзымта
и Псоу
- 10** **СОБЫТИЯ В НАУКЕ**
КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
Проект «Маяк»: статья звездой
Российский спутник полетел на народные деньги
- 13** **Земля все ближе к жизни на Марсе**
Прежде чем на соседней планете появятся люди,
туда слетают роботы
- 15** **ВУЛКАНОЛОГИЯ**
Исследование глубинных процессов под Толбачиком
позволит точнее предсказывать извержения
Камчатские вулканы стали всемирной сейсмической
лабораторией
- 18** **ЭКОНОМИКА**
Альтернатива реформам — инерционное продолжение
стагнации
Рост ВВП быстрее 1,5-2% в год будет реалистичен
только после глубоких структурных преобразований
- 20** **БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА**
МИКРОБИОЛОГИЯ
Человечество может выиграть войну против микро-
организмов
Антибиотики широчайшего спектра действия будут
атаковать бактериальные митохондрии
- 23** **Митохондрии помнят, что они были бактериями**
Эти органеллы могут похвастаться почти клеточной
внутренней структурой
- 25** **МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ**
3D-геномика помогает понять, как работают наши гены
Обнаружены неожиданные причины возникновения
тяжелейших заболеваний человека
- 28** **ПСИХИАТРИЯ**
Иногда причины психических расстройств
следует искать в несчастном детстве
Как жестокое обращение с детьми ломает им жизнь
- 30** **ИССЛЕДОВАНИЯ**
БИОТЕХНОЛОГИИ
Бактерии, которые выплевывают золото
Микроорганизмам по зубам упорные и бедные руды
- 32** **ПАЛИНОЛОГИЯ**
Древние записи на пыли
Пыльца и споры травянистых растений имеют очень
прочную оболочку — они свидетели давно прошедшей
жизни
- 34** **УНИВЕРСИТЕТСКАЯ НАУКА**
ФОТОНИКА
Для электроники будущего необходим жидкий свет
Занятие поляритоникой продлевает жизнь
исследователя
- 36** **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**
Российские ученые придумали новый класс двумерных
материалов
Они направили медь по пути углерода
- 38** **ТЕХНОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ**
ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ
Пассивная радиолокация делает технологию «Стелс»
неэффективной
Любой самолет можно узнать по его радишумам
- 40** **ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ**
ИСТОРИЯ
Всемирное переселение топонимов
В Челябинской области в Париже построена Эйфелева
башня
- 43** **МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ**
Междисциплинарность открывает путь к новому состо-
янию знания
Научить нельзя, но можно показать, как работает
- 45** **КОМПЬЮТЕРНАЯ ЛИНГВИСТИКА**
Как распознать плагиат в переводе
Многоязычный словарь понятий определит
недобросовестные заимствования
- 46** **ИНТЕРВЬЮ**
ФИЗИКА
«Нужно сделать так, чтобы суммарный интеллект нации
начал снова расти»
Академик Александр Сергеев объясняет, зачем
фундаментальной науке дружить с оборонной
промышленностью

ИНЖИНИРИНГ И ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДИЗАЙН МИРОВОГО УРОВНЯ



Министр образования и науки России Ольга Васильева приняла участие в церемонии открытия Центра прототипирования высокой сложности «Кинетика» при Национальном исследовательском технологическом университете МИСиС. В открытии центра приняли участие также заместитель председателя правительства России Аркадий Дворкович и заместитель министра промышленности и торговли Василий Осьмаков, а также многочисленные представители ведущих российских компаний — партнеров университета. «Кинетика» — это универсальная высокотехнологичная цифровая лаборатория, которая занимается созданием и промышленным дизайном прототипов высокой сложности для российской и мировой промышленности, лаборатория обязана своим появлением финансовой поддержке Министерства образования и науки и Министерства промышленности и торговли России.

Производственный комплекс центра позволяет разрабатывать, рассчитывать и строить в цифровом формате сложные функциональные изделия мультиотраслевого назначения. На базе центра формируется головная инженеринговая площадка цифрового проектирования, моделирования и прототипирования сложных промышленных объектов для машиностроения, аэрокосмической индустрии, военно-промышленного комплекса и биоинженерии. Требования глобальной конкуренции сегодня таковы, что прочный сплав фундаментальной науки и передовых технологий должен стремительно внедряться в действующие производства, только так и может появиться глобально конкурентный продукт. То, что еще вчера было на бумаге или в голове изобретателя, теперь может быть воплощено, построено и в краткие сроки внедрено в производство.

Министр образования и науки Ольга Васильева подчеркнула, что на базе центра «Кинетика» откроется первая в России магистратура, которая будет готовить профильных специалистов мирового уровня в области инженеринга и промышленного дизайна. Ольга Васильева также особо подчеркнула, что при центре «Кинетика» организован детский сад для одаренных детей, а это отвечает современной концепции непрерывного образования. По словам министра образования и науки, в сфере цифровых технологий Россия пока отстает от ведущих стран, однако открытие центра «Кинетика» станет тем шагом, который поможет это отставание преодолеть.

Заместитель председателя правительства Аркадий Дворкович выразил уверенность, что центр «Кинетика» окажет влияние на общий уровень обучения и подготовки специалистов в университете МИСиС, рейтинг которого среди вузов возрастет, и что продукция центра вызовет интерес у промышленных предприятий и компаний.

Заместитель министра промышленности и торговли Василий Осьмаков считает, что создание универсальной высокотехнологичной цифровой лаборатории при МИСиС может служить иллюстрацией эффективного сотрудничества российских министерств.

Генеральный директор центра «Кинетика» — Владимир Пирожков, промышленный дизайнер, вернувшийся из-за рубежа после почти двух

— Церемония открытия Инженерингового центра прототипирования высокой сложности НИТУ МИСиС. Слева направо: руководитель Инженерингового центра прототипирования высокой сложности НИТУ МИСиС Владимир Пирожков, ректор НИТУ МИСиС Алевтина Черникова, заместитель министра промышленности и торговли Василий Осьмаков, министр образования и науки Ольга Васильева и заместитель председателя правительства России Аркадий Дворкович

десятилетий работы на ключевых должностях в компаниях Citroen и Toyota, в том числе в качестве руководителя направления Advanced Design, то есть создания промышленных объектов на перспективу 30–50 лет.

Владимир Пирожков заметил, что новая эпоха в научном развитии позволяет производить из любых материалов изделия любого характера и размера. В магистратуре центра, рассказал Владимир Пирожков, будут воспитываться креативные инженеры, способные разработать и изготовить буквально все, — и пошутил: вплоть до машины времени, антигравитационного оборудования и устройства для передачи мыслей на расстоянии, а также создания новых форм жизни.

Центр «Кинетика» уже разработал макет космического корабля «Федерация», концепт-модель возвращаемого пилотируемого корабля «Русь» (совместно с ракетно-космической корпорацией «Энергия»), прототип широкофюзеляжного самолета, военное снаряжение для операций на севере и несколько спутников Земли. Специалисты центра создали и интерьер штатного космического пилотируемого транспортного корабля, и кресло нового поколения для космонавтов, и функциональный прототип лунохода, а также визуальный стиль и окраску для самолетов Sukhoi Superjet 100.

Владимир Пирожков заверил, что центр «Кинетика» становится магнитом для ученых из университетов всего мира, ради работы в центре ученые-россияне возвращаются в Россию. Характер работы лаборатории, по его словам, открывает возможности для самого разного творческого сотрудничества — как, например, с Московской государственной художественно-промышленной академией им. С.Г. Строганова. А возможности лаборатории позволяют производить изделия любого размера — от микрона до вертолета. Владимир Пирожков не сомневается, что в заказчиках у центра недостатка не будет: «Россия идет в будущее». Гости познакомились с образцами работы центра «Кинетика», среди которых особый интерес вызвали электронный бионический протез человеческой кисти, дизельные авиационные двигатели, макет перспективной боевой экипировки и прибор для считывания электромагнитных импульсов мозга. В экспозиции представлены изделия детского конструкторского клуба — движущиеся модели транспортных средств и роботов.

Одним из основных направлений деятельности центра «Кинетика» Владимир Пирожков считает внедорожный транспорт: многие территории России никогда не будут асфальтированы, но осваивать, развивать и охранять их все равно необходимо, тут и пригодятся внедорожники «Кинетики».

Алевтина Черникова, ректор Национального исследовательского технологического университета МИСиС, указала, что на базе университета и центра «Кинетика» уже создано три десятка лабораторий, которые возглавляют ученые с мировыми именами.

Подготовил СТАНИСЛАВ ВАРЫХАНОВ

САМОЕ СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В 2009 году была принята программа развития Национального исследовательского технологического университета МИСиС на 2010–2017 годы, по которой на базе университета должно быть создано несколько инженеринговых центров и магистратура по промышленному дизайну.

Проект центра прототипирования разработан в 2012 году и получил одобрение председателя правительства России Дмитрия Медведева. По проекту, центр оснащется наиболее современным оборудованием мирового уровня — программируемыми станками, трехмерными принтерами и устройствами для работы с композитными материалами; к сотрудничеству с центром привлекались выдающиеся российские и зарубежные специалисты. Центр должен готовить инженеров, способных выполнить проект полностью — от идеи до прототипа. Строительство центра «Кинетика» началось в 2014 году.



— Гости центра «Кинетика» познакомились с образцами его работ

— При центре «Кинетика» организован детский сад для одаренных детей, что, как подчеркнула Ольга Васильева, отвечает современной концепции непрерывного образования



УТВЕРЖДЕН ПЛАН РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

Премьер-министр РФ Дмитрий Медведев утвердил план реализации Стратегии научно-технологического развития России на 2017–2019 годы, разработанный Министерством образования и науки РФ. Цель стратегии — получить технологии, которые помогут ответить на большие вызовы, увеличить долю высокотехнологичной продукции в ВВП, вывести наукоемкие отечественные технологии на новые рынки, а также повысить результативность исследований. «Ъ-Наука» собрала мнения экспертов.

Разработка плана реализации Стратегии научно-технологического развития велась в составе межведомственной рабочей группы, в которую помимо Минобрнауки России вошли и представили свои предложения 35 федеральных органов исполнительной власти, госкорпорации, включая «Росатом» и «Роскосмос», научные фонды РНФ и РФФИ, институты инновационного развития — РВК, «Сколково», АСИ. План, в частности, предусматривает разработку и утверждение государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», которая включает программу фундаментальных исследований и комплексные научно-технологические программы по приоритетным направлениям.

Также предусматривается создание возможностей для успешной реализации творческого потенциала молодежи в области науки и инноваций, в том числе в рамках международного научно-технического сотрудничества. Координатором исполнения плана является Минобрнауки России, а ответственными исполнителями — федеральные органы исполнительной власти, государственные корпорации, институты развития, фонды поддержки научной, научно-технологической и инновационной деятельности, Российская академия наук, органы исполнительной власти субъектов РФ. Стратегия научно-технологического развития России была утверждена президентом России В.В. Путиным 1 декабря 2016 года.

Валерий Черешнев,
ученый-иммунолог, председатель комитета по науке и наукоемким технологиям в Государственной думе V и VI созывов, кандидат в президенты РАН:



— Сегодня все программы реформы РАН приурочены к Стратегии научно-технологического развития России, охватывающей весь раздел развития как фундаментальной, так и прикладной науки. Это программа на пять-десять лет. Хочу обратить внимание: в документе говорится, что приоритетом государства является фундаментальная наука. С 2010 года ни в одном постановлении, стратегии или подзаконном акте таких фраз не было. Движение в этом направлении, безусловно, началось, фундаментальная наука вновь рассматривается как первостепенная сфера, как основа всего, начало всех инновационных процессов. Так, собственно, и есть: все начинается с фундаментальной науки, дальше следует прикладное — конструкторские бюро, внедрение, производство, тиражирование и реализация. Стратегия научно-технологического развития России внушает оптимизм.

Владимир Фортов,
ученый-физик, академик Российской академии наук, до марта 2017 года президент РАН:



— Важно, что одним из приоритетов Стратегии научно-технологического развития России являются фундаментальные исследования. И в целом в стратегии сформулированы правильные направления, они современные, теперь самое главное — добиться их воплощения в жизнь. С этим возможны трудности. Необходимо понимание того, что без науки двигаться никуда нельзя, нужно, чтобы наука была востребована, чтобы все ветви экономики, а также политика и общество, опирались на науку в разработке стратегий в любых областях. Сегодня дорожная карта готова, ее уже утвердило правительство, важно, чтобы она заработала, и в этом я вижу основную проблему, основной вызов. Оптимист ли я? Один нобелевский лауреат сказал: «Остались одни оптимисты, потому что все пессимисты уехали». Я из тех, кто остался.

Григорий Трубников,
заместитель министра образования и науки РФ:

— План реализации Стратегии научно-технологического развития содержит порядка 40–45 мероприятий, и базовые вещи, вокруг которых сформулирован этот план — это управление наукой и научная политика, это кадры, поскольку мы считаем, что основная борьба в мире разворачивается именно за головы, за интеллект, за талантливые научные и технологические кадры.



данскими заказами. Второй вопрос, который мне тоже кажется важным в свете воспитания и развития кадров, создания и развития интеллектуального капитала — это взаимодействие академической науки и вузовской науки. В нашей стране, на мой взгляд, есть крен то в одну, то в другую сторону. В XX веке был явный крен в академическую науку, и основное финансирование шло именно в эту область, в вузах в основном готовили кадры, и развитие исследовательской инфраструктуры при вузах не столь серьезно поддерживалось государством. В нулевые годы, наоборот, на мой взгляд, был сильный крен в другую сторону, в вузовскую науку, и финансирование науки в вузах сейчас на уровне 50%, если даже не больше. Давайте пообсуждаем, где золотая середина, где правильный баланс и каким образом нам выстраивать взаимодействие вузовской и академической науки.

И наконец, третий вопрос — это фундаментальная наука и роль Российской академии наук в реализации стратегии, в распознавании «больших вызовов». Президент страны на встрече с членами Академии наук сказал, что Российская академия наук должна превратиться в штаб, который распознает «большие вызовы», который формулирует для руководства страны приоритеты не только в фундаментальной, но и в прикладных науках, и, вообще говоря, должен быть таким интегратором между фундаментальной наукой и отраслями. Вот три темы, три вопроса, которые мне кажутся наиболее горячими, наиболее серьезными: гражданская наука и ВПК, академическая и вузовская наука и роль Российской академии наук. *Из выступления на форуме «Технопром-2017» в Новосибирске*

Евгений Кисляков,
заместитель руководителя Аналитического центра при правительстве РФ:

— Прошло три года с того момента, как в России был принят федеральный закон о стратегическом планировании. Он был специально разработан для регулирования взаимоотношений между всеми участниками этого сложного процесса. Закон также определил документы стратегического планирования, которые регламентируют деятельность на направлениях, связанных с повышением качества жизни, укреплением и развитием интеллектуального потенциала России, формированием инструментов для ответов на так называемые большие вызовы. В их числе и Стратегия научно-технологического развития России. Это документ верхнеуровневый, и роль стратегии — обеспечить фундаментальную долгосрочную взаимосвязь вопросов национальной безопасности, территориальной целостности и социально-экономического развития страны.



Распоряжением правительства был утвержден план мероприятий по реализации Стратегии научно-технологического развития на 2017–2019 годы. На этом, первом, этапе будет уделено внимание формированию современной системы управления в области науки, технологий и инноваций. Например, для ответов на т. н. большие вызовы, создающие существенные риски для общества, экономики и системы государственного управления, будут сформированы комплексные научно-технические программы и проекты, которые включают в себя все этапы жизненного цикла: получение новых фундаментальных знаний, их практическое использование, создание технологий, продуктов и услуг, их выход на рынок. Такой подход поможет структурировать существующие механизмы в области управления наукой, технологиями и инновациями и, что самое главное, вовлечь всех участников про-

цесса во все стадии реализации проекта. Касается это и бизнеса, активное участие которого предполагается как при формировании заказа на выполнение прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, так и при приемке работ. Конечно, это потребует некоторого переформатирования существующих сегодня подходов. Важно, что Стратегия научно-технологического развития России тесно связана с только что принятой программой «Цифровая экономика», которая нацелена на трансформацию инструментов, позволяющих принимать решения на основе метаданных. В связи с этим, на мой взгляд, введение в стратегию такого инструмента управления, как советы по приоритетным направлениям научно-технологического развития Российской Федерации, позволит создать скоординированный межведомственный механизм принятия решений. Сейчас каждое отраслевое министерство через механизм федеральных целевых программ самостоятельно решает, какие проекты финансировать, а какие нет. Советы же обеспечат экспертно-аналитический подход к реализации приоритетов, выявляя и отбирая для реализации наиболее перспективные проекты и программы. Что касается состава таких советов, то мы предлагаем формировать их на паритетной основе: 1/3 — чиновники, 1/3 — представители науки, 1/3 — представители высокотехнологичного бизнеса. На наш взгляд, такое соотношение обеспечит необходимый баланс не только при принятии решений, но и при реализации этих планов. В целом создание целостной и скоординированной системы принятия решений, на мой взгляд, — это та база, без которой прорыв в будущее сделать будет очень сложно.

Алексей Хохлов,

академик РАН, проректор МГУ, заведующий кафедрой физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ, кандидат в президенты РАН:

— Стратегия научно-технологического развития основана на перечне «больших вызовов», они связаны с исчерпанием природных сырьевых ресурсов и переходом на возобновляемые ресурсы, антропогенными нагрузками на окружающую среду, необходимостью наращивания объема



выработки энергии, демографическими проблемами, угрозой появления новых инфекций, проблемами хозяйственного освоения территории страны, преодоления диспропорций в развитии регионов. В рамках этих больших вызовов должны быть сформулированы приоритетные направления, развитие которых будет координироваться межведомственными советами по приоритетным направлениям. План реализации стратегии ставит довольно жесткие сроки: уже к 30 сентября нужно разработать порядок создания советов по приоритетным направлениям, к 1 октября утвердить государственную программу по научно-технологическому развитию РФ.

С моей точки зрения, в плане реализации стратегии важен пункт 11, который вводит институт квалифицированного заказчика. Идея состоит в том, что вопрос о развитии приоритетных направлений должен решаться скоординированными усилиями многих министерств. Решения будут приниматься на межведомственном уровне, советами по приоритетным направлениям, куда будут входить и представители ведомств, и ведущих организаций, и представители бизнеса. Именно советы будут судить о целесообразности финансирования той или иной программы в области прикладной науки. До сих пор каждое министерство само решало, куда выделить деньги, у многих были свои федеральные целевые программы. А пункт о «квалифицированном заказчике» означает, что, когда программа предложена, то она должна рассматриваться на межведомственном уровне, в том числе с участием РАН, Министерства образования и науки и ФАНО. Перевод всего финансирования прикладной науки, которое до сих пор было ведомственным, на надведомственный уровень важен, так как поиск ответов на «большие вызовы» требует скоординированных усилий пред-

ставителей разных отраслей. Таким образом, одна из основных идей стратегии научно-технологического развития — принятие решений на основе комплексного рассмотрения. При таком механизме даже академические институты, занимающиеся прикладными проблемами, смогут взять на

себя лидирующую роль в развитии того или иного приоритетного направления. Я также хотел бы обратить внимание на четвертый раздел плана реализации стратегии, который посвящен созданию возможностей для построения успешной карьеры ученых. Наш совет по науке при Министерстве образования и науки последовательно пытался продвинуть эту идею. Там говорится о механизмах адресной поддержки ученых на основных этапах их научной карьеры. Вообще, программа развития кадрового потенциала должна быть составной частью всей стратегии. Можно сформулировать приоритетные направления, но если в этих направлениях не будет научных лидеров, ничего не получится. Должны быть созданы предпосылки для привлечения ученых в приоритетные направления, обеспечены возможности карьерного роста, образованы дополнительные аспирантские места. Наиболее продуктивный возраст ученого от 35 до 50 лет. И важно, чтобы на этом этапе ученому — научному лидеру был дан самостоятельный участок работы, что позволит расширить его возможности развивать свое научное направление, даст свободу самостоятельному научному творчеству. В плане реализации стратегии также поставлен вопрос об обеспечении свободного доступа российских научных институтов и ВУЗов к научной информации, то есть о подписке на основные научные журналы и базы данных. Это необходимое условие, важнейший элемент инфраструктуры: ученый должен видеть, что делают его коллеги в той же области из других стран. И наконец, по моим наблюдениям, число мероприятий стратегии, в которых будет активно участвовать РАН, довольно велико. Это означает, что обновленная РАН призвана активно работать над реализацией стратегии, это станет одной из ее основных задач.

Виталий Полехин,

руководитель клуба инвесторов бизнес-школы «Сколково»:

— Самым важным для высокотехнологического бизнеса является создание системной поддержки взаимодействия крупных корпораций и органов государственной власти с малыми, средними инновационными и образовательными организациями, их вовлечение в техно-



логическое обновление отраслей экономики и создание новых рынков. Именно связка технологический стартап—инвестор—корпорация (крупная компания) является самой жизнеспособной, что подтверждено успешным опытом развитых инновационных экосистем. При этом кор-

порации должны не только сами пытаться создавать инновационные продукты с помощью внутрикорпоративных акселераторов, не только покупать успешные инновационные продукты, но и инвестировать в инновационные стартапы через свои корпоративные фонды. За счет приобретения высокотехнологических стартапов корпорации смогут наращивать необходимые компетенции, а стратегические задачи будут не просто формально выполняться, а действительно обновлять отрасли экономики и создавать новые рынки.



**ВОСТОЧНЫЙ
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
ФОРУМ**

Владивосток, Россия

6—7 сентября 2017 г.



www.forumvostok.ru | info@forumvostok.ru | Тел.: +7 (499) 7000 111

Генеральный партнер	Генеральный партнер	Генеральный партнер	Генеральный партнер	Генеральный партнер
Генеральный партнер	Официальный автомобиль Форума	Официальный авиаперевозчик Форума	Стратегический партнер	
Официальный спонсор	Официальный партнер	Официальный партнер	Официальный партнер	
Официальный партнер	Официальный партнер	Официальный партнер	Официальный партнер	

Банк ВТБ (ПАО); «Газпромбанк» (Акционерное общество); АО «Россельхозбанк»

ОПЕРАТОР ВОСТОЧНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ФОРУМА:



— Большая белая цапля *Ardea alba* — обычный пролетный и немногочисленный зимующий вид природного парка. Из-за появления искусственных водоемов численность цапель на Имеретинской низменности постепенно увеличивается, заросшие тростником берега отлично подходят для охоты и отдыха

КАК ОЛИМПИЙСКИЕ ИГРЫ В СОЧИ ИЗМЕНИЛИ НАСЕЛЕНИЕ ПТИЦ ИМЕРЕТИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

В Имеретинской низменности, протянувшейся вдоль берега Черного моря на 8 км между устьями рек Мзымта и Псоу, произошло беспрецедентное по масштабам разрушение сформировавшихся там ранее природных сообществ, но природной катастрофы в этом уникальном для нашей страны биотопе удалось избежать.



— Лебязьи озера входят в состав природного орнитологического парка в Имеретинской низменности. Плотность населения птиц здесь очень высокая, в течение года отмечается присутствие 56 видов птиц, в том числе 11 редких и исчезающих. На фото: Лебязьи озера в 2007 и в 2015 годах



Колхидские болота

Ландшафтную уникальность Имеретинской низменности еще в начале прошлого века отмечали крупные ученые того времени профессор А.Н. Краснов и академик И.П. Бородин, говоря о необходимости сохранения здесь колхидских болот. Такой реликтовый ландшафт встречался на кавказском побережье лишь еще в одном месте, гораздо южнее, в районе Поти.

В первые десятилетия советской власти освоение низменности только ускорилось. Со временем здесь исчезли гнездящиеся виды, описанные в начале века исследователями фауны Причерноморья А.А. Браунером, К.В. Лауницем, А.Е. Кудашевым, в частности скопа, орлан-белохвост и серая цапля. Активная распашка земель привела к сокращению площадей лесов и колхидских болот, на их месте появились луговые участки, поля, заросли кустарников, дренажные каналы, небольшие озера. Но все это создало благоприятные условия для останова здесь пролетных и зимующих птиц. Их численность и видовое разнообразие возрастали, особенно в холодные, многоснежные зимы или во время продолжительных циклонов. В конце прошлого и начале нынешнего веков в Имеретинской низменности не раз наблюдались массовые скопления гусей, уток, цапель, вяхирей, перепелов, различных куликов и мелких воробьиных птиц.

Стройка и птицы

В 2007 году в Имеретинской низменности началась большая олимпийская стройка, именно здесь должны были располагаться основные ледовые дворцы и стадионы XXII зимних Олимпийских игр. Под давлением общественности, выступавшей за сохранение колхидских болот, и при поддержке Русского географического общества в «Заявочную книгу города Сочи» в качестве мероприятия, компенсирующего негативное воздействие Игр на окружающую среду, было включено создание особо охраняемой природной территории регионального значения — Природного орнитологического парка.

По сути он является таким же олимпийским объектом, как стадионы, только предназначенным для сохранения экосистем Имеретинской низменности. Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности был создан в 2010 году. По понятным причинам его общая площадь 298,59 га представляет собой не единую природоохранную территорию, а состоит из 14 разрозненных участков (кластеров) площадью от 1 га до 72,41 га. Восемь из них расположены непосредственно в Имеретинской низменности (Адлерский район города Сочи), а еще шесть вверх по долине реки Псоу в Нижнешиловском сельском округе.

Управление природным парком осуществляет специально созданное государственное учреждение Краснодарского края со штатом 21 человек. Основные направления деятельности — обеспечение функционирования парка, соблюдение режима особой охраны, научно-исследовательская работа и экологическое просвещение населения. В целях создания комфортных условий для птиц сотрудниками осуществляется ряд биотехнических меро-

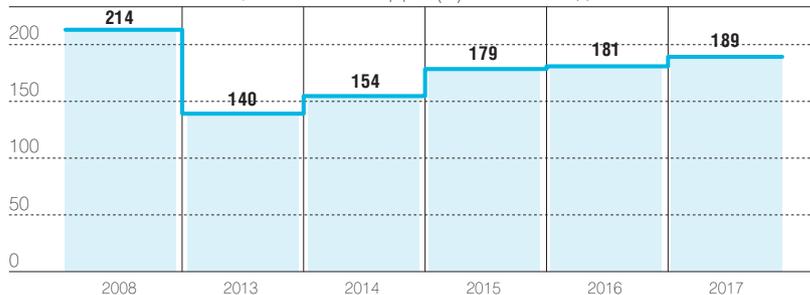


— Зарянка *Erithacus rubecula* — мелкая певчая птица из семейства мухоловковых, ее звенящая песня является одной из самых красивых птичьих песен

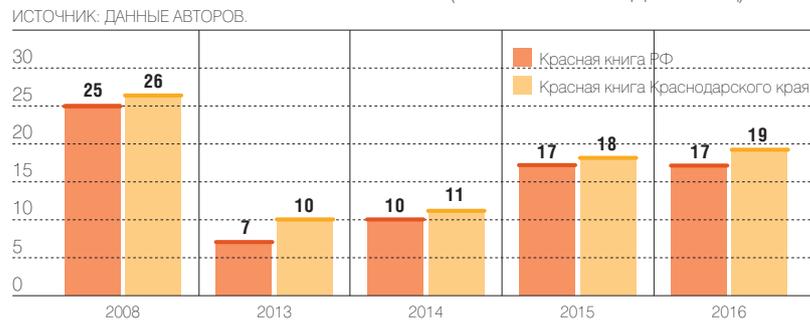


— Схема размещения кластеров особо охраняемой природной территории регионального значения — природного орнитологического парка в Имеретинской низменности

КОЛИЧЕСТВО ВИДОВ ПТИЦ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ НА ИМЕРЕТИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ В 2008, 2013–2017 ГОДАХ (%) ИСТОЧНИК: ДАННЫЕ АВТОРОВ.



РЕДКИЕ И ИСЧЕЗАЮЩИЕ ВИДЫ ПТИЦ ПРИРОДНОГО ОРНИТОЛОГИЧЕСКОГО ПАРКА В ИМЕРЕТИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (КОЛИЧЕСТВО ВИДОВ ПТИЦ) ИСТОЧНИК: ДАННЫЕ АВТОРОВ.



— Ряд участков природного орнитологического парка в Имеретинской низменности не были затронуты олимпийской стройкой и сохраняются в естественном состоянии, образуя «заповедные острова» в окружении объектов туристической инфраструктуры. Фото 2006 и 2014 годов



приятий: регулярная выкладка кормов на протяжении всего года, установка кормушек, искусственных гнездовых и убежищ. Эти мероприятия играют важнейшую роль, особенно в холодные зимние месяцы, когда концентрация птиц на территории природного парка максимальна.

Природный орнитологический парк

От бывлой обширной приморской низменности теперь остались небольшие участки природного парка с озерами, лугами и кустарниками, находящиеся в окружении автодорог, зданий, спортивных и рекреационных сооружений. Общая площадь природных и сельскохозяйственных ландшафтов в результате масштабной застройки сократилась в 15 раз. Вследствие этого абсолютная численность птиц ожидаемо сократилась. По сравнению с периодом 20-летней давности сейчас (данные на середину 2017 года) здесь перестали отмечаться 42 вида птиц. Больше не зимуют на данной территории 13 видов, достаточно широко распространенных ранее. Из состава гнездящихся исчезли 8 видов.

Но, как показали наши исследования, и в постелимпийский период низменность остается привлекательной для гнездящихся, мигрирующих и зимующих птиц. Здесь отмечено 16 видов птиц, ранее не встречавшихся в этой местности. Среди них морская чернеть, рыжепоясничная ласточка, маскированный сорокопут, желтолобая трясогузка и пустынная каменка. До Олимпиады здесь отмечали 25 видов, внесенных в Красные книги РФ и Краснодарского края. Сейчас в этой группе птиц — 17 видов. К регулярно встречающимся видам относятся малый баклан, египетская цапля, каравайка, белоглазая чернеть, савка, ходулочник, стрепет, бледная пересмешка.

Безусловно, большая часть изменений, произошедших в населении птиц, связана с беспрецедентным по масштабам антропогенным преобразованием среды их обитания. Но благодаря принятым в рамках возможного охранным мерам природной катастрофы удалось избежать. Более того, состав и структура здешних орнитокомплексов продолжает в целом демонстрировать сохранение общих черт фауны птиц причерноморских равнин. Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что Имеретинская низменность остается привлекательной для гнездящихся, мигрирующих и зимующих птиц. Их современные сообщества в составе природного орнитологического парка соответствуют статусу этой особо охраняемой природной территории.

ЛЕВ ШАГАРОВ, кандидат географических наук, заместитель директора по научной работе Природного орнитологического парка в Имеретинской низменности, доцент Сочинского государственного университета;
ПЕТР ТИЛЬБА, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Сочинского национального парка, доцент Сочинского института РУДН

Фото предоставлены Природным орнитологическим парком в Имеретинской низменности

ГЕОГРАФИЯ УНИВЕРСИТЕТСКИХ

«Ъ-Наука» продолжает пополнять новостную карту научно-технологической деятельности российских университетов. В очередном выпуске — наиболее интересные сообщения о научно-технических достижениях и разнообразных направлениях исследовательской и конструкторской работы.

ПЛАВУЧИЙ УНИВЕРСИТЕТ ВЫХОДИТ В МОРЕ

Из Архангельска к Земле Франца-Иосифа отправляется экспедиция «Арктический плавучий университет-2017». Организаторами являются **Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова**, Росгидромет и Русское географическое общество. Экспедиция включена в план мероприятий Года экологии в России. В состав экспедиции входят почти 60 человек, половина из них студенты российских и зарубежных вузов. Большинство студентов, которые пройдут практику в Арктике, — представители Швейцарии: **Лозаннского технического университета, Лозаннской федеральной политехнической школы и Женевского университета**. В планах экспедиции комплекс морских и наземных исследований, как научных, так и образовательных: содержание тяжелых металлов в воде, химический состав арктических почв, изучение популяции морских птиц, трансформация атлантических теплых водных масс, история освоения российской части Арктики.

Пресс-служба Северного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды



Архангельск

АСТРОНОМИЕЙ В БРИКС ЗАЙМЕТСЯ УРФУ

Сетевой центр материаловедения и нанотехнологий БРИКС начнет работу в **Уральском федеральном университете** в октябре 2017 года, сообщает пресс-служба УрФУ. «Зона ответственности УрФУ в этом проекте — контактная точка по астрономии, созданная на базе вуза. Главная цель — обеспечить системное взаимодействие ученых разных стран в этой сфере», — сообщил проректор по науке УрФУ Владимир Кружаев. Ежегодные научные мероприятия в формате workshop будут служить платформой для обсуждения вопросов, связанных с научными исследованиями, разработками и внедрением новых технологий, а также поиска путей для развития сотрудничества БРИКС в области астрономии. Штаб-квартира Сетевого университета БРИКС открылась в УрФУ в апреле 2016 года.



ПРИБОР ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА

Специалисты НИИ медицинской инженерии **Новосибирского государственного технического университета** разработали и подготовили к клиническим исследованиям прибор, ускоряющий восстановление человека после инсульта. Суть технологии — в наведении сигнала в мозг: система подает свет и звук через глаза и уши, а также воздействует магнитными полями на различные доли мозга. Все это и стимулирует реабилитацию после инсульта. Сейчас разработчики готовятся к клиническим исследованиям с привлечением специалистов **Новосибирской медицинской академии**.

Пресс-центр V Международного форума технологического развития «Технопром-2017»

Новосибирск

ГИБРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ОНКОЛОГИИ

Группа молодых ученых **Казанского федерального университета (КФУ)** выиграла грант Российского научного фонда «Проведение исследований научными группами под руководством молодых ученых». В течение трех лет финансирование составит 4 млн руб. ежегодно. Молодые ученые КФУ займутся созданием ДНК-сенсоров на основе новых гибридных материалов, которые регистрируют взаимодействия ДНК и цитостатиков — противораковых лекарств. Сенсоры позволят отслеживать эффективность воздействия противораковых препаратов на больных.

Пресс-служба КФУ



Екатеринбург

ТРАКТОР-БЕСПИЛОТНИК

Беспилотный трактор создан командой ученых **Уральского государственного аграрного университета (УрГАУ)** и **Уральского федерального университета**. «Это технологии будущего. С помощью трактора-беспилотника можно контролировать содержание питательных веществ в почве, ресурсосбережение удобрения, прямолинейный ход позволяет точно сеять и обрабатывать почву, без просеивов и пустот. Это позволит повысить урожай и рентабельность сельскохозяйственного производства», — сообщил декан факультета агротехнологий и землеустройства УрГАУ Михаил Карлуксин. Пока машина управляется при помощи пульта, но в перспективе это будет делать программа. Для успешного применения беспилотного трактора в хозяйствах Свердловской области еще необходимо провести полное картографирование полей. Это позволит наиболее точно обрабатывать заданную территорию и отслеживать качество выполняемой трактором работы. Наладить производство беспилотника разработчики планируют в течение трех лет.

Пресс-служба УрГАУ



ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Международная лаборатория новых образовательных технологий и проекта развития инновационных технологий «Лаборатория виртуальной реальности» открылась в **Южном федеральном университете (ЮФУ)**. Лаборатория будет создавать виртуальные тренажеры для образования, переподготовки кадров для работы с новым высокотехнологичным оборудованием и прохождения курса техники безопасности, а также для архитектурной и интерактивной визуализации. Проект создан на базе Международного исследовательского центра «Интеллектуальные материалы» ЮФУ по инициативе аспирантов и молодых ученых. Научным руководителем центра является профессор Карло Ламберти — специалист в области нанодиагностики новых материалов (**Университет Турина**).

Пресс-центр ЮФУ

Ростов-на-Дону



ИССЛЕДОВАНИЙ



СТУДЕНТЫ И ШКОЛЬНИКИ ПРОШЛИ ПО СЛЕДАМ УЧЕНОГО

Институт естественных наук Северо-Восточного федерального университета (СВФУ) организовал экспедицию, посвященную 140-летию фундаментального труда Ричарда Маака «Виллюйский округ Якутской области» — по маршруту известного натуралиста, исследователя Сибири и Дальнего Востока. Научное руководство проектом осуществляли сотрудники СВФУ и Якутского научного центра СО РАН. «В экспедиции велись метеорологические наблюдения, прошел опрос местного населения о климатических особенностях и влиянии изменений климата на жизнь района, — сообщила заведующая лабораторией гидрометеорологии, климатологи и экологии атмосферы СВФУ Александра Петрова. — Мы провели комплексное исследование нескольких озер, а также ландшафтные исследования». *Пресс-служба СВФУ*



Якутск



БЕЛКИ МОРСКОГО ПОЛИПА СИГНАЛИЗИРУЮТ О РАДИАЦИИ

Группа исследователей из Института биофизики СО РАН, Красноярского государственного аграрного университета, Сибирского федерального университета, а также МГУ им. М.В. Ломоносова разработала чувствительный к радиации белковый комплекс. Работа ученых опубликована в журнал Analytical & Bioanalytical Chemistry. Белковый комплекс, на котором работает биосенсор, называется обелином: его выделяют из светящегося морского полипа *Obelia longissima*. При облучении внешним светом обелин люминесцирует, то есть сам излучает свет в широком диапазоне частот — от фиолетового до сине-зеленого. Характер люминесценции — спектр излучаемого света — сильно меняется в зависимости от окружения белковых молекул. Поэтому ученые предлагают использовать обелин для биотестирования различных токсических эффектов, в частности, радиационного воздействия. Помимо возможной практической пользы ученые подчеркивают, что их работа поможет понять пока неясные физико-химические механизмы токсичности слабого радиационного излучения.

Красноярск

ПОНЯТИЕ ЧЕСТИ В РОССИИ И В КИТАЕ

Сотрудники Бурятского государственного университета (Улан-Удэ), используя методику ассоциативного эксперимента, провели опрос студентов вузов Сианя (КНР). Результаты уточняют специфику когнитивных признаков понятия «честь» в российской и китайской культурах. К этим признакам относятся: самоуважение, незапятнанная репутация, соблюдение морально-этических принципов, почитание воина-защитника. Однако содержательное их наполнение отличается: в сознании носителей русского языка представление о чести связывается с целым комплексом моральных качеств и отношений, а в китайской культуре ценностные смыслы связываются прежде всего с внешней оценкой личности, субъективное «я» находится в подчинении, за этническим коллективом закрепляется функция объективного арбитра. *Вестник Бурятского государственного университета*

Улан-Удэ



ПРИМОРСКИЕ ГЛИНЫ ВЫЯВЯТ АНТИБИОТИКИ В ЕДЕ

Использовать приморские глины для определения антибиотиков в пищевых продуктах, воде и организме человека предлагают химики Дальневосточного федерального университета (ДВФУ). На основе природных алюмосиликатов (глин) с выраженными сорбционными свойствами могут появиться новые технологии для контроля качества пищевой продукции и экологического мониторинга. Выделяются несколько видов природных алюмосиликатов с сорбционными свойствами: каолинит, монтмориллонит, вермикулит. Эти глины добываются в Приморском крае: месторождения вермикулита расположены в Чугуевском районе, а монтмориллонит можно найти на острове Русский. Работы по созданию и использованию сорбентов на основе природных алюмосиликатов Приморского края были начаты на кафедре общей, неорганической и элементоорганической химии Школы естественных наук. Результатом исследований стало создание на основе местной глины сорбента для определения антибиотика левомицетина в пищевых продуктах. *Пресс-служба ДВФУ*



Владивосток

ПРОЕКТ «МАЯК»: СТАТЬ ЗВЕЗДОЙ



— Ракета-носитель «Союз-2.1а», которая доставила на орбиту спутник «Маяк», на космодроме Байконур

АСТРОНОМИЯ ВЕРНУЛАСЬ В ШКОЛУ

С 2017/2018 учебного года в российских школах астрономия вновь вводится как обязательный предмет. Начало преподавания — с 1 сентября 2017 года или с 1 января 2018 года (на усмотрение каждой конкретной школы). Предполагается изучение астрономии в 10-м и 11-м классах (если предмет уже изучался в рамках вариативной части учебной программы — только в 11-м). Общий объем курса должен составлять не менее 35 часов, ЕГЭ по астрономии не планируется. Астрономия в российской средней школе преподавалась уже с первых послереволюционных лет, систематически и по единой программе — с 1932 года. В 1991 году астрономия была исключена из списка базовых школьных предметов, в 2008 году ее преподавание практически прекращено (из-за отсутствия одобренных учебников).



ПОЛИНА ПЛАВИНСКАЯ

Время космических первопроходцев напоминало эру динозавров: космос осваивали крупные государственные компании, технологии, так или иначе связанные с космосом, были намертво засекречены, связаны с гостайной и военными ведомствами, и единственным способом, позволявшим приблизиться к космосу, было лишь стать частью этой команды. Похоже, мы застали тот самый переходный период, когда рядом с динозаврами появились первые млекопитающие, которым предстояло завоевать мир: на космической сцене появляется все больше проектов частных компаний, на МКС приглашают туристов, в космос, как в «Гостье из будущего», запускаются студенческие и любительские спутники, а над созданием биологических замкнутых систем для выживания лунных и марсианских экспедиций работают школьники.

14 июля ракета-носитель «Союз-2.1а» с разгонным блоком «Фрегат» доставила на орбиту космический аппарат дистанционного зондирования Земли «Канопус-В-ИК» и группу малых спутников из 72 аппаратов. На орбиту вышли несколько студенческих спутников, одним из которых стал «Маяк». Этот проект оказался первым сразу в нескольких категориях: это первый российский спутник, построенный энтузиастами космоса, это первый российский спутник, средства на создание которого собирались на краудфандинговой платформе, это первый спутник, оснащенный технологией аэродинамического торможения, и наконец, это первый спутник, основная цель которого — стать звездой.

Идея создания «Маяка» принадлежит Александру Шаенко — инженеру с десятилетним опытом работы в космической отрасли, одному из разработчиков ракет-носителей «Ангара-А5» и KSLV-1, обсерватории «Миллиметр», частного спутника DX1, «Селеноход», а в настоящее время — преподавателю бакалаврской программы «Современная космонавтика» в Университете машиностроения (Московский политехнический университет), популяризатору космонавтики и создателю объединения энтузиастов космоса «Твой сектор космоса» и Летней космической школы.

Сколько стоит звезда

В 2014 году Александр Шаенко читал научно-популярные лекции о космонавтике в рамках проекта «Космос от моря до моря». Однажды после лекции к нему подошел слушатель и спросил: «А как можно запустить что-нибудь в космос? Например, можно ли запустить в космос кирпич?» Александр ответил, что кирпич запустить можно, но есть ли кирпич на орбите, нет ли его — не важно, потому что кирпич не будет виден даже в самый хороший телескоп. «А как сделать, что бы его было видно?» И так в обсуждении совершенно абстрактного вопроса «что нужно сделать для того, чтобы кирпич на орбите был виден с Земли» возникла идея создания солнечного отражателя. Решили создать спутник, который смог бы стать самой яркой звездой на небе и напоминать всем, что космонавтика — не удел богов и гигантских корпораций и что каждый человек, если захочет, сможет что-то сделать для космоса: например, запустить в космос спутник и зажечь в небе звезду.

Было решено, что в проекте будет использоваться спутник формата CubeSat: это кубики размером 10x10 см, которые можно соединить по три штуки. Они очень удобны тем, что на многих ракетах стоят контейнеры для их запуска. Контейнер представляет собой коробку с крышкой и пружиной, которую прижимает установленный спутник. После команды запуска крышка открывается, и пружина, распрямляясь, выталкивает спутник. Одновременно с запуском отжимаются кнопки, установленные на самом спутнике, он включается и начинает работу.

Когда проект спутника был разработан, команда стала искать компанию, которая взялась бы за запуск. Стоимость запуска у российской компании «Космотрас» и голландской ISIS составляла около 8 млн руб.

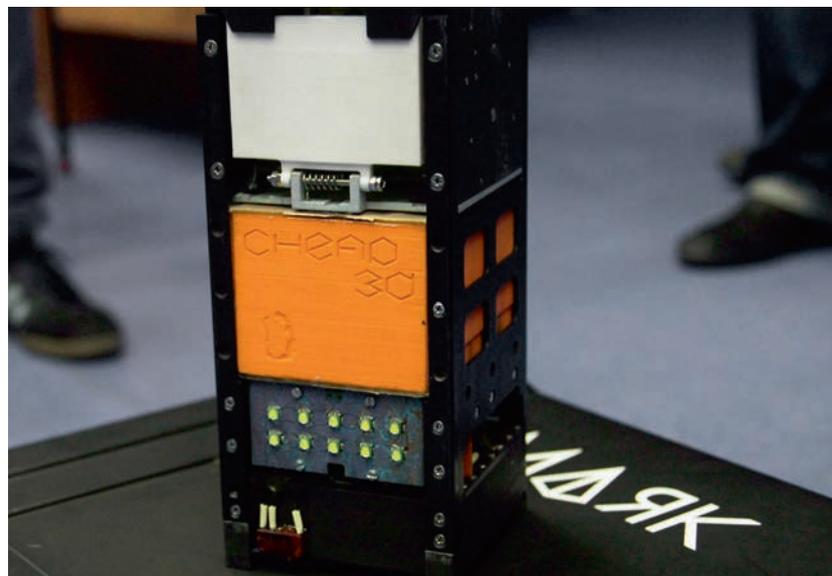
«У нас не было вообще ничего, — говорит Александр. — Мы просчитали бюджет и поняли, что кроме средств на спутник надо собирать еще дополнительно восемь миллионов на запуск. Но потом к нам неожиданно пришел представитель компании „Главкосмос“, и предложили запустить „Маяк“ по программе студенческих запусков. Я был удивлен тем, что они, во-первых, сами к нам пришли и, во-вторых, предложили запуск абсолютно бесплатно».

Проект «Маяк» без преувеличения можно назвать общенародным: спутник частично изготовлен на средства, собранные на платформе Boomstarter (примерно 2,4 млн руб.), принимать участие в работе над спутником мог любой желающий, внесший хоть какое-то пожертвование (как говорит Александр Шаенко, «мы, как Том Соьер, продавали возможность красить забор»), техническая сторона проекта обсуждалась в социальных сетях, причем именно обсуждения помогли скорректировать инженерные решения.

В 2015 году проект «Маяк» взяла под свое управление команда рекламного агентства 12.digital (группа КБ-12). Компания инвестировала в проект около 2 млн руб., которые пошли на закупку оборудования и инженерные работы. Также компанией была проведена самая успешная в России краудфандинговая программа в сфере инженерных технологий.

Обычно краудфандинговые проекты строятся по следующей схеме: сначала запускают краудфандинг, собирают деньги и только потом начинают что-то делать. С «Маяком» получилось иначе: краудфандинговая компания была открыта в середине работы над проектом.

__Спутник «Маяк» в транспортировочном состоянии



«Мы посчитали, что это круто, — говорит коммерческий директор проекта Александр Панов. — И с точки зрения инвестиций это может быть прибыльно. На момент окончания сборов мы были самым крупным технологическим краудфандинговым проектом в России. Больше собирали только на культурные и творческие проекты — на технологии больше никто никогда не собирал. Но этой суммы, несмотря на то что она была рекордной в истории России, все равно бы не хватило. Поэтому мы заранее понимали, что будем привлекать спонсоров».

Этим спонсором проекта стал Рокетбанк. Любопытно, что команда «Маяка» оценивает команду Рокетбанка как похожую на них: они тоже начали свой бизнес маленькой командой, и также никто не верил, что они смогут добиться успеха.

«Четыре года назад им говорили, что они не смогут сделать банк. Нам рассказывали, что мы не сможем запустить спутник, — говорит Александр Панов. — И Рокетбанк решил нас поддержать, потому что мы такие же, как и они: они нас поддержали не только финансово, но и потому, что мы оба пытаемся изменить этот мир. И с точки зрения маркетинга это уникальный проект — еще ни одна компания в мире не запускала собственный космический аппарат».

Благодаря банку разработано мобильное приложение, которое позволяет следить за спутником, причем с ним связаны остротные акции банка: в момент пролета «Маяка» банк увеличивает кэшбэк и дарит различные бонусы клиентам банка.

Также огромную помощь проекту оказали компании, которые предоставили возможность бесплатно протестировать летный аппарат на устойчивость к вибрации, условиям вакуума и экстремальных температур.

Лучшая фигура для звезды

Сначала участники проекта предполагали создать спутник с отражателем в виде огромного пузыря, который можно будет на орбите заполнить газом. Но подсчеты показали, что его отражающая способность не будет очень высокой: шар отражал бы свет только одной точкой, и вспышка, по оценкам, была бы не очень яркой. Наиболее яркой отражающей способностью обладала бы одна большая плоскость-зеркало, но ее бы приходилось постоянно «наводить», причем достаточно точно, потому что при малейшем отклонении «зайчик» был бы не виден на Земле. Участники команды провели исследование, в котором просчитали яркость вспышки у спутников разной формы: «таблетки», пирамиды, додекаэдра и сферы. В итоге было решено создавать пирамиду, которая была оптимальна и как отражатель, и как наиболее простая и удобная конструкция для сборки.

«Сделать кругляшок для спутника так, чтобы он уместился в маленький спутник, открылся при запуске и был большим по размеру, сложно технически; сделать сферу легко, но она не даст яркой вспышки, а сделать додекаэдр очень сложно. В итоге мы пришли к выводу, что нам больше всего подойдет пирамида», — объяснил Александр Шаенко.

Изначально пирамиду предполагалось надувать — у надувных конструкций самое лучшее соотношение между объемом до надувания и после. Пирамиду предполагалось создать полностью из металлизированной пленки толщиной в несколько микрон, причем ребра пирамиды формировались бы тоже из трубок, склеенных из нескольких слоев пленки — как надувной бассейн. Надувать будущую звезду предполагалось карбонатом аммония.

«Чтобы вас поставили к дорогому тяжелому спутнику, над которым работали много лет, вы должны доказать, что ваш спутник абсолютно безопасен для других аппаратов, — говорит Шаенко. — Поэтому мы не могли использовать кислоты, дымовые шашки, сжатый воздух, и мы искали нетоксичное вещество, которое можно было бы легко привести в газообразное состояние, в котором соотношение газа и вещества было бы максимальным. И мы нашли карбонат аммония, который давно используется в пищевой промышленности как разрыхлитель теста: при нагревании он разлагается на аммиак, углекислый газ и воду. Мы решили, что мы наполним им наши тру-

САМЫЙ ЯРКИЙ СПУТНИК 60-Х

Одним из самых ярких спутников за всю историю космонавтики стал спутник NASA *Echo 1*, который представлял собой спутник-баллон из тонкой полиэфирной пленки с алюминиевым напылением для отражения радиосигнала. Спутник был запущен в 1960 году и должен был обеспечить ретрансляцию радиосигнала между двумя станциями на Земле. После выведения на орбиту спутник-баллон был надут ацетальдегидом, его диаметр составил 30,5 м. Большой объем и зеркальная поверхность сделали его самым ярким искусственным спутником на ночном небе: его видимая звездная величина достигала $-1m$. Для сравнения: видимая звездная величина Солнца составляет $-26,7m$, полной Луны — $-12,74m$, Венеры — $-4,67m$, Сириуса — $-1,47m$.



**АЛЕКСАНДР ШАЕНКО,
РУКОВОДИТЕЛЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

«Основная цель проекта — популяризаторская: мы запустили „Маяк“, чтобы повысить привлекательность космонавтики, космических исследований и научно-технического образования в среде молодежи. Также „Маяк“ позволит проводить различные научные исследования. Мы испытаем устройство, которое потенциально можно

будет использовать для сведения с орбиты космического мусора: спутник будет быстро снижаться благодаря раскрытой на орбите пирамиде, которая резко увеличит баллистический коэффициент. Представьте, что у вас есть спутник-пушинка и спутник-дробинка: они имеют одну массу, но разную площадь. Поэтому спутник-пушинка будет быстрее тормозиться, быстрее снижаться, так как на этой высоте еще есть атмосфера, тормозящая его движение. Как мы полагаем, если на спутники, срок работы которых подходит к концу, ставить конструкции, резко увеличивающие их площадь, то такие спутники смогут быстрее снижаться, входить в плотные слои атмосферы и не пополнять ряды космического мусора. Так, без тормозного устройства „Маяк“ при своей массе просуществовал бы на орбите около трех лет, а с пирамидой он пробудет на орбите всего один месяц».

«Зачем мы запускаем „Маяк“? В первую очередь, чтобы изменить отношение к космонавтике. Мы считаем, что сейчас у нас в космонавтике ситуация не самая лучшая: она развивается на том импульсе, который был задан тогда, когда Гагарин полетел в космос, а Армстронг высадился на Луну. После тех прорывов все пошло по нисходящей. Космические программы, заявленные государством, то и дело переносятся и срываются. Но сейчас ситуация меняется, и стало возможно частным компаниям, отдельным небольшим командам реализовывать свои собственные космические проекты. Те, кому важно, нужно и интересно заниматься космосом, могут не смотреть ролики на YouTube и не считать лайки, а объединиться и реализовать свои проекты. И наши дальнейшие проекты тоже будут связаны с тем, чтобы сделать какие-то полезные штуки для освоения дальнего космоса. Например, мы не были на Луне с 1972 года. Выросло не одно поколение людей, которые просто не видели ничего грандиозного в своей жизни в космической сфере. И мы, вероятно, будем делать проекты по запуску замкнутых биологических систем — этот тот вклад, который, возможно, сможет привнести какой-то новый импульс в космонавтику».

который также был проверен в вакуумной камере, на вибростенде, ударном стенде и центрифуге, — было важно понять, что он выдержит вибрацию, не развалится на кусочки и не повредит другие спутники.

К сожалению, «Маяк» не стал яркой звездой. Причины пока не ясны, но есть предположения, что отражатель не раскрылся полностью. Радиопередатчик на спутнике не установлен, и сейчас команда ищет «Маяк» с помощью расчетов и наблюдений. Известно, что «Маяк» был в группе из 24 малых аппаратов и все они вышли на целевые орбиты. Теоретически «Маяк» будет быстро снижаться и через месяц сойдет в плотные слои атмосферы и сгорит, а команда начнет делать другие интересные и необходимые для развития космонавтики вещи: например, собирать спутник с замкнутыми биологическими системами, без которых, как известно, невозможно создавать лунные и марсианские базы.

НАТАЛИЯ ФЕРАПОНТОВА

Фото предоставлены пресс-службой проекта «Маяк»

бочные каркасы, но обнаружилось, что, во-первых, при обратном охлаждении смесь снова переходит в порошок, а во-вторых, пленка, из которой предполагалось сделать каркас, не держит давление из-за пор пленки. Поэтому отказались от идеи надувного каркаса и решили сделать жесткий каркас, который будет намагничиваться на барабан».

Жесткий каркас, который при разматывании образовал ребра пирамиды, решили сделать из обычных рулонок. Через 30 секунд после запуска из контейнера «Маяк» открывает коробку с пленкой, и включается механизм, рулетки разматываются, образуя три жестких ребра, растягивают прикрепленную к ним пленку. В итоге получается пирамида с тремя жесткими боковыми гранями, а основание пирамиды образуют мягкие грани пленки. Решение, позволившее создать пирамиду, одновременно повлияло на то, что «Маяк» не смог стать самой яркой звездой на небе, как это планировалось в самом начале. Любопытно, что это уточнение в проект помог внести спор в комментариях к публикации на Geektimes, где читатели не согласились с тем, что «Маяк» станет вторым по светимости после Луны.

«Спор был реально очень полезный. Изначально предполагалось, что спутник будет виден с Земли как звезда благодаря тому, что на нем установлена трехметровая пирамида из майларовой пленки. Сначала мы рассчитывали, что на пирамидальном отражателе пленка будет натянута очень туго, как на барабане, и будет очень гладкой — в этом случае получается маленькое зеркальце, которое отражает солнечные лучи на тебя и потом на Землю. В начале работы над проектом мы посчитали, что вспышки будут видны с Земли как вторые по светимости после Луны. Но когда мы начали работу, то стало понятно, что пленка после разворачивания сохраняет рисунок „гармошки“, в которую ее складывали, и идеально гладкой поверхности не получится. Этот рельеф приводит к тому, что зеркало становится хуже и немного рассеивает свет, и из-за этого снижается яркость. И ребята из комментариев построили довольно сложную математическую модель и вычислили, что вспышка будет чуть-чуть ярче, чем Сириус. Так мы поняли, что „Маяк“ не будет вторым по светимости после Луны: его светимость будет между Венерой и Сириусом».

К «Маяку» были и другие претензии: например, зарубежные астрономы предположили, что он будет мешать наблюдать небо, внося свою долю в световое загрязнение. Но эта претензия, по мнению Александра, абсолютно надуманная: по небу с 1957 года летает очень много спутников, в настоящее время существует каталог всех спутников, размеры которых превышают 5 см, и астрономы уже научились учитывать спутники при наблюдениях и вычитают из принятой картинки.

«Наш спутник не делает ничего такого, чего не делали бы другие, — объясняет Александр. — Таких вспыхивающих спутников много, но люди, которые не в курсе этого процесса, думают, что спутники вообще не видно. Мы просто будем одним из ярких спутников, и наше отличие в том, что мы это сделали сами».

Испытания звезды

Все детали и устройства «Маяка» прошли испытания, которые смогли подтвердить, что «Маяк» действительно сможет развернуть отражатель. Так, отбор не прошла пленка, из которой предполагалось сделать систему закручивания на том же карбонате аммония: как показали испытания, она пропускала бы реагент, и поэтому от системы закручивания пришлось отказаться. Зато все испытания прошли вся промышленная электроника и обычные промышленные батарейки: на первом испытании их морозили и нагревали, затем собрали в макет и снова проверили в климат-камере. Второе испытание аппарата в сборе прошел в вакуумной камере. Только после того как аппарат показал, что он сможет работать в этих условиях, был собран летный экземпляр,

___Пирамидальный отражатель имеет оптимальную форму, а также наиболее прост и удобен для сборки

___Расположение элементов ракеты-носителя «Союз-2.1а» с разгонным блоком «Фрегат»



Июль и август — «мертвый сезон». Не только в Северном полушарии Земли, но и на Марсе; по крайней мере, в 2017 году. Все дело в том, что в своем движении Марс в это время заходит за Солнце по отношению к наблюдателям с Земли: солнечная корона создает помехи для радиосвязи, а на несколько недель она прерывается совсем.

ЗЕМЛЯ ВСЕ БЛИЖЕ К ЖИЗНИ НА МАРСЕ

В это время «отдыхают» и космические аппараты, которые находятся на Марсе или на орбите вокруг него (всего их сейчас два и шесть соответственно, если считать только работающие). Для «новенького» в этой флотилии аппарата TGO российско-европейской миссии «ЭкзоМарс-2016» летний период — время, когда приостанавливаются операции по снижению орбиты с помощью атмосферы.

С 15 марта 2017 года TGO находится на этапе снижения высоты орбиты. Этот процесс не очень корректно называют аэробрейкингом (транскрипция английского термина aerobraking). Если переводить его по смыслу, получится «аэродинамическое торможение», но при этом надо помнить, что смысл маневра не столько в том, чтобы снизить скорость движения, сколько в том, чтобы уменьшить высоту — расстояние самой дальней точки орбиты от поверхности Марса (апоцентр или апоарий). Это достигается именно понижением скорости в перигеуме — точке орбиты, ближайшей к планете (также для Марса называется периарий).

Баллистические законы определяют, что быстрее всего аппарат движется в перигеуме, и если принудительно заставить его затормозить здесь, то ему не хватит энергии, чтобы «набрать» высоту в апоцентре. Скорость TGO в перигеуме снижают, принудительно «опуская» аппарат. При этом он как бы «чиркает» о верхние слои атмосферы Марса. Хотя на таких высотах (чуть более 120 км) она очень разреженная, но все же концентрации молекул достаточно, чтобы за счет соударения с ними TGO замедлялся. Чтобы достичь заданных для рабочей орбиты 400 км, понадобится лишь чуть больше года. Перед началом серии маневров аэродинамического торможения высота апоцентра высокоэллиптической орбиты составляла около 33 тыс. км.

В апреле 2018 года маневры торможения должны завершиться. После этого с помощью двигателей TGO, включаемых в районе апоария, предстоит поднять перигеум примерно до 400 км.

Операции по управлению торможением проводятся из Европейского центра космических операций (European Space Operation Center или ESOC, фактически центр управления полетом), с помощью антенн дальней космической связи систем ESTRACK (ЕКА) и DSN (НАСА). Такой способ торможения требует регулярных измерений положения аппарата в то время, когда он проходит апоцентр. Период орбиты сейчас составляет около 14 часов, а по мере того как высота будет снижаться, будет становиться еще короче (к концу процесса он составит уже 2 часа). Понятно, что если радиосвязь «с Марсом» нарушается, то проводить этот маневр довольно рискованно. Поэтому в циклограмме работ на август запланирован перерыв.

TGO был заранее переведен на более или менее стабильную орбиту с достаточно высоким перигеумом. Маневры возобновятся в конце августа 2018 года. До конца июля с борта TGO будет приниматься телеметрическая информация, а на аппарат будут отправлять команды по поддержанию систем. Затем две недели TGO будет «молчать», когда Марс скроется за Солнцем. После возобновления радиосвязи на борт будет отправлено обновленное программное обеспечение, а затем, по результатам проверок, операции по торможению возобновятся.

Казалось бы, сейчас для участников научной программы TGO самое время немного передохнуть, однако работа на Земле кипит несмотря на лето.

__Общий вид космического аппарата Trace Gas Orbiter на космодроме Байконур. Два прибора, закрытые электровакуумной теплоизоляцией золотого цвета в правом верхнем углу, сделаны в ИКИ РАН. Вверху — спектрометрический комплекс ASC, внизу — нейтронный телескоп FREND

__Главная задача нейтронного телескопа FREND — на основании потоков нейтронов установить содержание водорода и воды в марсианском грунте (на фото внизу слева)

__Спектрометрический комплекс ACS предназначен для анализа химического состава атмосферы Марса, прежде всего, содержания спутника жизни — метана (на фото внизу справа)



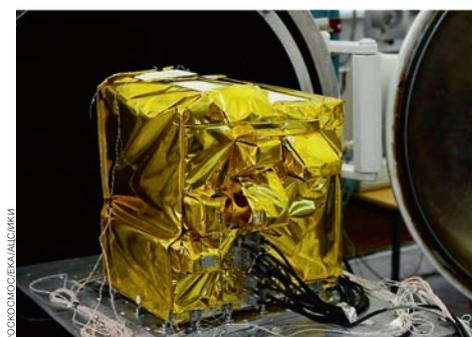
ЕКА/РОСКОСМОС/КИИ РАН/РФФИ

МАРСИАНСКИЕ ЖИТЕЛИ

Аппарат (агентство)	Название	Запуск/прилет
Mars Odyssey (НАСА)	Орбитальный	2001/2001
Mars Express (ЕКА)	Орбитальный	2003/2003
Opportunity (НАСА)	Марсоход	2003/2004
Mars Reconnaissance Orbiter (НАСА)	Орбитальный	2005/2006
Mangalyaan-1 (ИРСО)	Орбитальный	2013/2014
MAVEN (НАСА)	Орбитальный	2013/2014
Curiosity (НАСА)	Марсоход	2011/2012
TGO/«ЭкзоМарс-2016»	Орбитальный	2016/2016



РОСКОСМОС/ЕКА/ФЕДЕЛИКИ



РОСКОСМОС/ЕКА/ФЕДЕЛИКИ

Именно сейчас готовятся планы операций в ходе уже научной миссии. Исследователи — руководители экспериментов должны решить, какие наблюдения надо провести в первую очередь и как распределить эти наблюдения соответственно графику прохождения по орбите, поделить между собой ресурсы, например, объем данных или направление наведения КА и многое другое.

Очередная рабочая встреча по миссии «ЭкзоМарс-2016» года состоялась в конце июня в Институте космических исследований РАН. Здесь собрались руководители всех научных экспериментов, проекта в целом, специалисты в сфере управления полетом. Кроме планов на будущее, обсуждались результаты первых тестовых включений научных приборов, которые происходили осенью 2016 и весной 2017 года. Их главной целью была проверка работоспособности и калибровка приборов.

Научная нагрузка на борту TGO включает четыре приборных комплекса. Самый «зрелищный» — комплекс камер CaSSIS для цветной съемки и получения стереопар. Его первые снимки Марса уже порадовали энтузиастов космоса: на сайте ЕКА были выложены самые удачные, в частности, цветные снимки Фобоса и изображения стереопары из области лабиринта Ночи. Описывая характеристики прибора на пресс-конференции для российских журналистов, его научный руководитель Ник Томас (профессор университета Берна, Швейцария) сказал, что разрешающей способности камер CaSSIS «немножко не хватает для того, чтобы разглядеть из Москвы автобус в Петербурге». Но уже из Твери это наверняка бы получилось: CaSSIS сможет различить детали рельефа размером 4,5 м с высоты всего 400 км (если быть точным, то разрешение камеры равно 4,5 м на пиксел).

Во время первых включений CaSSIS отработал штатно, некоторые проблемы возникли с программным обеспечением. Их планируется исправить в новой версии ПО, которая будет загружена на борт аппарата в ближайшее время.

Два спектрометрических комплекса ACS (разработка Института космических исследований РАН, научный руководитель Олег Короблев) и NOMAD (совместная разработка институтов Бельгии, Испании, Италии и Великобритании, научный руководитель Анн-Карин Вандаль, сотрудник Института космической астрономии, Бельгия) нацелены на изучение атмосферы Марса. Оба комплекса включают по три спектрометра, работающие в разных полосах инфракрасного и ультрафиолетового диапазона.

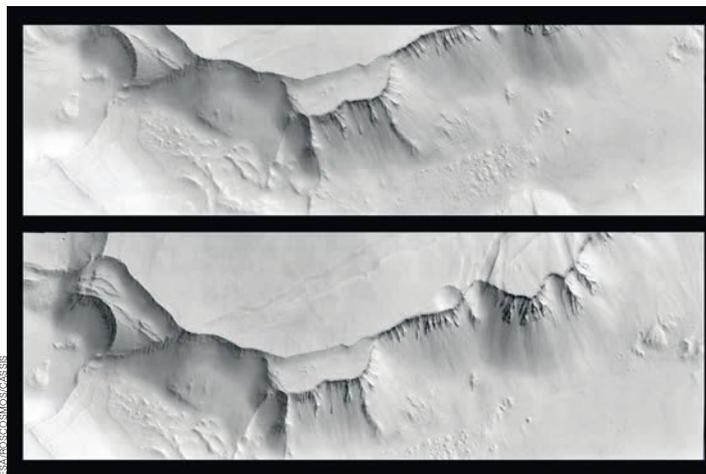
Задача исследовать малые составляющие атмосферы — важнейшая для TGO. Может быть, самый популярный из них — метан, который то регистрируется в атмосфере Марса, то словно «исчезает» от наблюдателей. Известно, что на Земле метан активно производят живые организмы. На Марсе видимой жизни нет и метана тоже почти нет, потому что из-за нестабильности он быстро распадается под действием солнечного излучения. Однако какие-то признаки наличия метана все же регистрируются, иногда с очень высокой достоверностью. Могут ли быть его источником пока не обнаруженные бактерии? Или, может быть, дело в скрытой геологической активности? С этим и хотят разобраться разработчики проекта.

Кроме метана интересны гидроксильные соединения, разнообразные неорганические кислоты и многие другие. Концентрация таких составляющих может составлять всего несколько частиц на триллион, и чтобы зарегистрировать их, необходима очень высокая чувствительность и длительное время наблюдений.

Спектрометры «ЭкзоМарса» могут работать в двух режимах. Первый — наблюдения в надир, то есть вниз. Таким образом виден отраженный от Марса свет или свечения в атмосфере, если речь идет о ночной стороне планеты. Но более интересен второй режим — наблюдения Солнца или звезд, когда они просвечивают через край атмосферы. В обоих случаях по полосам поглощения в спектре можно судить о составляющих атмосферы, но во втором режиме можно еще и понять, на какой высоте наблюдается то или иное вещество. А это исключительно важно для моделей марсианской атмосферы.



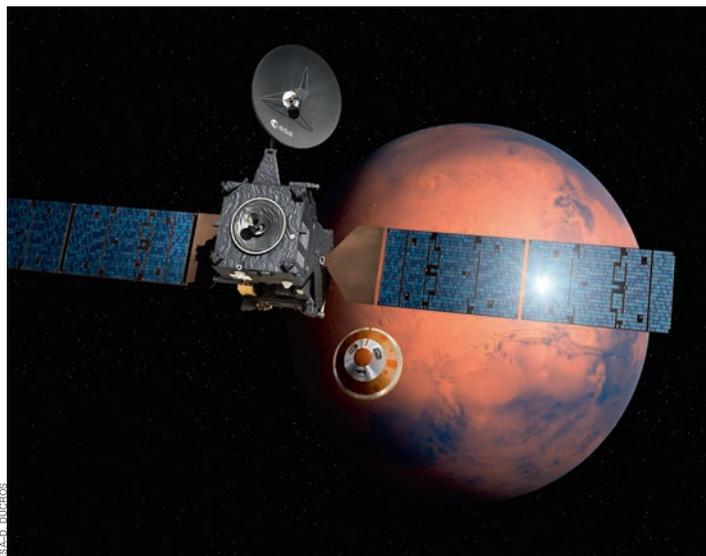
— Схема снижения орбиты TGO с помощью атмосферы



— Стереопара, полученная камерами прибора CaSSIS



— Европейский марсоход ExoMars Rover будет запущен в космос в 2020 году



— Модуль Schiaparelli, задачей которого была отработка посадки на поверхность Марса, благополучно отделился от TGO 16 октября 2016 года, но спустя три дня из-за сбоя в определении высоты разбился о поверхность планеты

«ЭкзоМарс» (ExoMars) — совместная программа Европейского космического агентства (European Space Agency, ESA/ЕКА) и российской госкорпорации «Роскосмос» по исследованию Марса. Основной целью программы является поиск доказательств существования жизни на Марсе. Соглашение «Роскосмоса» и Европейского космического агентства о сотрудничестве в области исследования Марса и других тел Солнечной системы робототехническими средствами подписано 14 марта 2013 года. Соглашение закрепляет участие России в проекте «ЭкзоМарс» и подразумевает возможные проекты в области исследований Юпитера и Луны. По программе «ЭкзоМарс» уже осуществлен запуск автоматической межпланетной станции «ЭкзоМарс-2016» и запланирован запуск станции «ЭкзоМарс-2020». Главной исполнителем по техническому обеспечению проекта с российской стороны — Научно-производственное объединение имени С.А. Лавочкина, по научной нагрузке проекта — Институт космических исследований РАН. Научный руководитель проекта с российской стороны — академик Лев Зеленый.

Неудобство состоит в том, что наблюдения на лимбе ограничены по времени: когда Солнце заходит или выходит из-за горизонта. К этому добавляются требования по тепловому режиму (приборы нельзя включать и выключать на манер обычного электрического рубильника) и наведению (для наблюдений на лимбе надо правильно сориентировать аппарат). С учетом параметров орбиты TGO получается определенное число «окон» для наблюдений. И уже сейчас руководители экспериментов вместе со специалистами по управлению аппаратом «делят орбиты» — разрабатывают стратегию и план научных наблюдений в рамках основной научной миссии. Эта миссия продлится с апреля 2018 до конца 2019 года. Конечно, после этого аппарат не выключается и научные наблюдения не прекращаются, но «горизонт планирования» пока ограничен этими сроками.

Нейтронный телескоп FRENД с блоком дозиметрии «Люлин-МО» (также разработка ИКИ РАН с участием Института космических исследований и технологической Болгарской академии наук) — пожалуй, самый неприхотливый прибор на борту аппарата. Он не требует специального наведения (правда, и полноценно работать может, только когда смотрит в надир), в нем нет движущихся частей, а одна из важных научных задач связана с измерением радиационного фона на орбите Марса. Благодаря этим особенностям именно FRENД был включен дольше всех: он собирал научные данные еще во время перелета к Марсу и работал практически весь период тестовых включений (другие приборы включались периодически).

Основным результатом FRENД за это время были данные о нейтронном компоненте радиационного фона на орбите вокруг Марса. Это важная калибровочная информация. Позже, уже на рабочей орбите, важно будет отделить данные о потоке нейтронов от грунта Марса от нейтронного потока из космоса. А блок дозиметрии, замерявший уровень радиационного фона, показал, что за время путешествия от Земли к Марсу и обратно космические путешественники набрали около 60% дозы, которую разрешено набрать космонавтам за время работы.

Главная же задача эксперимента FRENД — на основе данных о нейтронном альбедо восстановить карту того, как в верхнем слое грунта Марса распространены водород и вода (вечная мерзлота). «Предполагается, что вода — благоприятная среда для зарождения жизни, — говорит Игорь Митрофанов, руководитель эксперимента. — По результатам предыдущих исследований мы смогли найти под поверхностью Марса своеобразные оазисы, где воды больше, чем в окружающих районах. И если совместить эти данные с информацией о метане, которые получают ACS и NOMAD, то, возможно, мы приблизимся к ответу на вопрос о жизни на Марсе».

ОЛЬГА ЗАКУТНЯЯ,
Институт космических исследований РАН

Уникальные наблюдения глубинных низкочастотных землетрясений, полученные российскими учеными на Камчатке, позволяют проследить магматические процессы в нижних слоях земной коры. Компьютерная обработка сейсмических записей, предшествовавших крупному извержению вулкана Толбачик, проясняет закономерности вулканической активности и позволит достовернее предсказывать извержения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛУБИННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОД ТОЛБАЧИКОМ ПОЗВОЛИТ ТОЧНЕЕ ПРЕДСКАЗЫВАТЬ ИЗВЕРЖЕНИЯ ВУЛКАНОВ



__Ночной вид
на извержение
Плоского Толбачика

СЕРГЕЙ ЧИРКОВ



СЕБЕЯ ЧИКОВ

Основная практическая цель вулканологии — разработка методов мониторинга вулканической активности, чтобы своевременно и достоверно предсказывать извержения. На Земле больше 1500 вулканов, которые хотя бы однажды извергались за последние 10 тыс. лет, из них около 600 — в историческую эпоху. Каждый год наблюдается от 50 до 70 извержений.

Большая часть действующих вулканов расположена в так называемых зонах субдукции Тихоокеанского огненного кольца, где происходит погружение в мантию океанической литосферы. На глубинах между 100 и 200 км при взаимодействии погружающейся океанской литосферы и мантии образуются магматические расплавы, которые затем поднимаются к поверхности Земли и приводят к вулканизму.

Медленные и быстрые вулканические процессы

Основной силой, движущей магму к поверхности, является разница в плотности между относительно «холодными» и тяжелыми породами мантии и земной коры и разогретыми, флюид-содержащими и относительно легкими магматическими расплавами. Причем на большей части пути к поверхности магматические расплавы поднимаются не напрямую, а просачиваются через пористую среду. Поэтому скорость их подъема зависит от пористых свойств мантии и коры и от вязкости самой магмы. Химический состав и физические свойства (плотность, вязкость) магматических расплавов по мере поднятия могут существенно изменяться за счет взаимодействия с окружающими породами и за счет меняющихся давления и температуры. Плотность и пористость окружающих пород тоже меняются с глубиной.

В итоге процесс поднятия магмы к поверхности неоднородный. В целом это происходит очень медленно. Отдельные вулканические системы могут развиваться в течение тысяч и даже миллионов лет. За это время магма постепенно накапливается в промежуточных очагах, самые близкие из которых находятся на глубине в несколько километров. Но этот процесс весьма нелинейный, и определенные его этапы могут протекать очень быстро, приводя к резким локальным ускорениям движения магмы и резким скачкам давления. Такие ускорения могут быть вызваны резкими изменениями физико-химических свойств (фазовыми переходами), которые, кроме прочего, нередко приводят к выделению газовой фракции в магме. Активизация таких процессов может начинаться за время от нескольких дней до нескольких лет перед извержением.

— Одна из постоянных сейсмостанций на склоне Ключевского вулкана (на фото слева)

— Уже несколько лет на Камчатке реализуется международный сейсмологический проект KISS, поддерживаемый Российским научным фондом (на фото справа)

— Ключевская группа вулканов, снятая с Международной космической станции, вид с востока

Методы изучения вулканов

Основная сложность в изучении вулканов в том, что приводящие к извержениям геологические процессы происходят на больших глубинах. Значительное количество информации о происхождении и истории вулканов ученые получают геологическими методами — за счет изучения изверженных вулканических пород, а также потухших вулканических систем, глубинные части которых выходят на поверхность после выветривания породы.

Но при изучении современного состояния вулканов и выявлении подготовки извержений основным источником информации о глубинных процессах становятся геофизические наблюдения. Ведущий геофизический метод — сейсмологический мониторинг. Его основная идея в том, что многие глубинные процессы, происходящие в вулканических системах, могут генерировать сейсмические волны. Для их наблюдения вблизи вулканов устанавливаются сейсмографы — приборы, которые регистрируют колебания поверхности Земли.

Подавляющее количество вулканических землетрясений — очень слабые и не ощущаются на поверхности. Но они хорошо регистрируются чувствительными сейсмографами

Вулканические землетрясения

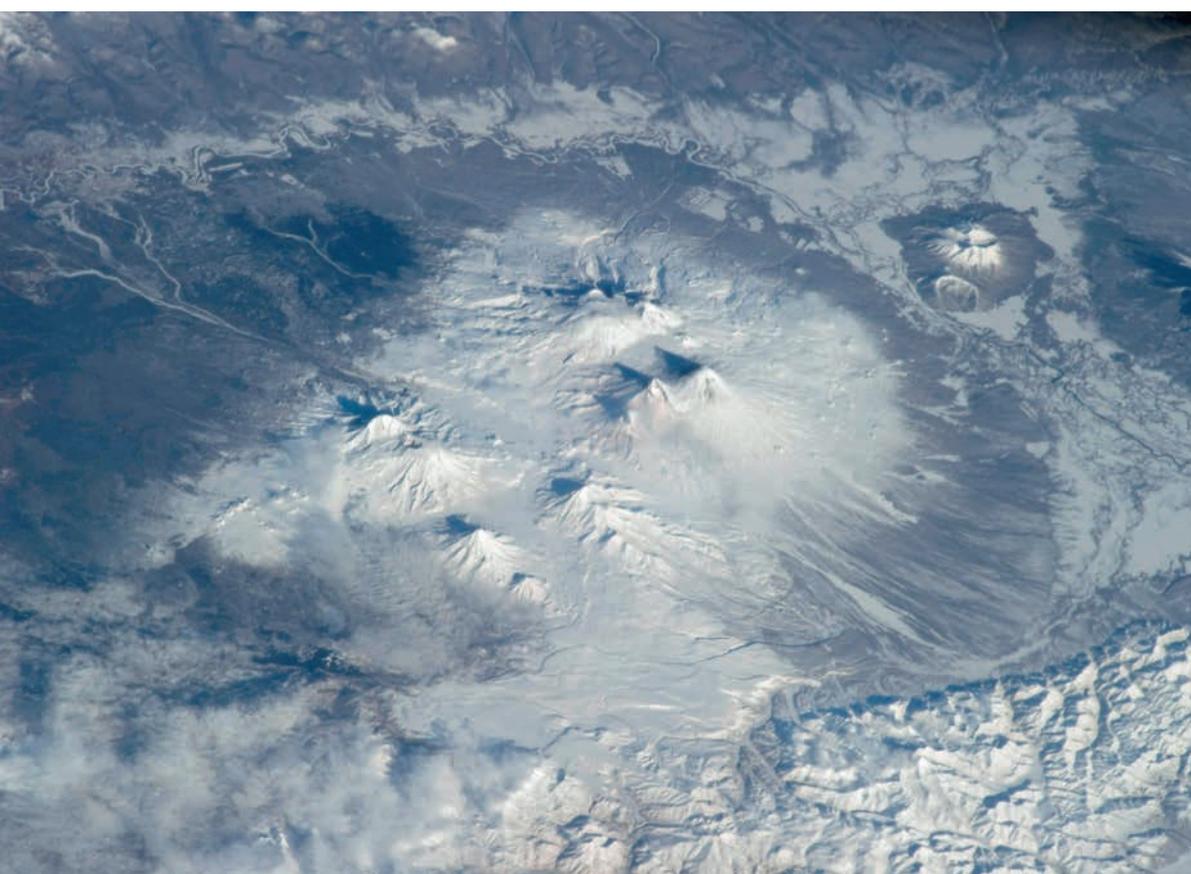
Сейсмические проявления глубинной вулканической активности, или так называемые вулканические землетрясения, многочисленны и разнообразны. Среди них можно выделить два основных типа.

Первый тип называется вулкано-тектоническими землетрясениями, потому что по своим свойствам и происхождению они аналогичны обычным тектоническим землетрясениям. Активизация вулканов связана в первую очередь с ростом давления в магматических очагах и ускорением подъема магмы к поверхности. Эти процессы увеличивают механические напряжения в земной коре под вулканами с последующей активизацией многочисленных микроразломов, которые и генерируют вулкано-тектонические землетрясения.

Второй тип вулканических землетрясений генерируется непосредственно в магма-подводящих каналах. При ускоренном движении магмы или вулканических газов по этим каналам часто возникают резкие скачки давления, сопровождаемые сейсмическими волнами. Основной характеристикой таких источников является то, что они излучают волны на относительно низких частотах — в диапазоне от 1 до 5 герц. Типичные же частоты волн, характерных для вулкано-тектонических землетрясений, составляют 10 герц и больше.

Подавляющее количество вулканических землетрясений — очень слабые и не ощущаются на поверхности. Но они хорошо регистрируются чувствительными сейсмографами. Появление регистрируемых вулканических землетрясений и прогрессивное увеличение их количества является наиболее достоверным признаком активизации вулканических систем. Подсчет регистрируемых землетрясений — наиболее простой метод сейсмического мониторинга вулканов. А если на вулканах размещены наблюдательные системы из многих приборов, у вулканологов появляется возможность определять местоположение и магнитуду (это энергетическая характеристика) вулканических землетрясений, что, в свою очередь, позволяет более детально характеризовать глубинные вулканические процессы.

В некоторых случаях удается проследить миграцию сейсмической активности с глубины к поверхности. Такие наблюдения особенно ценны, если получены на основе низкочастотных землетрясений, поскольку они связаны с распространением магмы в питающих каналах под вулканами. А это движение магмы играет определяющую роль в подготовке извержения. Используя детальные наблюдения именно низкочастотных землетрясений, можно лучше понять процессы, контролирующие подпитку вулканов магмой с глубины.



САТЕНАУТО АСТРОНАУТ ФОТОГРАФИРОВАНИЕ С КИТА

СОБЫТИЯ В НАУКЕ ВУЛКАНОЛОГИЯ

Вулканы-лаборатории

Но высококачественные наблюдения описанных процессов удается получить достаточно редко. На большинстве активных вулканов нет современных систем геофизических наблюдений, и наоборот, многие из хорошо наблюдаемых вулканов большую часть времени находятся в покое. Поэтому для разработки геофизических методов исследования и мониторинга очень важны немногочисленные вулканы — естественные лаборатории, которые и извергаются часто, и изучаются подробно. Хорошо известными примерами таких вулканов являются Килауэа на Гавайских островах, Питон-де-ла-Фурнез на французском острове Реюньон, Этна и Стромболи в Италии. Эти вулканы извергаются почти постоянно (Килауэа) или очень часто, и их извержения детально наблюдаются вулканологическими обсерваториями, которые поддерживают современные системы геофизических наблюдений. Большая часть научных работ, направленных на понимание вулканических землетрясений и связанных с ними глубинных процессов, основана на наблюдениях, полученных именно в таких вулканах-лабораториях.

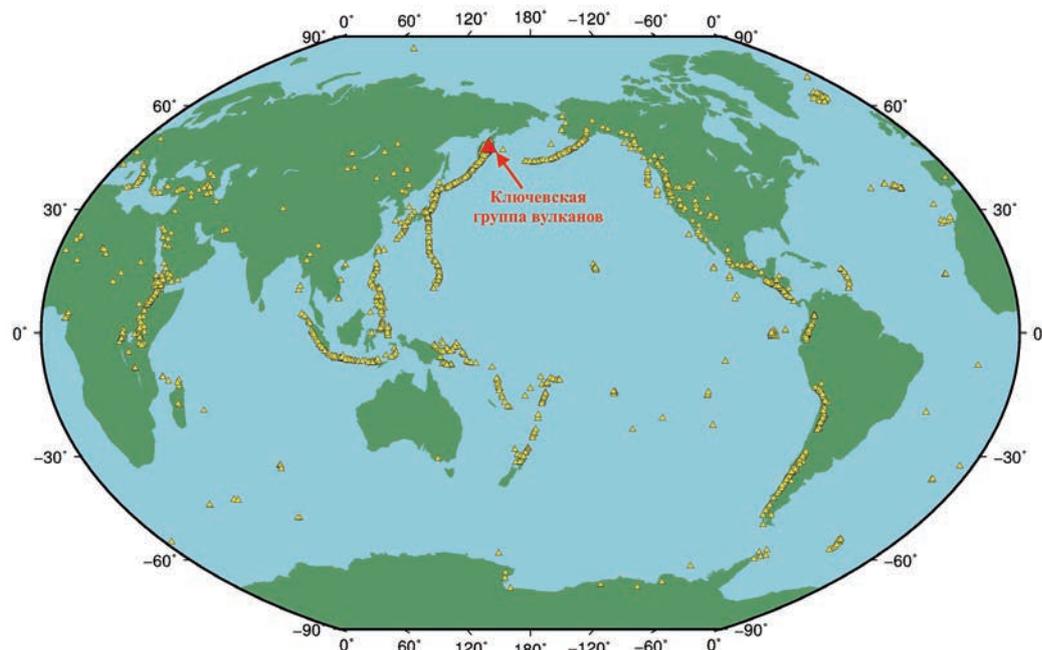
Уникальные данные от российских вулканов

Россия — страна с большим количеством действующих вулканов. Почти все они находятся на Дальнем Востоке в Курило-Камчатской зоне субдукции. Особое место среди российских и мировых вулканических систем занимает Ключевская северная группа, где недалеко друг от друга находятся четыре очень активных вулкана: Ключевской активен на протяжении нескольких тысяч лет; Шивелуч — с августа 1980 года (со времени начала роста лавового купола в кратере, образовавшемся при катастрофическом извержении 12 ноября 1964 года); Безымянный — с 22 октября 1955 года (с момента пробуждения после тысячелетнего молчания); на вулкане Толбачик большие трещинные извержения произошли в 1975–76 и в 2012–13 годах. В указанном районе находятся также 12 слабо активных или потухших вулканов и около 400 более мелких вулканических образований.

Систематические наблюдения в этом районе начались с созданием в 1935 году Камчатской вулканологической станции в поселке Ключи. Первый постоянно действующий сейсмограф на этой станции был установлен в 1946 году. Сейчас на Ключевской группе вулканов проводят наблюдения научные подразделения Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН и Камчатского филиала Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН» (КФ ФИЦ ЕГС РАН). Они поддерживают сеть из 18 постоянных сейсмографов.

Большая часть действующих вулканов расположена в так называемых зонах субдукции Тихоокеанского огненного кольца, где происходит погружение в мантию океанической литосферы

С середины 1990-х годов был осуществлен перевод сейсмической информации в цифровой формат и на этой основе создан архив непрерывных сейсмических записей за более чем 20 лет, в течение которых произошли многие десятки извержений. Этот набор наблюдений о сейсмической активности вулканов не имеет аналогов в мире. Одной из его уникальных характеристик является одновременное наблюдение очень разных вулканов, что позволяет установить взаимосвязь между их активностью. Другая отличительная особенность — большое количество низкочастотных вулканических землетрясений на большой глубине, соответствующей границе кора-мантия. Недавно нашей совместной научной группой ИВиС и КФ ФИЦ ЕГС РАН, созданной при поддержке Российского научного фонда, был проведен деталь-



— Зоны вулканической активности неравномерно распределены по всему Земному шару

ный анализ полученных данных. Для этого мы провели интенсивную компьютерную обработку сейсмических записей за два года, предшествующих последнему крупному извержению вулкана Толбачик.

В результате обнаружено, что активность глубоких низкочастотных событий увеличивалась в течение двух лет перед извержением. Это соответствовало постепенной активизации и увеличению давления в глубоком магматическом очаге, который находится приблизительно на глубине 30 км, то есть на границе земной коры и мантии. Максимум сейсмической активности на глубине был достигнут за пять месяцев до извержения. Максимальное количество низкочастотных землетрясений в приповерхностных магматических очагах было зарегистрировано на несколько месяцев позже. Мы интерпретировали эту задержку как время, необходимое для того, чтобы магматическое давление распространилось с глубины 30 км до поверхности. Достаточно медленное распространение давления можно объяснить тем, что в нижней части питающей системы магма не мигрирует через открытый канал (как часто рисуют в учебниках и энциклопедиях), а просачивается через пористую среду. Сейсмические наблюдения, полученные на Ключевской группе вулканов, содержат огромное количество информации, которую еще только предстоит проанализировать и осмыслить. Для ее полноценного использования необходимо разрабатывать принципиально новые методы анализа геофизических данных с применением современных компьютерных технологий, включая машинное обучение. Внедрение таких автоматизированных методов становится все более насущным для обработки больших потоков данных при геофизическом мониторинге вулканов и землетрясений. Прогресс современных методов позволит предупреждать активизацию вулканической деятельности. А предупреждение извержений — одна из важнейших задач современной вулканологии.

НИКОЛАЙ ШАПИРО, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института физики земли (Париж) и Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, профессор РАН;

ЕВГЕНИЙ ГОРДЕЕВ, доктор физико-математических наук, директор Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, академик РАН;

ДАНИЛА ЧЕБРОВ, кандидат физико-математических наук, директор Камчатского филиала Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН»

— В 2012–2013 годах на вулкане Толбачик происходило одно из самых больших извержений



Снижая ключевую процентную ставку в июне, Банк России повысил прогноз темпов увеличения ВВП в нынешнем году до 1,3–1,8%, при этом отметив, что экономический рост в стране вплотную приближается к потенциальному уровню. До его достижения остается примерно 0,2% ВВП, и, по мнению главного банка страны, в дальнейшем темп прироста ВВП быстрее 1,5–2% в год будет реалистичен только при условии проведения в экономике глубоких структурных преобразований.

ВАЛЕРИЙ МЕЛЬНИКОВ

— В России наблюдаются проблески экономического роста



АЛЬТЕРНАТИВА РЕФОРМАМ — ИНЕРЦИОННОЕ ПРОДОЛЖЕНИЕ СТАГНАЦИИ

Экономика — штука на редкость инерционная. Динамика ее развития в основном носит довольно плавный характер; резкие спады и подъемы случаются не слишком часто, и для того чтобы они на самом деле произошли, нужны очень серьезные основания.

Есть несколько причин подобной инертности — и прежде всего ресурсные ограничения.

На макроуровне процесс создания стоимости, или производство, можно упрощенно смоделировать с помощью производственной функции, параметрами которой выступают определенные количества труда и капитала, а также способ их соединения («технология»). Очевидно, что все указанные элементы производственного процесса в нормальных условиях очень быстро изменяться не могут.

Например, ощутимое увеличение занятых в экономике трудовых ресурсов может быть достигнуто либо за счет сокращения безработицы, либо путем массированного импорта рабочей силы из-за рубежа. Однако даже если на самом деле в стране наличествует значительная армия безработных, далеко не факт, что их удастся успешно вовлечь в производственный процесс, например, в силу отсутствия у большинства необходимых трудовых навыков или нежелания мигрировать из места проживания в районы, испытывающие потребность в рабочей силе. В свою очередь, приток иностранной рабочей силы, помимо указанных сдерживающих факторов, имеет также и свои специфические ограничители; в том числе социальные и политические.

Небезграничен и капитал — наличные производственные мощности. Как правило, в любой экономической системе в первую очередь используются самые современные и производительные их категории, а дополнительное вовлечение в производственный процесс незадействованных ранее предприятий, цехов и оборудования неизбежно приводит к снижению общей эффективности, что в условиях рыночной экономики ставит пределы рентабельному наращиванию производства продукции. А создание новых эффективных мощностей требует времени и дополнительных капиталовложений.

Последнее в полной мере относится и к технологиям. Применение инновационных способов соединения труда и капитала немислимо без инвестиций, привлечения и обучения кадров, расширения других узких мест производственного процесса. В лучшем случае время, необходимое для внедрения новых технологий, исчисляется месяцами.

Но экономическая динамика ограничивается не только со стороны предложения. Можно посмотреть на ту же самую проблему и с противоположного, спросового ракурса. Существенное увеличение производства любой продукции требует наличия платежеспособного спроса, который, разумеется, не может появиться мгновенно и ниоткуда, поскольку доходы также редко испытывают заметные скачки. Когда же покупательная способность расширяется благодаря кредиту, это рано или поздно будет компенсировано последующим сокращением спроса: ведь займы нужно отдавать, да еще с процентами. Даже нечастые проявления ажиотажного спроса на одни виды продукции обычно сопровождаются его снижением на какие-то другие товары и

У национальной экономики, как у всякого сложного механизма, по меньшей мере на краткосрочную перспективу существует некоторый достижимый оптимальный уровень оборотов, когда оказываются задействованы все легкодоступные ресурсы и эффективные способы их использования

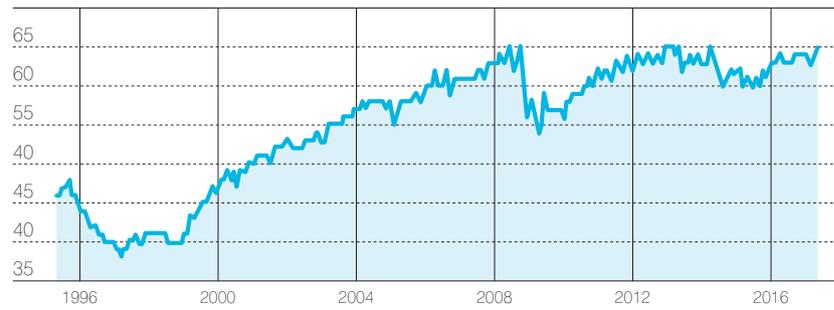
услуги, поэтому совокупный эффект на производство в масштабах экономики в итоге оказывается не таким уж большим.

Наконец, инерция экономики в определенной мере задается также инерцией мышления и ожиданий. Предприниматели палец о палец не ударят, пока не увидят заманчивых перспектив извлечения прибыли. Чтобы идея расширения производства одновременно завладела многими умами, необходимо совпадение сразу нескольких важных предпосылок, включая ресурсные и спросовые (что случается редко).

Все это подводит нас к простой мысли, что у национальной экономики, как у всякого сложного механизма, по меньшей мере на краткосрочную перспективу существует некоторый достижимый оптимальный уровень оборотов, когда оказываются задействованы все легкодоступные ресурсы и эффективные способы их использования. Иногда данный уровень — его еще называют потенциальным или естественным — в течение не очень продолжительного времени может быть превышен, но это, как правило, сопровождается различными негативными последствиями (например, разгоном инфляции или формированием кредитного пузыря). Обычно национальная хозяйственная система из-за действия циклических факторов оперирует на уровнях несколько ниже своего потенциала (разницу между двумя показателями принято именовать «разрывом ВВП»). Главная задача мер, осуществляемых в повседневном режиме правительством и центральным банком, — преодоление огра-

ЗАГРУЗКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ (%)

ИСТОЧНИК: РОССТАТ.



ЗАНЯТОСТЬ В ЭКОНОМИКЕ (МЛН ЧЕЛОВЕК)

ИСТОЧНИК: РОССТАТ.



Ведущие международные эксперты с большой осторожностью относятся к оценке потенциального роста ВВП для России

ничений для использования имеющихся резервов труда и капитала с тем, чтобы нарастить обороты экономики до оптимума.

Но помимо текущих мер экономической политики у государственных властей есть еще и гораздо более важная стратегическая повестка, связанная с обеспечением устойчивого долгосрочного развития, — не достижение границ потенциала экономики, а расширение этих границ. Соответствующие задачи решаются путем так называемых структурных реформ, которые направлены на позитивные изменения в структуре экономики и ее основных секторов. Расширения потенциала, в частности, можно добиться за счет увеличения количества и качества доступной рабочей силы (например, адаптация рынка труда для нужд работников старших возрастных категорий или совершенствование системы образования и профессиональной переподготовки), обеспечения благоприятного инвестиционного климата и привлечения иностранных капиталовложений, развития транспортной и социальной инфраструктуры, содействия научно-технологическим исследованиям и разработкам и т. п.

Посмотрим с этой точки зрения на российскую экономику.

Ведущие международные эксперты с большой осторожностью относятся к оценке потенциального роста ВВП для России. Это связано как с высокой степенью неустойчивости параметров российской экономики в прошлом, так и с ее структурной и региональной неоднородностью, а также со значительной зависимостью ВВП от внешнего сырьевого фактора.

Тем не менее определенные оценки сделать можно. Так, показатели загрузки производственных мощностей и количества занятых в экономике в последнее время находятся вблизи исторических максимумов (см. рис. 1 и 2).

Иными словами, выход на более высокие показатели экономического роста посредством стимулирования экономики — за счет бюджетных вливаний или снижения процентных ставок — в нынешних условиях, скорее всего, возможен, но чреват превышением экономикой своих естественных оборотов. Снижая ключевую процентную ставку в июне, Банк России повысил прогноз темпов увеличения ВВП в нынешнем году до 1,3–1,8%, при этом отметив, что экономический рост в стране вплотную приближается к потенциальному уровню. До его достижения остается примерно 0,2% ВВП, и, по мнению главного банка страны, в дальнейшем темп прироста ВВП быстрее 1,5–2% в год будет реалистичен только при условии проведения в экономике глубоких структурных преобразований.

Таким образом, расширение потенциала российской экономики и, следовательно, перспективные темпы социально-экономического развития зависят не столько от текущих подвигов Минфина и Центробанка, сколько от содержания программы реформ, которая в муках разрабатывается ныне различными экспертными группами. А еще в большей степени — от темпов и качества ее реализации уже будущим правительством.

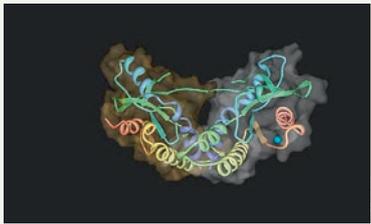
Альтернатива далеко идущим реформам — инерционное продолжение стагнации с постепенной утратой национальной конкурентоспособности по всем фронтам.

ОЛЕГ БУКЛЕМИШЕВ, кандидат экономических наук, экономический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова



БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА

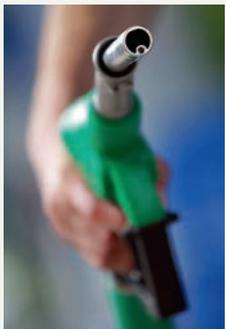
ИММУНОЛОГИЯ ДЛ Я ИММУННОЙ ТЕРАПИИ НЕ ГОДИТСЯ,
ЗАТО ГОДИТСЯ ДЛ Я АУТОИММУННОЙ



Ученые из Петрозаводского университета, Курчатовского института, Института биоорганической химии РАН и Национального научно-практического центра детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева вместе с коллегами из Университета Тафтса (Бостон) открыли новый подход к лечению аутоиммунных заболеваний. Открытие это стало следствием нежелательного побочного эффекта иммунотерапии рака, сообщает журнал *Cutting Age: The*

Journal of Immunology. Суть иммунотерапии проста: пометить тем или иным способом раковые клетки, чтобы они стали видны иммунной системе, — и клетки-киллеры уничтожат их. Перспективным маркером раковых клеток считалась система STING (Stimulator of Interferon Genes), одна составных частей врожденного иммунитета, в основе которой трансмембранный белок 173. Когда в клетку попадают вирусы (например, гриппа), этот белок заставляет клетку усиленно вырабатывать интерфероны. Интерфероны и сами борются с вирусами, а кроме того, их повышенная концентрация привлекает внимание клеток иммунной системы. Такие сигнальные свойства STING делают ее идеальным естественным (не синтетическим) маркером раковых клеток, если привязать к ним белок 173. Это удалось сделать в опытах на животных. Но как обнаружила группа российских и американских биологов под руководством профессора Александра Полторака из Петрозаводского университета, одновременно STING может активироваться и в Т-лимфоцитах, координаторах иммунной системы, и включать в них программу апоптоза, то есть самоубийства. Можно ли приспособить STING к иммунной терапии, непонятно. Зато найден путь для лечения аутоиммунных заболеваний. Эти неизлечимые болезни возникают, когда клетки-киллеры вдруг начинают считать клетки какого-нибудь из органов чужеродным белком и бросаются их убивать. Теперь найдена управа по крайней мере на управляющие Т-клетки, и это настоящий прорыв в аутоиммунной терапии.

МИКРОБИОЛОГИЯ МЕМБРАННЫЙ БЕЛОК НАУЧИЛИ
ПРОИЗВОДИТЬ ВОДОРОД



Ученые из МФТИ в содружестве с коллегами из США изобрели необычный способ добычи водородного топлива, подающего в наше время большие надежды своей экологической чистотой и более высоким, по сравнению с бензином или дизелем, КПД при сгорании. Синтезированные учеными липид-белковые мембранные нанодиски (бактериородопсин) в сочетании с популярным фотокатализатором, оксидом титана (TiO₂), производят водород из воды под действием света. Ранее, чтобы получить светочувствительный мембранный белок бактериородопсин, пришлось бы выделять его из определенного типа мембран микроорганизма *Halobacterium halobium*. Под действием солнечного излучения бактериородопсин начинает выкачивать протоны из клетки вовне, за счет чего клетка усиленно производит АТФ. Сравнительно недавно появились технологии, позволяющие синтезировать мембранные белки в лабораторных условиях и вовсе без участия живых клеток. При

помощи специального белка фосфолипиды (основные липиды, из которых состоят клеточные мембраны) заключаются в так называемые нанодиски, благодаря чему обретают целостную форму и способность к фотокатализу. А во взаимодействии с другим светочувствительным веществом — диоксидом титана — липид-белковые нанодиски значительно усиливают свою фотокаталитическую способность. Нанодиски поместили вместе с кусочками диоксида титана в водный раствор, добавив туда же кусочки платины, улучшающей фотокатализ. За считанные часы диоксид титана и нанодиски слипались друг с другом — белок бактериородопсин впитывал свет и передавал энергию диоксиду титана, а также переносил протоны, отделившиеся за счет платинового катализатора при реакции восстановления. Чтобы восстановление происходило более динамично, ученые добавили в раствор небольшое количество метилового спирта, служившего источником электронов для свободных протонов, образовавшихся при восстановлении. Для контроля получившуюся смесь вначале осветили зеленым светом, в результате чего смесь выделила небольшое количество водорода. Затем смесь поместили под белый свет, под которым водород непрерывно выделялся на протяжении двух-трех часов и выделилось его примерно в 74 раза больше, чем при зеленом освещении.

ОФТАЛЬМОЛОГИЯ БИОРАЗЛАГАЕМЫЙ ПРОТЕЗ ДЛ Я
ЛЕЧЕНИЯ ГЛ АУКОМЫ



В Новосибирском филиале МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова разработан первый в мире биоразлагаемый микропротез для лечения глаукомы. Глаукома — прогрессирующее заболевание, приводящее к необратимой слепоте. Повышенное внутриглазное давление при глаукоме постепенно разрушает клетки сетчатки, атрофируется зрительный нерв, и сигналы от глаза перестают поступать в головной мозг. Человек начинает видеть все хуже и хуже, пока совсем не слепнет. Один из создателей микропротеза, директор Новосибирского филиала, профессор Валерий Черных сообщил, что операция вживления отечественного импланта будет вдвое или даже втрое дешевле, чем импортного. При лечении глаукомы необходимо создать искусственный дренаж для оттока внутриглазной жидкости, чтобы снизить внутриглазное давление. Операция стандартная, но импортный имплант в течение пяти лет зарастает, отток жидкости прекращается, 30% операций с его применением неэффективны. Поэтому обновлять имплант, по словам профессора Черных, необходимо примерно раз в пять лет. Отечественная же разработка представляет собой биоразлагаемый дренаж, который состоит из двух полимеров: искусственного капролактама и натурального коллагена, микропротез максимально приближен по составу к тканям глаза и в течение четырех месяцев разлагается, а к этому времени у пациента с помощью протеза формируется новый, незарастающий канал для оттока глазной жидкости.



Диплококк из рода *Neisseria*, одна из супербактерий, устойчивых к подавляющему большинству антибиотиков

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО МОЖЕТ ВЫИГРАТЬ ВОЙНУ ПРОТИВ БАКТЕРИЙ

В мае этого года в работе «Mitochondria-targeted antioxidants as highly effective antibiotics», опубликованной в журнале *Scientific Reports*, коллектив авторов из МГУ впервые показал принципиально новый гибридный антибиотик: его действие направлено против мембранного потенциала бактерий, который обеспечивает болезнетворные клетки энергией.

Победа! — но только временная

В середине прошлого столетия человечество находилось в состоянии эйфории, связанной с невероятными успехами в лечении инфекционных заболеваний бактериальной природы. Многие бактериальные инфекции, вызывавшие ужасающие по количеству жертв эпидемии в средние века, превратились в карантинные инфекции, которые легко и эффективно вылечивались.

Этот успех стал возможен после открытия в 1920-х годах британским бактериологом Александром Флемингом первого антибиотика — пенициллина; он обнаружился в плесневых грибах *Penicillium notatum*. Спустя десятилетие британские ученые Говард Флори и Эрнст Чейн предложили способ промышленного производства чистого пенициллина. Все трое в 1945 году были удостоены Нобелевской премии в области физиологии и медицины.

Массовое производство пенициллина было налажено во время Второй мировой войны, что вызвало резкое уменьшение смертности среди солдат, обычно умиравших от раневых инфекций. Это позволило французским газетам накануне визита Флеминга в Париж писать, что для разгрома фашизма и освобождения Франции он сделал больше целых дивизий.

Углубление знаний о бактериях привело к появлению большого числа антибиотиков, разнообразных по механизму, широте спектра действия и химическим свойствам. Почти все бактериальные заболевания либо полностью вылечивались, либо серьезно подавлялись антибиотиками. Люди полагали, что человек победил бактериальные инфекции.

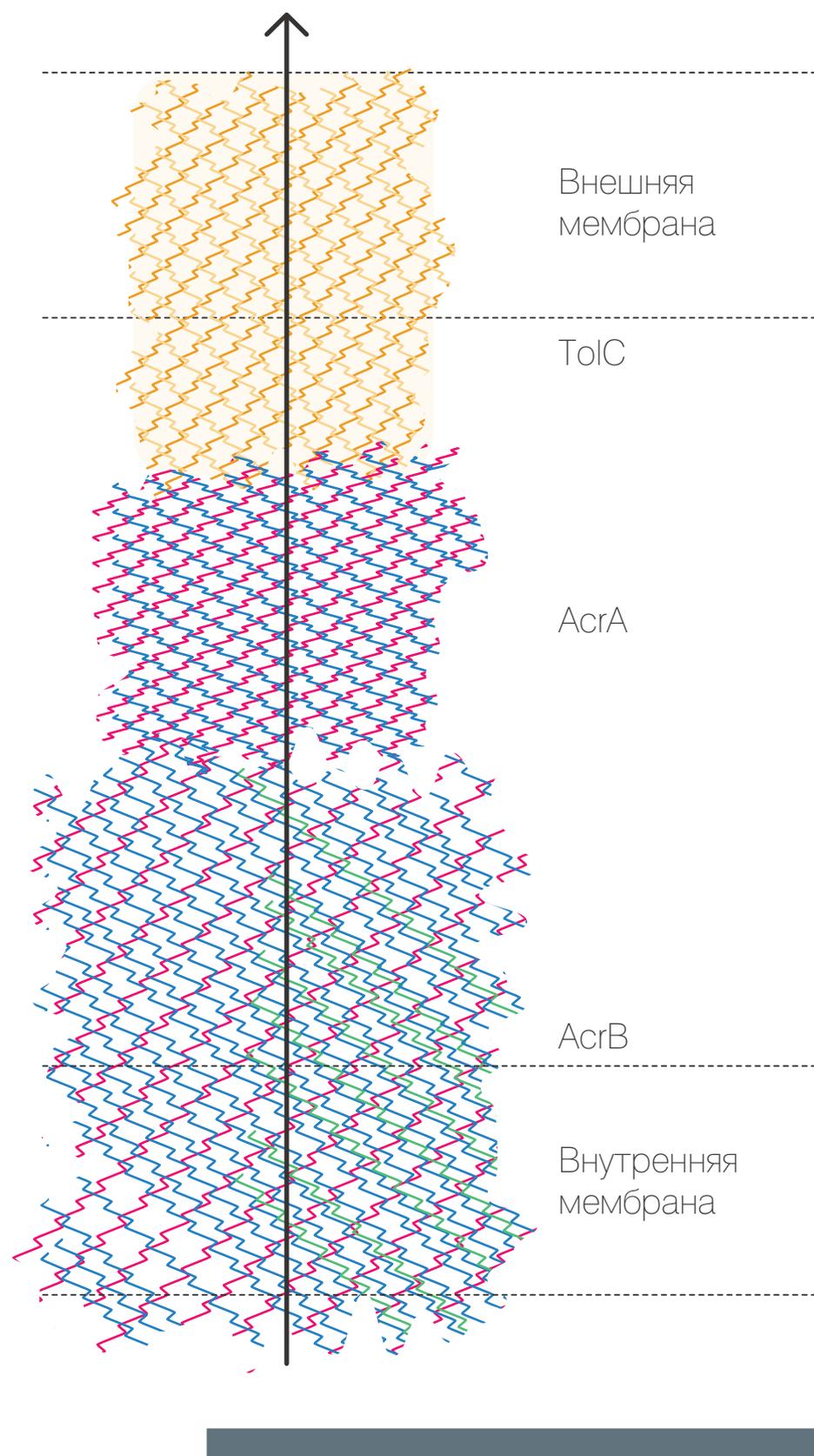
Мелкие очаги сопротивления — и поражение

Одновременно с успехами появились и первые признаки грядущей глобальной проблемы: случаи бактериального сопротивления антибиотикам. Прежде безропотно чувствительные к ним микроорганизмы вдруг становились индифферентны. Человечество ответило бурным развитием исследований и новыми антибиотиками, это привело лишь к увеличению числа препаратов и новой резистентности бактерий.

В мае 2015 года Всемирная организация здравоохранения признала кризисом бактериальное сопротивление антибиотикам и выдвинула Глобальный план борьбы с устойчивостью к противомикробным препаратам. Его следовало выполнить безотлагательно, свои действия должны были координировать многочисленные международные организации вроде защитников окружающей среды, и отрасли экономики — не только человеческая медицина, но и ветеринария, и промышленное животноводство, и финансовые институты, и общества защиты прав потребителей.

План, должно быть, так или иначе выполняется, но к несчастью, несмотря на это уже в сентябре 2016 года одна американская пациентка умерла от сепсиса. Такое бывает, и даже чаще, чем хотелось бы, но ее погубила так называемая супербактерия — *Klebsiella pneumoniae*, но не обычная, а устойчивая ко всем разрешенным в США 26 антибиотикам, в том числе к антибиоту «последнего резерва» колистину.

Итак, ученым стало очевидно, что бактериальные инфекции побеждают человечество, и современная медицина может быть отброшена во времена, предшествовавшие



КАК РАБОТАЕТ ПОМПА

Действие помпы можно проиллюстрировать на примере основной помпы множественной лекарственной устойчивости кишечной палочки — *AcrAB-TolC*. Эта помпа состоит из трех основных компонентов: (1) белка внутренней клеточной мембраны *AcrB*, который за счет мембранного потенциала может перемещать вещества через внутреннюю мембрану (2) адаптерного белка *AcrA*, связывающего транспортер *AcrB* с (3) каналом на внешней мембране *TolC*. Точный механизм работы помпы остается недостаточно изученным, однако известно, что вещество, которое помпа должна выбросить за пределы клетки, попадает на внутреннюю мембрану, где его ждет транспортер *AcrB*, связывается с активным центром помпы и затем за счет энергии встречного движения протона выкачивается за пределы наружной мембраны бактерии.

Стало очевидным, что бактериальные инфекции побеждают человечество, и современная медицина может быть отброшена на уровень, предшествующий открытию антибиотиков

открытию антибиотиков. Одним из главных вопросов, поднятых на международной конференции *ASM Microbe*, проводившейся в Новом Орлеане в июне 2017 года Американским обществом микробиологов, был такой: «Может ли человечество выиграть войну с микробами?». На той же конференции, кстати, отдельного внимания удостоилось движение *antimicrobial stewardship*, или управление антибиотикотерапией, которое имеет своей целью максимально разумно и достаточно, в соответствии с рекомендациями доказательной медицины, назначать антибиотики. Пока что законом такое обращение с антибиотиками стало только в одном месте в мире — в штате Калифорния, США.

Антиоксиданты направляются в митохондрию

Но решение, обходящее резистентность бактерий, можно считать, найдено — российскими учеными. В мае этого года в работе «*Mitochondria-targeted antioxidants as highly effective antibiotics*», опубликованной в журнале *Scientific Reports*, коллектив авторов из МГУ впервые показал принципиально новый гибридный антибиотик широкого спектра действия — митохондриально направленный антиоксидант.

Митохондриально направленные антиоксиданты (МНА) получили широкое распространение не только как инструмент исследований роли митохондрий в разных физиологических процессах, но и как терапевтические средства. Это конъюгаты, то есть соединения, состоящие из какого-либо хорошо известного антиоксиданта (пластохинона, убихинона, витамина E, ресвератрола) и проникающего, то есть способного преодолеть мембрану клетки или митохондрии, катиона (трифенилфосфония, родамина и др.).

Механизм действия МНА доподлинно не известен. Известно лишь, что в митохондриях они частично разобщают окислительное фосфорилирование, метаболический путь синтеза универсального клеточного горючего — аденозинтрифосфата, АТФ, что стимулирует клеточное дыхание и снижает мембранный потенциал и может приводить к защитному эффекту при окислительном стрессе.

Предположительно это выглядит так. МНА из-за своей липофильности (тяги к липидам или сродства с ними) связываются с мембраной митохондрии и постепенно мигрируют внутрь митохондрии, где, видимо, соединяются с отрицательно заряженным остатком жирной кислоты; составив комплекс, они теряют заряд и вновь оказываются снаружи мембраны митохондрии. Там остаток жирной кислоты захватывает протон, из-за чего комплекс распадается. Захватившая протон жирная кислота переносится в обратном направлении — и внутри митохондрии теряет протон, то есть, проще говоря, переносит его в митохондрию, отчего как раз и снижается мембранный потенциал.

Один из первых МНА был создан на основе трифенилфосфония в Оксфорде — английским биологом Майклом Мёрфи; это был конъюгат с убихиноном (или коферментом Q, принимающим участие в окислительном фосфорилировании). Под названием *MitoQ* этот антиоксидант получил значительную известность как перспективный препарат для замедления старения кожи, а также как возможное средство защиты печени при гепатитах и жировом ее перерождении.

БЕССМЕРТИЕ ГЕНРИЕТТЫ ЛАКС

Линия «бессмертных» клеток HeLa получила свое название по имени негритянки Генриетты Лакс (Henrietta Lacs, на фото). Клетки были получены из раковой опухоли ее шейки матки, без ее ведома и тем более согласия в феврале 1951 года Джорджем Гаем, врачом-исследователем питтсбургской университетской больницы имени Джона Хопкинса. Генриетта Лакс умерла в октябре того же года, а доктор Гай выделил одну конкретную клетку из эндотелия ее матки и начал с нее клеточную линию. Вскоре он обнаружил, что это уникально живучая культура, и начал делиться ею с исследователями по всему миру. Клетки, произошедшие от Генриетты Лакс, помогли человечеству при создании вакцины от полиомиелита, при определении числа хромосом в человеческой клетке (46), при первом клонировании человеческой клетки, наконец, при экспериментах с экстракорпоральным оплодотворением. Надо сказать, что происхождение клеток Джордж Гай держал в тайне — оно стало известно только после его смерти.



Позднее тем же путем пошла группа академика Владимира Скулачева из МГУ: на основе конъюгата трифенилфосфония с антиоксидантом пластохиноном (участвует в фотосинтезе) был создан эффективный *SkQ1*.

В соответствии с симбиотической теорией происхождения митохондрий, выдвинутой членом-корреспондентом АН СССР Борисом Михайловичем Козо-Полянским в 1920-х годах и американским биологом Линн Маргулис в 1960-х годах, между митохондриями и бактериями — много общего, и можно ожидать, что МНА будут воздействовать на бактерии. Однако несмотря на очевидную схожесть бактерий и митохондрий и десятилетний опыт работы с МНА во всем мире никакие попытки обнаружить антимикробное действие МНА не приводили к положительным результатам.

Загадка двух палочек

Прорыв случился в 2015 году: впервые антибактериальное действие МНА на примере *SkQ1* было показано в работе «Разобщающее и токсическое действие алкил-трифенилфосфониевых катионов на митохондрии и бактерии *Bacillus subtilis* в зависимости от длины алкильного фрагмента» — ее опубликовал журнал «Биохимия» в декабре 2015 года. Но то было описанием феномена: эффект наблюдался при работе с сенной палочкой (*Bacillus subtilis*) и не наблюдался при работе с палочкой кишечной (*Escherichia coli*).

Но дальнейшие исследования, которые легли в основу новейшей работы, опубликованной в журнале *Scientific Reports*, показали, что МНА *SkQ1* — высокоэффективный антибактериальный агент в отношении широкого спектра грамположительных бактерий. *SkQ1* эффективно подавляет рост таких надоедливых бактерий, как золотистый стафилококк (*Staphylococcus aureus*) — один из четырех наиболее частых видов микроорганизмов, вызывающих внутрибольничные инфекции. Так же эффективно *SkQ1* подавляет рост микобактерий, в том числе палочки Коха (*Mycobacterium tuberculosis*). Более того, МНА *SkQ1* оказался высокоэффективным средством против грамотрицательных бактерий, таких как *Photobacterium phosphoreum* и *Rhodobacter sphaeroides*.

И только в отношении кишечной палочки он был крайне неэффективен, а ведь именно *Escherichia coli* — та бактерия, которую микробиологи используют как модельный организм, что и было, по-видимому, причиной неудачных попыток ранее обнаружить антимикробное действие МНА.

Естественно, исключительная резистентность кишечной палочки вызвала весьма сильный интерес исследователей. К счастью, современная микробиология сделала большой шаг вперед в методологическом аспекте, и у ученых созданы целые коллекции микроорганизмов с делециями (отсутствием) некоторых генов, не вызывающими их гибель. Одна из таких коллекций — делеционных мутантов кишечной палочки — находится в распоряжении МГУ.

ПОСЛЕДНИЙ РУБЕЖ ПАЛ

Колистин считается антибиотиком последнего резерва — это старый препарат из класса полимиксинов, вышедший из употребления из-за своего токсического воздействия на почки. Когда обнаружили супербактерии, которые, кроме того что сами сопротивлялись известным антибиотикам, еще и обзавелись способностью передавать друг другу генную информацию, позволяющую сопротивляться антибиотикам, выяснилось, что во-первых, колистин губителен для всех этих бактерий, а во-вторых, бактерии не могут обмениваться генами резистентности к колистину, если вдруг таковая все-таки возникнет.

Увы, но в мае 2016 года в американское Хранилище мультирезистентных микроорганизмов, которое находится в структуре Исследовательского института имени Уолтера Рида (это структура армии США), поступила-таки бактерия, которая не просто была индифферентна к колистину, но еще и оказалась способна передавать генную информацию с этой резистентностью другим бактериям. Первый такой микроорганизм еще в 2015 году был зафиксирован в Китае, долгое время была надежда, что это единичный случай, но она не оправдалась. Особенно печально, что в США этим микроорганизмом оказалась всем хорошо знакомая кишечная палочка.

Исследователи высказали предположение, что резистентность может быть обусловлена работой какой-либо из помп множественной лекарственной устойчивости, имеющихся у кишечной палочки. Любая помпа плоха для инфицированного человека тем, что просто выбрасывает из бактериальной клетки антибиотик, он на нее не успевает подействовать.

Генов, отвечающих за действие помп множественной лекарственной устойчивости, у кишечной палочки много, и было решено начать анализ с продуктов генов, входящих в состав сразу нескольких помп, — а именно белка *TolC*. Белок *TolC* — канал на внешней мембране грамотрицательных бактерий, он служит внешней частью для нескольких помп множественной лекарственной устойчивости.

Анализ делеционного мутанта (то есть палочки без белка *TolC*) показал, что его резистентность снизилась на два порядка и стала неотличима от резистентности грамположительных бактерий и нерезистентных грамотрицательных бактерий. Таким образом, можно было заключить, что выдающаяся резистентность кишечной палочки — результат работы одной из помп множественной лекарственной устойчивости, имеющих в составе белок *TolC*. А дальнейший анализ делеционных мутантов по белкам — компонентам помп множественной лекарственной устойчивости показал, что только помпа *AcrAB-TolC* участвует в откачке *SkQ1*.

Резистентность, вызванная наличием помпы *AcrAB-TolC*, не выглядит непреодолимой преградой: антиоксидантный конъюгат *SkQ1* — также уникальное для этой помпы вещество, очевидно, можно будет найти для нее ингибитор.

Не только лечить, но и чинить

Но чтобы называться антибиотиком, *SkQ1* необходимо соответствовать множеству критериев, таких как (1) способность подавлять жизненные процессы микроорганизмов в малых концентрациях и (2) мало повреждать или вовсе не повреждать клетки человека и животных. Сравнение *SkQ1* с известными антибиотиками — канамицином, хлорамфениколом, ампициллином, ципрофлоксацином, ванкомицином и пр. — показало, что *SkQ1* действует на бактерии в таких же, как они, или даже более низких концентрациях. Более того, при сравнительном исследовании действия *SkQ1* на культуру клеток человека линии *HeLa* выяснилось, что в минимальной бактерицидной концентрации *SkQ1* не оказывает практически никакого воздействия

В мае 2015 года Всемирная организация здравоохранения выдвинула Глобальный план действий по борьбе с устойчивостью к противомикробным препаратам, признав бактериальное сопротивление антибиотикотерапии кризисом

на клетки человека — а замечают клетки *SkQ1*, когда концентрация антиоксидантного конъюгата становится более чем на порядок выше необходимой для бактерицидного действия.

Механизм действия *SkQ1* на бактерии оказался подобен действию МНА на митохондрии, однако общее действие на прокариотическую и эукариотическую клетку различалось. Одна из главных причин — пространственное разделение процессов генерации энергии (исключая субстратное фосфорилирование) и процессов транспорта веществ внутрь клетки, что, по-видимому, представляет собой существенное эволюционное преимущество, которое часто обходят вниманием при рассмотрении выгод от сожительства протомитохондрии и протоэукариота. Так как у бактерий генерация энергии и транспорт локализованы на клеточной мембране, то падение потенциала вызывает, по-видимому, остановку сразу обоих процессов, что приводит к смерти микроорганизма. В эукариотической клетке процессы транспорта веществ внутрь клетки локализованы на клеточной мембране, а генерация энергии происходит в митохондриях, что позволяет эукариотической клетке выживать при летальных для бактерий концентрациях МНА. Кроме того, разность потенциала на мембране бактерии и эукариотической клетки различается в пользу бактерий — и это тот самый дополнительный фактор, аккумулирующий МНА на мембране бактерий.

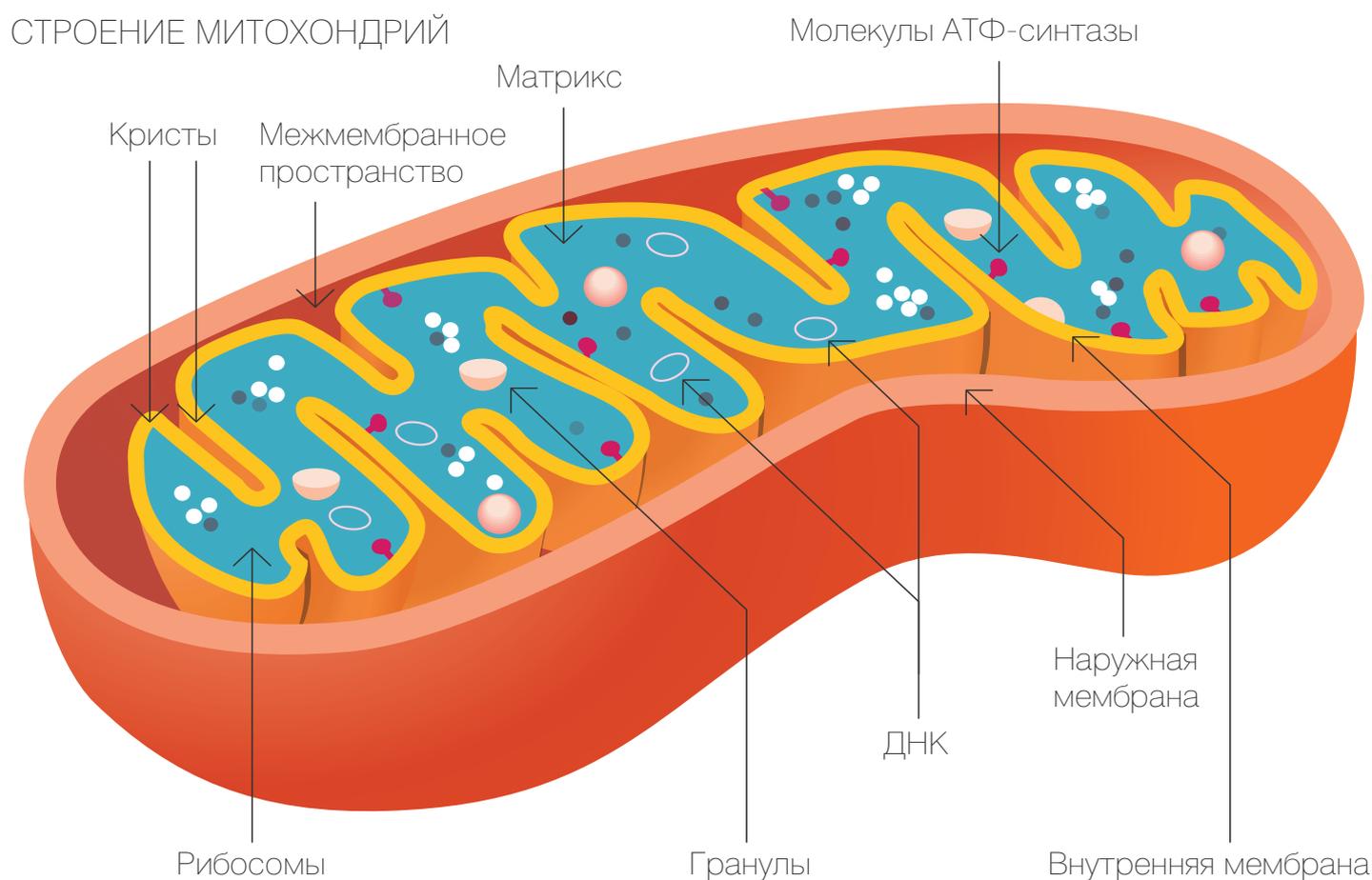
Рассматривая механизм действия *SkQ1* на бактерии, нельзя пройти мимо другого уникального свойства этого МНА — способности лечения поврежденных бактериями эукариотических клеток за счет антиоксидантных свойств. *SkQ1*, действуя как антиоксидант, снижает уровень вредных активных форм кислорода, образующихся при воспалении, вызванном бактериальной инфекцией.

Таким образом, *SkQ1* может быть признан уникальным гибридным антибиотиком широчайшего спектра действия. Дальнейшая разработка антибиотиков на его основе может позволить переломить ход войны человечества против все более совершенных микробов.

ПАВЕЛ НАЗАРОВ, кандидат биологических наук, НИИ Физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ

МИТОХОНДРИИ ПОМНЯТ, ЧТО ОНИ БЫЛИ БАКТЕРИЯМИ

Внутреннюю организацию клетки животных и растений можно сравнить с коммуной, где все равны и каждый выполняет одну, очень специфическую роль, создавая сбалансированный ансамбль. И вот только одна структура, митохондрия, может похвастаться множественностью внутриклеточных функций, которые определяют ее уникальность и обособленность, граничащие с некоторой самостоятельностью.



Эту структуру открыли в середине XIX века, и в течение 150 лет почти все считали, что ее единственная функция — быть энергетической машиной клетки. Грубо говоря, организм получает питательные вещества, которые после определенной деградации доходят до митохондрии и дальше происходит окислительная деградация питательных веществ, сопряженная с запасанием энергии в виде богатой энергией фосфорной связи в молекуле АТФ. Организм повсеместно использует энергию АТФ, расходуя ее на проведение нервного сигнала, мышечное сокращение, образование тепла, синтез нужных клеточных компонентов, уничтожение ненужных веществ и пр. В сутки в организме человека генерируется АТФ, весом равная весу самого человека, и в основном это заслуга митохондрий. До сих пор идут споры, существуют ли эукариотические (имеющие ядра) клетки без митохондрий. Пока четко доказанных подтверждений тому нет, считается, что ядерных клеток без митохондрий не существует.

Постулат доминирующей в клетке энергетической функции митохондрии как-то оставлял в тени уже давно высказанную и всеми поддерживаемую теорию бактериального происхождения митохондрий. В простой трактовке она выглядит так: около 600 млн лет назад в клетку т. н. гетеротрофов внедряется бактерия, которая умеет утилизировать кислород. Есть точка зрения, что появление внутри клетки нового типа бактерий было вызвано постоянным увеличением в атмосфере Земли кислорода, начавшим поступать из мирового океана в атмосферу около 2,4 млрд лет назад. Высокая окислительная способность кислорода представляла опасность для внутриклеточных органических и неорганических элементов, и появляются бактерии, уничтожающие кислород в присутствии ионов водорода с образованием воды. Таким образом внутри клетки содержание кислорода уменьшается, а с ним и уменьшается вероятность нежелательного окисления клеточных компонентов, что, наверно, полезно для клетки.

До сих пор идут споры, существуют ли эукариотические (имеющие ядра) клетки без митохондрий. Пока четко доказанных подтверждений тому нет, считается, что ядерных клеток без митохондрий не существует

Однако попадание в ядерную клетку бактерий давало им и ряд преимуществ, в частности, оно дало им эволюционную нишу с ограниченным объемом и окруженную мембраной. Можно было обеспечить больший запас различных веществ, которые можно «складировать» не внутри ограниченного собственного объема, а снаружи, но в пределах своей «собственности», где они не будут разворованы другими организмами. Это соображение подтверждается в условиях, когда клетка вдруг перестает получать кислород и питательные вещества (например, при прекращении кровотока в участок ткани, что происходит при инфарктах и инсультах). Митохондрия в этих условиях уже не может быть энергетической машиной клетки (производить АТФ без кислорода трудно) и превращается в паразита — она начинает поглощать АТФ для того, чтобы обеспечить генерацию разницы мембранных потенциалов на своей мембране и поддержать свои собственные процессы. Для чего это нужно митохондрии — пока не понятно, но полуавтономный статус митохондрии в клетке тут проявляется особенно заметно — подобное поведение в кризисных условиях выглядит довольно эгоистичным. Не для

Основными аргументами, подкрепляющими бактериальное происхождение митохондрий, является большое сходство химического состава бактерий и митохондрий и сходство элементов биоэнергетики

того ли она производит АТФ в количествах, превышающих нужды клетки, чтобы обеспечить себе «подушку безопасности» в условиях кризиса?

Попадание бактерий во внутриклеточную нишу обеспечивало и защиту от внешних врагов (а основные враги для бактерии — вирусы, то есть фаги). При этом было позволено выпускать сигнальные защитные вещества в ограниченный внутриклеточный объем; когда же бактерии существовали в «океане», выпуск таких сигнальных веществ был нерациональным — они немедленно разбавлялись в нем. Жизнь внутриклеточных бактерий в этой нише дала определенные преимущества: бактерии производят энергию и организуют в своей мембране белок, который выбрасывает в цитоплазму клетки синтезированный АТФ, чем клетка и пользуется. В итоге вроде бы наступает баланс: клетка дает митохондрии питательные субстраты, митохондрия дает клетке энергию, — что укрепляет теорию симбиотического взаимоотношения бактерий (они уже становятся митохондриями) с остальными частями клетки. Основными аргументами, подкрепляющими бактериальное происхождение митохондрий, является большое сходство химического состава бактерий и митохондрий и сходство элементов биоэнергетики. Одним из родоначальников эндосимбиотической теории происхождения митохондрий можно считать русского ботаника Константина Мережковского, который в конце XIX — начале XX века предположил, что хлоропласты (структуры растительных клеток, отвечающие за фотосинтез) имеют бактериальное происхождение. Позже аналогичное предположение было сделано и для митохондрий.

Из сказанного видно, что понятие симбиоза и некоторого «эгоистического» поведения митохондрий довольно размыто. Да и идеалистическая картина симбиоза была «омрачена» в самом конце XX века открытием, что митохондрии, выпуская сигнальные молекулы, отдающие приказ на уничтожение клетке, отвечают за ее гибель. То есть вроде бы все по пословице «сколько волка ни корми...». Однако надо взглянуть на ситуацию с другой стороны. Нужна ли клеточная смерть организму? Да, но не для всех клеток. Это обязательный процесс для тех клеток, которые постоянно делятся — иначе будет разрастание ткани, которое может быть нежелательным. Принципиально это и для предотвращения и лечения различного опухолеобразования. А вот для тех клеток, которые не очень умеют делиться, например, для нейронов или кардиомиоцитов, смерть не полезна. Если же рассматривать этот вопрос с позиции самих митохондрий, это выглядит как почти неприкрытый шантаж: или ты обеспечиваешь меня всем, что я хочу, или я убью тебя. С позиции же организма, все хорошо, когда митохондрия убивает неправильную клетку, и плохо, если убивает хорошую и нужную.

Приведенные выше рассуждения — это явный конфликт эволюционной стратегии и человеческой логики, пытающейся оценить ситуацию с позиции субъекта, внутри которого живут существа, способные из друзей превратиться во врагов. Этот конфликт не мешает исследователям понимать, что митохондрия, хоть она и «помнит», что была бактерией, активно участвует в функционировании клетки; важная роль митохондрий объясняет необходимость предоставления им привилегий. В определенных условиях они превращаются в источник наследуемых или приобретенных заболеваний — в частности, тех, которыми занимается митохондриальная медицина. Таких заболеваний — очень тяжелых и почти не поддающихся лечению — больше сотни. Да и помимо них есть великое множество болезней, предположительно обусловленных неправильным функционированием митохондрий. Существуют теории митохондриального происхождения рака, болезни Паркинсона, Альцгеймера и других — с весьма достойным научным подтверждением.

Сегодня выяснилось, что большинство болезней сопровождается сбоями в работе внутриклеточной машины проверки качества митохондрий, своеобразного ОТК, отбраковывающего плохие митохондрии и отправляющего их на внутриклеточное переваривание (митофагию). Сбой возникает, например, при старении организма, и ОТК пропускает неправильные митохондрии. В результате в клетке начинают сосуществовать хорошие и плохие митохондрии. Когда же доля плохих превышает некоторый порог, наступает т. н. «фенотипическое проявление» болезни, которая до сих пор носила невидимый, латентный характер.

Можно сделать два вывода. Во-первых, без митохондрий ядерные клетки существовать не могут. Во-вторых, чтобы защитить клетку от поражения (чем бы оно ни было вызвано: химией, физикой или просто временем), надо «договориться» с митохондриями, то есть обеспечить им «достойное» существование. Это означает не только постоянную подпитку их активности за счет доставки питательных субстратов и кислорода, но и предоставление им своеобразной медицинской страховки, которая при необходимости обеспечит восстановление их структуры и функций и/или правильную утилизацию поврежденных митохондрий. Отсутствие утилизации

поврежденных митохондриальных структур может привести к «заражению» здоровых структур, что непременно повлечет за собой заболевание. Сейчас трансплантация органов стала вполне рутинной процедурой, хотя все еще сложной и дорогостоящей. Развивается и клеточная терапия, то есть пересадка стволовых клеток. А вот о возможности пересадки здоровых митохондрий говорить только начинают. Проблем много, но ключевая роль митохондрий в жизнедеятельности клетки стоит того, чтобы их решить. Часто достаточно вылечить митохондрии — и вылечится клетка. Недавно для лечения последствий инсульта головного мозга оказалось достаточно обеспечить должное функционирование митохондрий почек. То есть наличие «разговоров» (по-английски это звучит более научно — cross-talk) между органами, и почка со своими митохондриями помогает восстановлению головного мозга.

На каком языке «общаются» органы, еще предстоит выяснить, — пока предполагают химический язык общения. Хорошая и здоровая почка со своими здоровыми митохондриями вырабатывает и посылает в кровь эритропоэтин (тот самый, приемом которого увлекались спортсмены и который не только стимулирует выработку эритроцитов, но и мобилизует общий метаболизм, что повышает выносливость). Эритропоэтин обладает сильными нейрозащитными свойствами. Стоит повредить почку, скажем, неумеренным приемом антибиотиков (антибиотики убивают и митохондрии, потому что они — бывшие бактерии), и последствия инсульта головного мозга становятся более драматическими. Так на базе фундаментальных открытий начинает просматриваться стратегия лечения болезней.

Возьмем, к примеру, сепсис — бактериальную инфекцию, одну из ведущих причин человеческой смертности. Сейчас уже можно — правда, пока шепотом — говорить и о «митохондриальном сепсисе», когда в кровь попадают компоненты митохондрий. Это не менее опасно, чем бактериальный сепсис, так как приводит к гиперактивации иммунного ответа (так называемый синдром системного воспаления, SIRS) и возможной гибели организма.

Как уже было упомянуто, естественными врагами бактерий являются вирусы. Это также верно и для митохондрий. Недавно открытая бактериальная система защиты от вирусов CRISPR (clustered regularly interspaced short palindromic repeats), имеющая все признаки элементарно организованной иммунной системы, заставила задуматься: нет ли иммунной системы у митохондрий? У бактерий эта иммунная система устроена следующим обра-

Есть великое множество болезней, предположительно обусловленных неправильным функционированием митохондрий

зом: в бактериальном геноме (структурно очень похожем на митохондриальный) располагаются своего рода библиотеки, или антивирусные базы данных — куски генов тех вирусов, с которыми эта бактерия когда-либо встречалась. При считывании информации с этих участков синтезируются так называемые малые РНК. Эти РНК связываются с внедрившимися в бактерию вирусными нуклеиновыми кислотами, а затем такой комплекс расщепляется внутрибактериальными ферментами с нейтрализацией вируса. В чистом виде подобных структур в митохондриальном геноме обнаружено не было, кроме одного-единственного случая, описанного еще на заре исследования CRISPR-системы. Однако мы обнаружили отдельные случаи включения вирусных последовательностей в митохондриальный геном (вирусов гепатита В и гриппа), хотя и довольно редкие для того, чтобы говорить о системе. С другой стороны, наибольшее количество различных структур в геноме мы обнаружили в митохондриях растений, чей геном в разы больше митохондриального генома животных. Это особенно любопытно, учитывая, что растения в целом гораздо больше полагаются на противовирусную защиту на основе интерферирующих РНК, чем животные, поскольку не обладают особыми иммунными клетками, свободно перемещающимися по организму в кровотоке. Кроме того, не стоит забывать, что митохондрии делегируют значительную часть функций клетки, включая передачу части своего генетического материала в клеточное ядро, оставляя себе только «контрольный пакет акций», обеспечивающий их контроль над ключевыми функциями. Вполне возможно, что подобные клеточные библиотеки также были переданы в ядро — явление передачи малых РНК из цитоплазмы внутрь митохондрий известно. А значит, среди них могут быть и иммунные РНК. С другой стороны, возможно, что митохондрии полностью передали функции защиты клетке, довольствуясь возможностью убить клетку, которая их плохо защищает.

Приняв тезис «митохондрии помнят, что они были бактериями», мы можем поменять многое в стратегии базового научного мышления и практической медицинской деятельности, так или иначе связанных с митохондриями. А учитывая количество функций, выполняемых митохондриями в клетке, это большая часть всех биомедицинских задач: от рака до нейродегенеративных заболеваний.

ДМИТРИЙ ЗОРОВ,
доктор биологических наук, МГУ им. М.В. Ломоносова

3D-ГЕНОМИКА ПОМОГАЕТ ПОНЯТЬ, КАК РАБОТАЮТ НАШИ ГЕНЫ

Исследования пространственной конфигурации ДНК в хромосомах выявили неожиданные, ранее не известные причины возникновения тяжелых заболеваний человека.

Возникновение трехмерной геномики

На протяжении десятилетий, прошедших с момента доказательства генетической функции ДНК в сороковых годах прошлого века, неизменными оставались представления о том, что мерой расстояния между любыми участками генома является протяженность разделяющей их цепочки ДНК. Сегодня мы знаем, что способность ДНК образовывать петли и другие сложные структуры дает возможность генам и элементам генома, управляющим их работой (энхансерам), оказываться поблизости друг от друга в пространстве клеточного ядра даже в том случае, если они разделены протяженным фрагментом ДНК (рис.1 на стр. 28).

В последние годы появились новые подходы, позволяющие изучать укладку геномной ДНК в клеточном ядре. Это положило начало развитию научного направления, которое мы называем 3D-геномикой. С использованием этих подходов было показано, что хромосомы разделены на структурно-функциональные блоки — топологически-ассоциированные домены (ТАДы). Участки генома из одного ТАДа контактируют друг с другом гораздо чаще, чем с участками из соседних ТАДов. Это позволяет представить ТАДы в виде относительно плотных клубков нити ДНК. Результаты многих экспериментов показывают, что энхансер может активировать только гены, расположенные внутри того ТАДа, где находится его энхансер.

Таким образом, ТАДы играют важную роль в управлении активностью генов. Удаление или повреждение участка ДНК, разделяющего соседние ТАДы, приводит к тому, что энхансер получает возможность активировать гены, которые в норме в данном типе клеток не работают, что может стать причиной возникновения тяжелых заболеваний, таких как рак, нарушения формирования половых признаков и сбои в развитии эмбриона (рис. 2 на стр. 28).

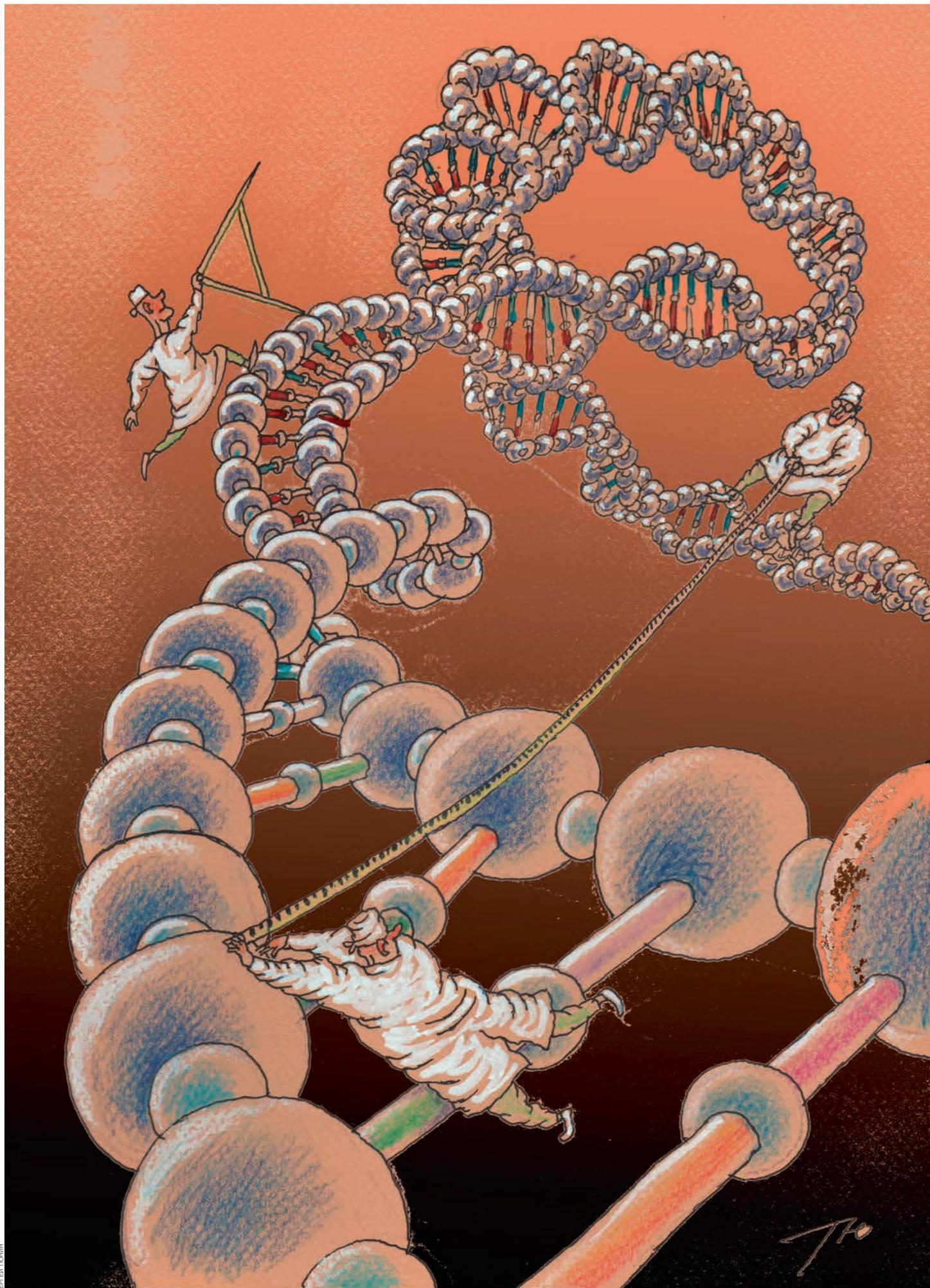




РИС. 1

Где проходят границы между ТАДами

Но что обеспечивает разделение генома на ТАДы? В решение этой проблемы существенный вклад внесла работа нашей лаборатории. Мы обнаружили, что организация геномной ДНК в ТАДы происходит в значительной мере самопроизвольно и регулируется простыми физическими законами. Наша работа была опубликована в престижном международном журнале *Genome Research* (doi: 10.1101/gr.196006.115), о ней много говорилось в прессе и по телевидению.

Суть полученных нами результатов заключается в том, что границами ТАДов являются участки генома, содержащие гены «домашнего хозяйства», то есть гены, которые работают во всех типах клеток и необходимы для под-

Работа с большим количеством клеток, как правило, позволяет установить средние, наиболее типичные значения тех или иных параметров клеточной физиологии, вроде «средней температуры» пациентов по больнице

держания базовых клеточных процессов. В силу ряда особенностей такие участки генома не могут сворачиваться в плотные глобулы, тем самым создавая «разметку» границ ТАДов в геноме.

Важно отметить, что помимо разнообразных биохимических техник мы использовали моделирование структуры генома на суперкомпьютере МГУ «Ломоносов», и результаты этого моделирования ясно свидетельствуют о том, что укладка ДНК в индивидуальных клетках может достаточно сильно различаться (рис. 3).

От клеточных популяций к индивидуальным клеткам

В подавляющем большинстве случаев в молекулярно-биологических исследованиях приходится использовать сотни тысяч и даже миллионы клеток в каждом эксперименте. Это связано с тем, что в одной клетке очень мало исследуемых молекул и это крайне затрудняет работу с ними.

Например, количество геномной ДНК в одной клетке человека примерно в сто тысяч миллионов раз меньше одного грамма. Работа с большим количеством клеток приводит к тому, что получаемые в эксперименте результаты, как правило, позволяют установить средние, наиболее типичные значения тех или иных параметров клеточной физиологии. В известном смысле полученную информацию можно уподобить «средней температуре» пациентов по больнице.

Безусловно, результаты исследований клеточных популяций позволили установить много важных закономерностей. Однако хорошо известно, что клетки одного типа, выглядящие под микроскопом совершенно одинаково, могут различаться по множеству разных биохимических параметров. Исследования работы генома в одной отдельно взятой клетке становятся «трендом времени» и уже внесли значительный вклад в понимание того, как осуществляется тонкая настройка работы нашего генома. Такие исследо-

При образовании петли ДНК даже далеко расположенные в ее цепочке гены и элементы генома, управляющие их работой, оказываются поблизости друг от друга

Контакты между энхансерами и промоторами, как правило, формируются внутри одного ТАДа. Удаление границы между смежными ТАДами приводит к их слиянию. В этом случае энхансер получает возможность контактировать с генами, работа которых в норме этим энхансером не контролируется, что чревато развитием патологий, например, рака

Рис. 2

Пространственная конфигурация генома в материнском ядре является наиболее базовой и позволяет из одной оплодотворенной яйцеклетки получить множество разных типов клеток взрослого организма

вания влияют и на развитие медицины, поскольку, например, события, происходящие в очень малой доле клеток, могут давать старт развитию опухолей. При изучении больших клеточных популяций такие события часто остаются незамеченными.

В совместной работе с австрийскими и американскими коллегами мы разработали новый экспериментальный подход, позволяющий анализировать укладку генома в индивидуальных клетках. С использованием этого подхода нам удалось построить существенно более детализированные карты пространственной организации генома мыши, чем в предшествующей работе английских коллег. Анализ полученных данных, недавно опубликованный в журнале *Nature* (doi: 10.1038/nature21711), предоставил веские доказательства того, что укладка генома существенно различается в индивидуальных клетках (рис. 4). По нашему мнению, это свидетельствует о том, что в клетке происходит постоянный перебор различных геномных конфигураций — а это обеспечивает возможность быстрой адаптации к изменяющимся условиям внешней среды.

Хотя в большинстве случаев проще изучать клеточную популяцию, чем индивидуальные клетки, для некоторых типов клеток популяционный подход вообще невозможно использовать, потому что эти клетки являются, что называется, штучным товаром. С использованием разработанного нами экспериментального подхода нам удалось изучить укладку отцовского и материнского геномов в оплодотворенных яйцеклетках (зиготах) мыши.

Совершенно неожиданно для себя мы обнаружили, что укладка геномной ДНК в материнском ядре в зиготе принципиально отличается от укладки генома в ядрах любого другого типа клеток. В ядрах всех прочих исследованных клеточных типов активные и «молчащие» области генома пространственно обособлены друг от друга. В материнском ядре зиготы же, напротив, этого не наблюдается. Наши результаты позволяют предположить, что конфигурация генома в материнском ядре является наиболее базовой, соответствующей так называемому состоянию тотипотентности, позволяющему в ходе эмбрионального развития из одной зиготы получить множество разных клеточных типов взрослого организма.

3D-геномика и медицина

Обсуждая новости молекулярной биологии, как правило, говорят о «геноме человека», или «геномной ДНК человека», или просто о ДНК. Но важно помнить, что в ядрах клеток нашего организма в норме содержится 23 разных молекулы ДНК, каждая из которых формирует отдельную хромосому, а все вместе они называются геномом.

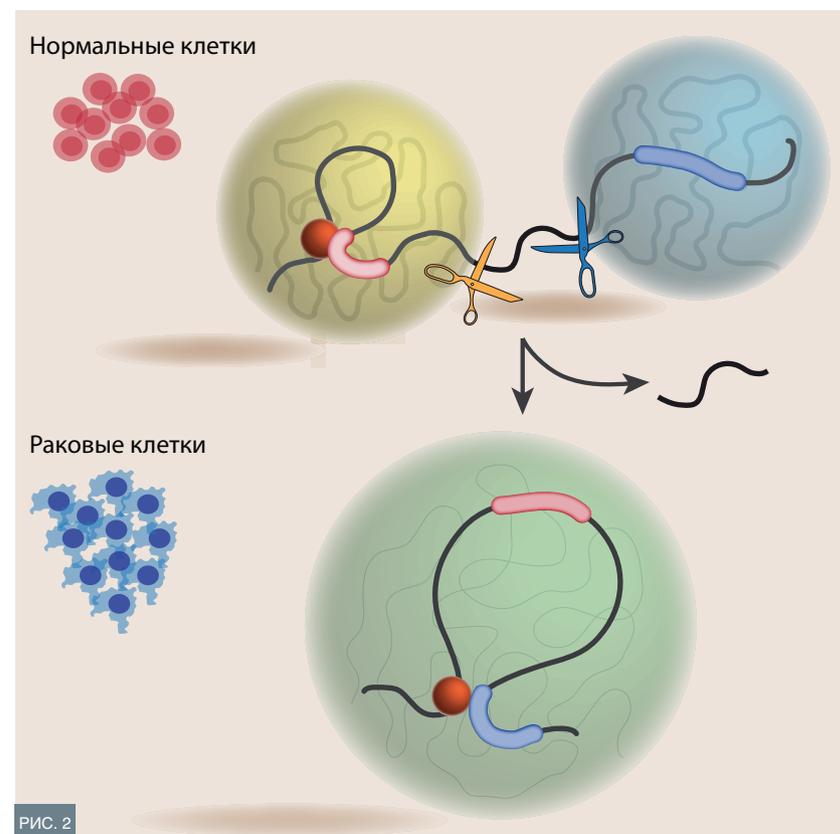


РИС. 2

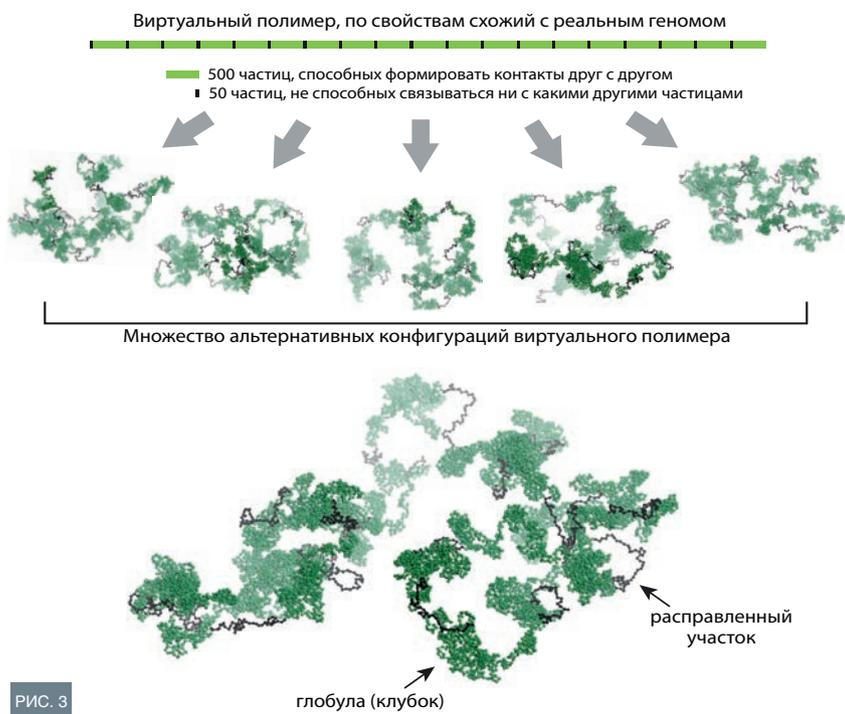


РИС. 3

Каждая хромосома уложена определенным, уникальным для нее способом и располагается в ядре клетки так, что территория, ею занимаемая, практически не пересекается с территориями соседних хромосом. В этом смысле ядро клетки напоминает земной шар, на котором есть много государств, занимающих определенные территории и разделенные границами. История знает множество примеров того, как события в одном государстве напрямую влияли на жизнь в соседних странах и на мировую политику в целом. В ядре клетки ситуация примерно такая же. Любые изменения в работе генома, будь то запуск или подавление экспрессии отдельных генов, или появление лишних копий тех или иных хромосом, могут повлиять на работу генов, напрямую не затронутых этими изменениями и расположенных в других хромосомах-государствах.

Простое перемещение определенного гена из одной области ядра в другую может запустить целый каскад процессов, который в конечном итоге ведет к развитию лейкоза

В качестве примера можно указать на результаты работы, которую мы выполнили с нашими французскими коллегами из Института Гюстава Русси. Результаты этой работы были опубликованы в престижном гематологическом журнале Blood (doi: 10.1182/blood-2013-06-510511). Мы убедительно продемонстрировали, что простое перемещение определенного гена из одной области ядра в другую может быть причиной его активации в клетках, где в норме он не работает. Это запускает целый каскад процессов, который в конечном итоге ведет к развитию лейкоза, первопричины которого было бы сложно понять без учета пространственной структуры генома. Важно отметить, что раскрытие принципиально нового механизма возникновения лейкозов создает базис для разработки путей борьбы с этими заболеваниями. Таким образом, исследования укладки геномной ДНК в ядре представляют интерес не только для фундаментальной науки, но и для медицины, способствуя более глубокому пониманию механизмов возникновения различных патологий.

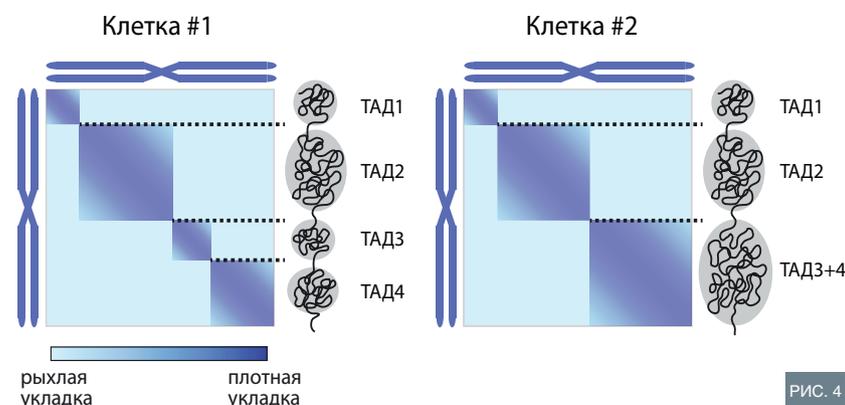


РИС. 4

— Мы можем исследовать пространственную организацию генома, используя суперкомпьютеры для моделирования структуры виртуальных полимеров, по физическим свойствам схожих с реальным геномом. На рисунке показано самопроизвольное сворачивание виртуального полимера, направляемое хаотическим движением молекул и электростатическими взаимодействиями

Эволюция 3D-организации генома

Поскольку трехмерная организация генома является одним из инструментов регуляции экспрессии генов, она должна быть объектом эволюции. В недавно выполненной в нашей лаборатории работе, результаты которой опубликованы в высокорейтинговом международном журнале Molecular Biology and Evolution (doi: 10.1093/molbev/msx100), мы показали, что это действительно так.

На примере эволюции кластеров глобиновых генов позвоночных животных мы продемонстрировали, что по мере их продвижения по эволюционной лестнице происходит утрата линейных сегментов хромосом, тогда как сегменты, организованные в глобулы (клубки), сохраняются (рис. 5). Скорее всего, это связано с тем, что у млекопитающих существенно возрастает роль удаленных энхансеров в регуляции активности генов. Установление контактов между такими энхансерами и подконтрольными им генами обеспечивается за счет образования петель ДНК, что и приводит к образованию глобул.

У позвоночных животных по мере их продвижения по эволюционной лестнице происходит утрата линейных сегментов хромосом, тогда как сегменты, организованные в глобулы (клубки), сохраняются

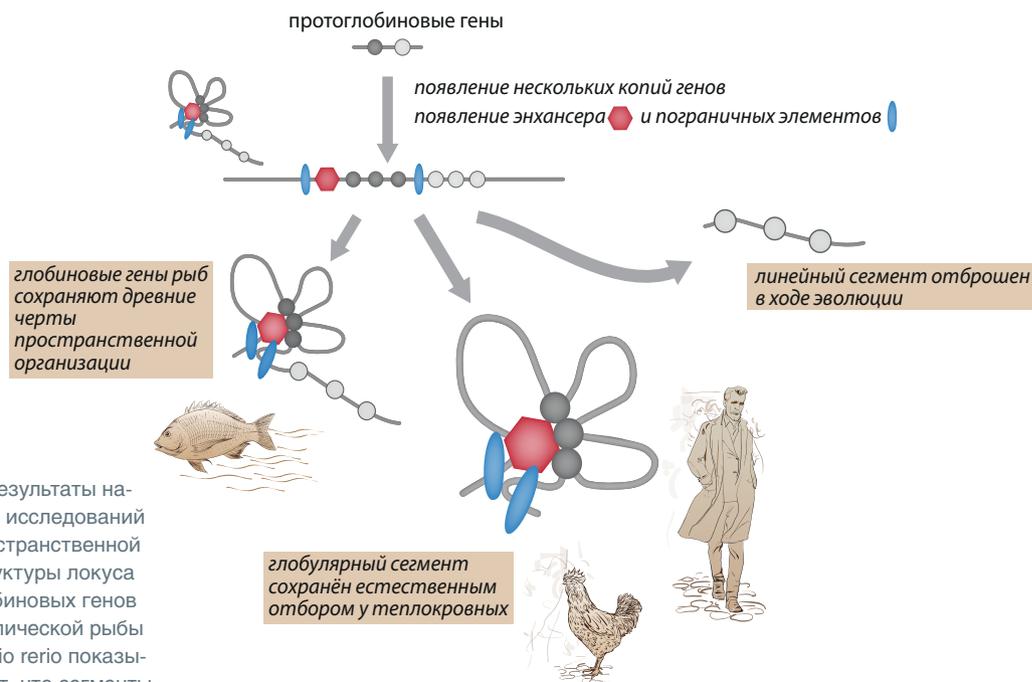


РИС. 5

— Результаты наших исследований пространственной структуры локуса глобиновых генов тропической рыбы Danio rerio показывают, что сегменты генома, способствующие установлению контактов между энхансерами и генами (организованные в петли), сохраняются в ходе эволюции. Линейные сегменты генома, напротив, отбрасываются естественным отбором

— Пространственная организация одного и того же участка генома может значительно различаться в разных клетках одной популяции. Так, он может быть свернут в одну плотную глобулу (TAD3+4) или разделен на несколько глобул (TAD3 и TAD4)

Заключительные заметки

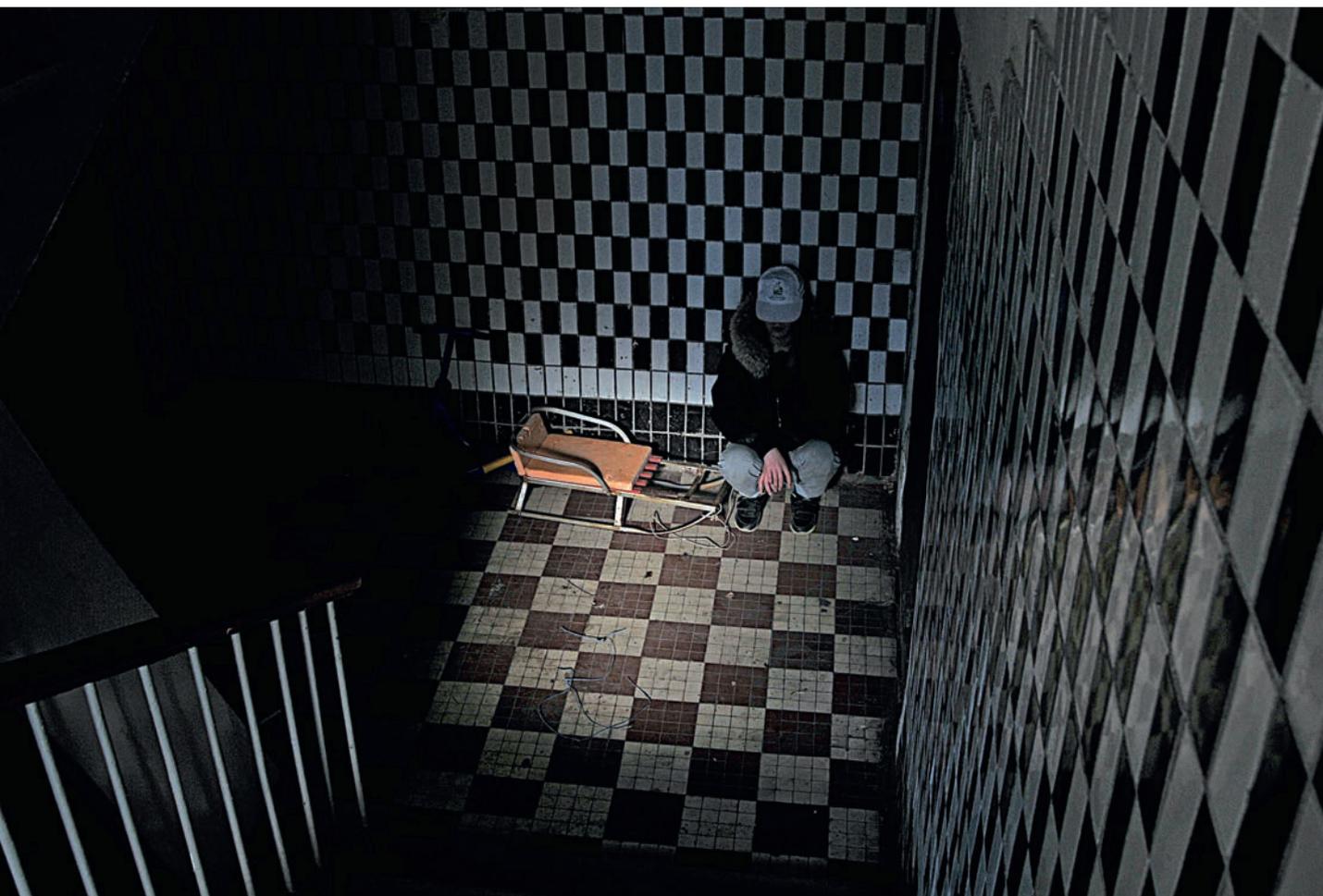
В последние годы отечественную науку часто и во многих случаях обоснованно критикуют за низкую продуктивность и отсутствие работ международного уровня. Выше мы показали, как одна сравнительно небольшая отечественная лаборатория успешно работает на переднем крае мировой науки, систематически публикуя результаты своей работы в наиболее престижных международных журналах.

Выполнение всех перечисленных выше работ стало возможным благодаря большому гранту Российского научного фонда. Значение такой поддержки трудно переоценить не только потому, что она обеспечивает возможность выполнения дорогостоящих работ, таких как массивированное секвенирование ДНК. Но еще важнее то, что такие гранты обеспечивают возможность привлечения к работе молодых исследователей, предоставляя разумную альтернативу отъезду за рубеж. По крайней мере в экспериментальной биологии адресная поддержка коллективов, работающих на мировом уровне (о чем можно судить по наличию публикаций в рейтинговых международных журналах), является, на наш взгляд, наиболее прямым путем к возрождению науки в нашей стране.

СЕРГЕЙ РАЗИН, член-корреспондент РАН, профессор, заведующий кафедрой молекулярной биологии биологического факультета МГУ им. Ломоносова, заведующий лабораторией Института биологии гена РАН; СЕРГЕЙ УЛЬЯНОВ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник биологического факультета МГУ им. Ломоносова и Института биологии гена РАН

ИНОГДА ПРИЧИНЫ ПСИХИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ СЛЕДУЕТ ИСКАТЬ В НЕСЧАСТНОМ ДЕТСТВЕ

В основе развития психических расстройств лежат многие причины — как психологические, так и биологические, причем вторые часто связаны с наследственностью. Существенное неблагоприятное влияние на психическое здоровье оказывают психические травмы детского возраста, в первую очередь различные виды физического, сексуального и эмоционального насилия.



Типичную сцену эмоционального насилия над детьми мы можем наблюдать ежедневно в любом российском городе: мать или отец кричат на ребенка. Нередко бывает так, что мать сама подвергается насилию (хотя бы эмоциональному) со стороны мужа либо один или оба родителя в детстве находилась в агрессивной среде, для которой повышенный тон и систематическое унижение со стороны окружающих — родителей, учителей, сверстников — является нормой. Серьезной травмой для ребенка является наблюдение домашнего насилия: например, когда ребенок видит избиение матери отцом или даже просто слышит злобные перепалки между родителями. По тяжести неблагоприятных последствий к пережитому в детстве насилию приравнивается пренебрежение детьми, подразделяющееся, в свою очередь, на физическое и эмоциональное. Пример физического

Исследования указывают на достоверную и весьма прочную связь между неблагоприятными событиями детства и многими психическими расстройствами, включая депрессию, тревогу, расстройства личности и даже психозы, в том числе у больных шизофренией

пренебрежения: младенец плачет в мокрых пеленках, ему холодно и неудобно, но мать занята своими делами (или пьяна) и не обращает на него внимания. Пример эмоционального пренебрежения — равнодушная реакция родителей на плач и другие проявления душевного неблагополучия ребенка.

Современные исследования показывают, что тяжелые стрессы детского возраста могут иметь необратимые последствия для развития мозга и психики. С пережитым в детстве насилием или даже просто нехваткой родительской любви связаны такие изменения личности, как снижение самооценки и неуверенность в себе, склонность к тревоге и плохому настроению, легкость возникновения чувства вины. Неблагоприятные последствия невзгод детского возраста противоположного характера — агрессия и склонность к криминальному поведению. Многочисленные исследования указывают на достоверную и весьма прочную связь между неблагоприятными событиями детства и многими психическими расстройствами, включая депрессию, тревогу, расстройства личности и даже психозы, в том числе у больных шизофренией. Показано, что насилие над детьми ухудшает психическое здоровье не только в детском возрасте, но и на протяжении всей жизни индивида. По данным исследователей из Института психиатрии Королевского колледжа в Лондоне, изучивших 23 544 случая депрессивного расстройства, плохое обращение с детьми не только существенно повышает риск развития депрессии в течение жизни, но и способствует таким ее неблагоприятным характеристикам, как затяжной характер, склонность к рецидивам и недостаточная реакция на антидепрессанты. Вызванные травмами детства снижение самооценки, депрессия и тревога повышают потребность индивида в алкоголе и других психоактивных веществах, включая никотин и запрещенные наркотики (следует отметить, что люди, страдающие психическими расстройствами, значительно чаще здоровых людей злоупотребляют алкоголем и другими психоактивными веществами, а индивиды с зависимостью от психоактивных веществ значительно чаще окружающих обнаруживают симптомы депрессии, тревоги и других психических расстройств). Алкоголь позволяет быстро и легко преодолеть психологический дискомфорт, связанный с житейскими невзгодами или психическими расстройствами, и с этим, в числе прочих причин, связана его способность вызывать зависимость. Таким образом, в основе проблем с алкоголем, возникающих у не слишком счастливых людей и лиц с уязвимой психикой, сплошь и рядом лежат медицинские факторы, а не пресловутые «распущенность» и «слабоволие». Известный американ-

ский детский психолог Линда Палмер (Linda F. Palmer) говорит о том, что испытанный еще в младенчестве стресс может иметь необратимые последствия для всей жизни индивида.

Невзгоды детского возраста не только причиняют вред психике, но и нарушают процессы нормального развития и созревания мозга, препятствуя, в частности, нормальному формированию отделов мозга, с работой которых связаны память, внимание и другие когнитивные (познавательные) функции. Таким образом, дурное обращение с детьми может послужить причиной их неважной успеваемости, а также недостаточной способности к обучению в течение всей последующей жизни. Этим механизмом (наряду с другими причинами) объясняются трудности подъема по социальной лестнице для выходцев из агрессивных социальных низов.

Под влиянием тяжелых стрессов, в том числе психических травм детского возраста, уменьшается объем гиппокампа с последующим ослаблением его функций. Гиппокамп — древняя и важнейшая структура мозга, с нормальным функционированием которой связаны, в частности, консолидация (закрепление) памяти, образование новых нервных клеток (так называемых нейробластов) и переработка негативного эмоционального опыта. Атрофия гиппокампа под влиянием тяжелого стресса способна приводить к необратимым последствиям.

Немецкий нейропсихолог Томас Эльберт (Thomas Elbert) полагает, что тяжелые травмы детского возраста (например, пребывание ребенка в заложниках у террористов) способны навсегда разрушить личность: «Если ребенок пережил душевную травму, то он остается ранимым всю жизнь. Некоторые эксперты усматривают в этом адаптацию к опасному окружению, стратегию выживания. Лично мне так не кажется. Скорее, человек упирается в потолок своих возможностей. Это (гиппокамп. — авторы) слабое место в мозге. Мы просто не созданы для такого чудовищного опыта в столь нежном возрасте». Весьма примечательно в приведенном высказывании опровержение устойчивого представления о том, что невзгоды детства закаляют характер. Противостояние внешней агрессии может повышать собственную агрессивность (отсюда склонность некоторых индивидов с неблагополучным детством к насилию и насильственным преступлениям) и способность давать отпор обидчикам (если не приводит к изменениям личности противоположного рода — подчиняемости и готовности вновь становиться жертвой насилия), но при этом почти всегда тяжелые душевные травмы приводят к повышенной психической уязвимости, а следовательно, провоцируют подверженность психическим расстройствам.

Следует еще раз подчеркнуть, что травматичным для детской психики является просто сам по себе недостаток родительской (в первую очередь материнской) любви, который может наблюдаться во внешне благополучных («приличных») семьях. Типичный пример из клинической практики: семья с высоким социальным положением, родители заняты карьерой, дочь не получает достаточной эмоциональной заботы — при том, что ни в чем материальном семья не испытывает недостатка. Дочь воспитывается в чрезмерной строгости. Мать (отчасти намеренно, отчасти из-за холодности характера) никогда ее не хвалит, но при этом никогда не упускает возможности указать на неправильное поведение (вещи в доме разбросаны), неидеальную успеваемость (четверка за диктант вместо пятерки) и прочее. Что происходит с ребенком? Девочка растет с заниженной самооценкой (при этом у нее высокий интеллект и очень недурная внешность, но девочка невысоко оценивает как первый, так и вторую). Низкая самооценка и склонность к самоуничтожению сохраняются, невзирая на отличный школьный аттестат и легкость поступления в хороший институт и последующую престижную работу. Девочка лишена честолюбия и карьерных устремлений, но быстро поднимается по служебной лестнице, поскольку умна, профессиональна и ответственна — никогда не подведет. Стоит отметить, что люди со склонностью к тревоге часто бывают подарком для работодателя — они никогда ничего не отложат на завтра, все сделают вовремя и с отличными результатами, они требовательны к себе и больше всего боятся не оправдать ожиданий и предстать в дурном свете перед руководством. Из-за низкой самооценки девочка выходит замуж за первого встречного (несмотря на великолепные внешние данные, она считает, что никому не нужна), и такой брак закономерно оказывается неблагополучным.

У таких детей может рано появляться и сохраняться на всю жизнь чувство вины перед матерью («мама не любит меня, потому что я не заслужила ее любви»). Неудачная семейная жизнь усугубляет вызванную

Всего лишь один день отделения от матери во всех случаях приводит к дезорганизации мозговых рецепторов и вдвое увеличивает число погибших здоровых нейронов у новорожденных крыс

Под влиянием тяжелых стрессов, в том числе психических травм детского возраста, уменьшается объем гиппокампа с последующим ослаблением его функций



травмой детства (отсутствием материнского тепла) склонность к тревоге и депрессии и еще больше снижает самооценку. Настроение снижено, в жизни ничего не радует (на работе — непрекращающиеся нагрузки и постоянные опасения не справиться с ними, дома — недалекий муж, с которым даже не о чем поговорить), никаких вдохновляющих перспектив не видно. И разумеется, в происходящем с ней девочка винит только себя. Ощущение собственного несчастья и никчемности побуждает начать иногда выпивать — главным образом, на корпоративных вечерах или в компаниях друзей (алкогольный дебют состоялся поздно, но не будем забывать, что девочка воспитывалась в строгости). Алкоголь здорово помогает уйти от неприятных переживаний, и

девочка постепенно втягивается в привычку выпивать и без компании; это происходит тем более легко, что дед по материнской линии изрядно выпивал и неоднократно лечился по этому поводу. Когда девочка впервые оказывается в психиатрической больнице, куда она обратилась по настоянию мужа и где у нее диагностировали алкогольную зависимость в сочетании с депрессией, и об этом узнала ее мать, первой и практически единственной реакцией матери были упреки в неблагодарности («Я тебя вырастила, дала тебе образование, и чем ты мне заплатила за это? Пьянством?!»). Попытки врача объяснить матери, что это именно она (в чем, впрочем, ее нельзя винить) передала дочери унаследованную от отца генетическую предрасположенность к злоупотреблению алкоголем и с детства задавила свою дочь, оказались тщетными и привели лишь к тому, что гнев матери обратился и на него самого.

Излишним было бы говорить, что материнские упреки усилили застарелое чувство вины перед матерью и усугубили переживаемый пациенткой дискомфорт (она ведь и сама казнит себя за свой алкоголизм, относя его на счет собственной распушенности). Среди людей, склонных к депрессии, тревоге, сомнениям, сниженной самооценке и другим разновидностям душевного неблагополучия, среди индивидов, испытывающих потребность в алкоголе, довольно много недолюбленных детей, и поэтому одним из самых надежных способов вырастить здорового ребенка — просто его любить. И чрезвычайно важно при этом не скрывать свою любовь от ребенка — об этом очень убедительно говорится в блестящем эссе «Травмы поколений» психолога Людмилы Петрановской.

Каким может быть младенческий стресс, обрекающий ребенка на последующие хождения к психиатрам и далеко не всегда успешное лечение? Ребенок плачет, потому что он один, у него мокрые пеленки и он хочет есть, но родители не подходят к нему: они где-то прочитали или услышали, что с первых дней в жизни детей следует держать в строгости для их же блага, чтобы не разбаловать, что кормить младенца нужно по часам, а не тогда, когда он просит об этом, и что пореже следует брать его на руки.

Нужно признаться, что авторы этой статьи весьма скептически относятся к психоанализу Зигмунда Фрейда. Многие постулаты психоанализа (особенно раннего, классического) представляются нам спекулятивными и умозрительными. Но с чем психоаналитик, вне всякого сомнения, попал «в десятку», так это с учением о ранней детской травме.

Британский психиатр и психоаналитик Джона Боулби (John Bowlby) утверждает, что с первых дней жизни ребенок должен находиться «в теплых, тесных и непрерывных связях с матерью или с той, кто ее замещает». Примечательно, что сугубо психоаналитическая теория привязанности, сформулированная Джоном Боулби почти три четверти века назад, находит подтверждение в самых современных доказательных биологических исследованиях, в том числе в опытах на животных. Показано, например, что всего лишь один день отделения от матери во всех случаях приводит к дезорганизации мозговых рецепторов и вдвое увеличивает число погибших здоровых нейронов у новорожденных крыс.

Подобные данные легко экстраполируются на человеческий вид, поскольку развитие нервной системы у всех млекопитающих подчиняется одним и тем же общим закономерностям.

«Балуите детей побольше, господа, вы не знаете, что их ожидает!» — говорил Владимир Набоков, называвший себя «трудным, своенравным, до прекрасной крайности избалованным ребенком».

ЮРИЙ СИВОЛАП, доктор медицинских наук, профессор кафедры психиатрии и наркологии Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова
АННА ПОРТНОВА, доктор медицинских наук, руководитель отдела детской психиатрии Федерального медицинского исследовательского центра психиатрии и наркологии имени В.П. Сербского, главный детский психиатр Москвы

Исследования и университетская наука

СПЕКТРОСКОПИЯ **КОСМИЧЕСКАЯ ПЫЛЬ НАУЧИТ,
КАК СЛЕДИТЬ ЗА ЗЕМНЫМИ ОТХОДАМИ**



В. БЕЛИН, ИОСО

Физики Дальневосточного федерального университета и их зарубежные коллеги разработали новый метод исследования пыли в космосе и в атмосфере Земли. Результаты их работ опубликованы в журналах *Optics Letters* и *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*. Метод основан на эффекте Умова: существует строгая математическая связь между отражающей способностью космического тела и степенью поляризации отраженного от него света. В начале XX века, когда профессор МГУ Николай Умов открыл эту связь, считалось, что закон верен только для крупных космических тел, таких как планеты. Теперь доказано, что закон Умова действует и для частиц пыли, размер которых сравним с длиной волны света, — хотя чем мельче частицы, тем меньше они похожи на идеальный шар. Кроме того, частица размером около микрона рассеивает свет иначе, чем макрообъект. Дальневосточные физики изучали рассеяние света частицами неправильной формы двух разных типов — и обнаружили, что они одинаково подчинялись закону Умова. Оказалось также, что по поляризации отраженного света можно оценить плотность и размеры частиц в пылевом облаке. «Закон Умова проявляется одинаково как на больших объектах, например Луне, так и на микронных частицах космической или атмосферной пыли. Этот эффект позволяет очень точно оценить концентрацию пылевых частиц — в земной атмосфере или в космосе», — говорит ведущий научный сотрудник Школы естественных наук ДВФУ Евгений Зубко. В атмосфере Земли ежегодно происходит перенос на тысячи километров миллиардов тонн вещества, в том числе отходов промышленности. Мониторинг этих аэрозолей станет точнее и информативнее.

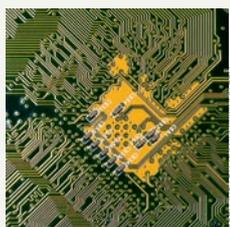
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ **МОДЕЛЬ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
НАНОСЭНДВИЧА ИЗ ГРАФЕНА С ПОЛИМЕРОМ**



М. И. ПЕТРОВ, С. Ю. ЖИЖИГА

Ученые Института математических проблем биологии РАН (ИМБП) смоделировали пьезоэлектрические свойства (способность индуцировать электрический заряд на своей поверхности при деформации) нового композитного материала с графеном. Модель позволила выбрать оптимальную структуру пьезоактивного композита в виде сэндвича из слоя полимера между двумя слоями оксида графена. В 2012 году пьезоэлектрические свойства были открыты у одной из разновидностей графена. Появилась возможность создавать пьезоактивные наноматериалы. Свой вклад в разработку таких наноматериалов внесли ученые из Московского института электронной техники, которые поставили себе цель повысить пьезоэлектрический эффект тонкой пленки полимеров за счет добавки оксида графена. Но вместо ожидаемого увеличения пьезоэлектрического коэффициента они получили его уменьшение. Тогда математики из группы компьютерного моделирования наноструктур ИМБП построили модели разных взаимодействий графеновой пленки с полимером (использовались поливинилиденфторид и политрифторэтилен) и имитировали электрическое поле. Модели показали, что при концентрации графена в композите 1% пьезоэффект сильно снижается, но при повышении концентрации начинает увеличиваться. Стала понятна и причина отрицательного воздействия графена на пьезоэлектрические свойства полимерного композита: они пропадали в двухслойной структуре полимер—графит, но резко усиливались, когда композит строился по принципу сэндвича графен—полимер—графен. У композитов на основе поливинилиденфторида более высокие пьезоэлектрические коэффициенты, чем других полимерных материалов, а в присутствии графена пьезоэлектрическая активность композита станет еще выше, что открывает возможность создать новый класс перспективных пьезоэлектрических наноматериалов.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ **ПЕРСОНАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ**



С. В. КОЗЛОВ, ИИЯ РАН

МОГУТ РАБОТАТЬ БЫСТРЕЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ

Ученые НИИ ядерной физики МГУ им. М.В. Ломоносова для расчета сложных уравнений квантовой механики вместо суперкомпьютеров используют обычные персональные компьютеры с мощным графическим процессором. Работа опубликована в июльском выпуске журнала *Computer Physics Communications*. Группа физиков под руководством профессора Владимира Кукулина нашла простое решение сложнейшей задачи. По словам профессора Кукулина, ученые сами не ожидали, насколько эффективным окажется их подход. Персональный компьютер с мощной видеокартой справляется с вычислением 260 млн сложных двойных интегралов за три секунды, а за 15 минут выполняет работу, на которую суперкомпьютеры, время работы на которых расписано между научными коллективами на годы вперед и стоит дорого, тратят два-три дня. Уравнения, о которых идет речь, сформулировал в 1960-х годах российский математик, академик Людвиг Фаддеев, для описания процесса рассеяния нескольких квантовых частиц. Это квантово-механический аналог классической задачи Исаака Ньютона о движении трех тел друг относительно друга — например, Солнца, Земли и Луны. Несмотря на кажущуюся простоту, решить эту задачу чрезвычайно сложно — существует всего пять формул, и все они описывают конкретное взаиморасположение: тела лежат на одной прямой, по углам равнобедренного треугольника и т. д. Академик Фаддеев создал уравнения для решения аналогичной задачи для небольшого числа квантов, но решать их оказалось невероятно сложно. Ситуация сдвинулась с мертвой точки только с появлением суперкомпьютеров. Главной проблемой было вычисление интегрального ядра — громадной таблицы, каждый элемент которой сам был результатом сложных вычислений. Но эту же таблицу оказалось возможно представить как экран с десятками миллиардов пикселей, а мощный графический процессор как раз и способен строить такие экраны. Физики из МГУ разбили вычисления на много тысяч потоков и смогли решить задачу. По тому же принципу можно решать другие вычислительные задачи — в физике плазмы, электродинамике, геофизике, медицине и др. Но главное в другом: теперь российские ученые не ограничены отсутствием доступа к суперкомпьютерам.



ИОСОРАН/ИИЯ

ЗОЛОТО, КОТОРОЕ ВЫПЛЕВЫВАЮТ БАКТЕРИИ

Центральный банк России — мировой лидер в закупках золота: в 2016 году он приобрел 201 тонну и довел золотой запас до 1615 тонн. В том же 2016 году Россия поставила рекорд добычи с советских времен: 262 тонны золота. Но легкие золотоносные руды кончаются, а большая часть оставшихся представлена так называемыми упорными рудами: это сульфиды и арсениды с очень мелкими вкраплениями золота. Извлечь его помогают бактерии.

Традиционные технологии обогащения — гидрометаллургические и пирометаллургические — для упорных руд, как правило, не годятся: и в том и в другом случае образуются значительные количества ядовитых и очень ядовитых отходов. Утилизация газообразных и пылевых выбросов, содержащих мышьяк и серу, как минимум затруднительна, а иногда и невозможна, экологический ущерб может быть огромен.

Решением технологической проблемы получения золота из упорных концентратов может стать разрушение кристаллической решетки сульфидных минералов: после этого золото становится доступно для извлечения традиционным гидрометаллургическим способом. А разрушить решетку проще всего с помощью биоокисления, или микробной трансформации минерала.

Невостребованная теория

Существенный вклад в развитие этой технологии внес Федеральный исследовательский центр фундаментальных основ биотехнологии РАН, где в последнее десятилетие разработаны методики микробной трансформации золотых руд отдельно для каждого из крупнейших российских месторождений — Нежданинского (Якутия, запасы 632 тонны), Самолазовского (Якутия, 36 тонн), Олимпиадинского (Красноярский край, 650 тонн), а также для армянского месторождения Арманис (18 тонн), казахстанского Николаевского месторождения (4,5 тонны), а также крупнейшего в мире узбекистанского месторождения Мурунтау (2500 тонн). Эти теоретические работы, к сожалению, остались невостребованными: предприятия-заказчики, владельцы месторождений, не воспользовались работой исследователей.

Есть надежда, что оскудение минерально-сырьевой базы России и стран СНГ вынудит горно-металлургический комплекс перейти к использованию биотехнологий — они уже хорошо зарекомендовали себя в мире. А лабораторные испытания биотрансформации сульфидно-арсенидной золотой руды, проведенные в Иргиредмете (Иркутск), показали высочайшую эффективность метода: извлечение золота составило 73–75%. Данные о практическом использовании этих блестящих результатов отсутствуют.

Другой вариант биотрансформации предложен Центральным научно-исследовательским геологоразведочным институтом цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ). Бедная (содержание золота 2,6 г на тонну) упорная золото-медно-цинковая руда содержала большую долю карбонатов (31%) — а они сильно осложняют обычное при обогащении золотых руд выщелачивание. Технологическая схема переработки руды с помощью бактерий состоит из четырех стадий: дробление (~10 мм); собственно бактериальное выщелачивание; извлечение золотосодержащих остатков из бактериальных растворов; гидрометаллургическая переработка с извлечением золота.

Измельченная руда помещалась в перколяторы (емкости, позволяющие циркулировать активному раствору), где на нее в течение 110–115 суток воздействовал бактериальный раствор. В сообществе бактерий состояли *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Acidithiobacillus thiooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans*, а также археи рода *Ferroplasma* (см. справку).

Результатом бактериального окисления сульфидов в сернокислой среде было накопление ионов железа и цветных металлов в бактериальном растворе — а благородные металлы (золото и серебро) концентрировались в твердых остатках, откуда и извлекались гидрометаллургическими методами. Извлечение золота составило 85,8%, а серебра — 73%.

Четыре цеха «Полюса»

Практический опыт биоокисления золотой руды есть у акционерного общества «Полюс», одной из крупнейших золотодобывающих компаний России — на Олимпиадинском горно-обогатительном комбинате. За время промышленной эксплуатации биоматериала в чанах-биореакторах сложилось устойчивое микробное сообщество, активно окисляющее сульфидные минералы концентрата. Особенностью этого сообщества является присутствие и хемолитотрофных, и гетеротрофных микроорганизмов. Хемоавтотрофы обеспечивают гетеротрофов органическими веществами, что исключает необходимость добавления их извне. В сообществе помимо *Sulfobacillus thermosulfidooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans*, неидентифицированных гетеротрофов и *Ferroplasma* состоит штамм бактерий,

■ ***Acidithiobacillus ferrooxidans*** присутствуют повсеместно в различных сульфидных месторождениях. Это неспорообразующие, подвижные клетки, имеют один жгутик, строгий аэроб. Размножаются поперечным делением. Образуют небольшие колонии, на которых в растворе обычно возникает янтарно-желтый осадок гидроокислов железа. Источники энергии для роста в хемолитоавтотрофных условиях: сера, тиосульфат, железо двухвалентное, уран, медь и другие металлы, сульфидные минералы.

■ ***Acidithiobacillus thiooxidans*** широко распространены в различных сульфидных месторождениях. Это неспорообразующие, подвижные клетки, имеют один жгутик, строгий аэроб. Источники энергии для роста в хемолитоавтотрофных условиях: сера, тиосульфат, сульфидные минералы (слабо).

■ ***Leptospirillum ferrooxidans*** — вибрионы спиралевидной формы, псевдококки. Подвижные, имеют один полярный жгутик. Спор не образуют. Грамотрицательные. Строгие аэробы. Облигатные хемолитоавтотрофы. Ацидофилы. В качестве источника энергии используют Fe²⁺ и FeS₂.

■ ***Sulfobacillus thermosulfidooxidans*** выделяются из различных сульфидных месторождений. Спорообразующие, неподвижные клетки, палочки с округлыми или заостренными концами, встречаются парами или в виде коротких цепочек. Строгий аэроб. Источники энергии для роста в хемолитоавтотрофных условиях сера, Fe²⁺, сульфидные минералы.

■ ***Ferroplasma*** — даже не бактерии, а археи, одноклеточные микроорганизмы, не имеющие ни ядра, ни прочих органелл и размножающиеся бесполо: бинарным делением, фрагментацией или почкованием. Хемоавтотрофы.



— Общий вид цехов «Био-1» (слева) и «Био-2»

названный в честь месторождения *Sulfobacillus olympiadicus*.

Первая в России промышленная биогидрометаллургическая установка «Био-1» состоит из пяти линий по шесть реакторов емкостью 450 м³ каждый. Реакторы и перемешивающие устройства разработаны и изготовлены собственными силами компании. Цех перерабатывает 3 млн тонн руды в год, суточная производительность его — 400 т флотоконцентрата. Многоступенчатое биоокисление позволяет добиться извлечения 94–97% золота.

Эксплуатация «Био-1» выявила некоторые сложности, в частности, рудный концентрат имел непостоянный состав, из-за чего могло происходить недоокисление сульфидов.

Эти проблемы были решены в цехе «Био-2», который состоит из трех линий по шесть биореакторов емкостью по 1000 м³. «Био-2» перерабатывает 5 млн тонн руды в год, суточная его производительность — 550–600 т флотоконцентрата. Цех «Био-3» введен в эксплуатацию в 2013 году. В нем одна линия из шести биореакторов емкостью 1000 м³ каждый. Суточная производительность — 200–235 т флотоконцентрата. Большой опыт эксплуатации биотехнологии извлечения золота позволил избежать ошибок предыдущих технологических линий — цехов «Био-1» и «Био-2» и добиться усреднения, то есть постоянного минералогического состава флотоконцентрата.

Сейчас строится цех «Био-4», пуск запланирован на конец 2017 года, его особенностью станет открытое размещение реакторов. В нем одна линия и восемь реакторов, каждый объемом 1000 м³. Основные физико-химические параметры процесса выведены на мониторы системы управления.

Биотехнология защищена патентом РФ №2410452 со сроком действия до октября 2029 года. Патентообладатель — «Полюс».

КОНСТАНТИН ГОДУН, заместитель генерального директора компании «Алмазинтех инжиниринг»

ХЕМОЛИТОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ

Хемолитотрофия — способ существования, обнаруженный только у прокариот (одноклеточных организмов, не обладающих клеточным ядром), при котором источником энергии служат реакции окисления неорганических соединений, например серы или сульфидных минералов. Хемолитотрофные бактерии открыты русским микробиологом С.Н. Виноградским.

Хемолитотрофные бактерии, окисляющие сульфидные минералы, используют в качестве источника энергии двухвалентное железо, элементарную серу и ее восстановленные соединения (процесс идет в кислой среде в диапазоне температур 4–60°C). Среди них есть мезофильные, оптимум активности которых лежит в диапазоне 28–35°C, есть умеренно термофильные, для которых оптимум 40–55°C, и термофилы (любители тепла), предпочитающие жить при температуре выше 60°C. Биогидрометаллургическая технология позволяет окислять сульфидные минералы и, таким образом, вскрыть тонкое вкрапленное золото, а также перевести мышьяк и сурьму — спутников драгоценных металлов — в нетоксичные соединения.

Интересно отметить, что именно в золоторудных месторождениях России были открыты новые группы микроорганизмов, которые играют ключевую роль в технологических процессах, например, бактерии рода *Sulfobacillus*, включая *Sulfobacillus sibiricus* и *Sulfobacillus olympiadicus*.

РОССИЯ — ПИОНЕР БИОГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ

Наша страна — одна из первых, где разрабатывались чановые бактериальные методы как самостоятельное направление в области обогащения и переработки полезных ископаемых. Основные положения биотехнологии разработаны в СССР в 70–80 е годы прошлого столетия. В работе принимали участие МИСиС, ЦНИГРИ, ИМНИ РАН, УНИПРОмедь, ИРГИредмет, ИБФ СО РАН. В результате была создана и в 1974 году запущена первая в мире опытная установка по биогидрометаллургической переработке упорных золотосодержащих концентратов.

На базе опытной установки в Тульском филиале ЦНИГРИ в укрупненном масштабе испытаны технологические схемы переработки упорных руд практически всех месторождений (порядка 30, в том числе Бакырчик, Нежданинское, Олимпиадинское, Майское и т. д.) с применением бактериального выщелачивания концентратов.

Испытания показали, что извлечение золота из упорных концентратов различного состава достигало 90,0–98,4%.

ДРЕВНИЕ ЗАПИСИ НА ПЫЛИ

Пыльца и споры травянистых растений и деревьев имеют очень прочную оболочку и поэтому хранятся миллионы лет. По их составу ученые восстанавливают картину природы прошлых тысячелетий, уточняют климат, состав почвы, растительный покров и могут описать среду обитания древних людей и животных.



Так, ученые Института археологии и этнографии СО РАН выяснили, что начало скотоводства древних людей в Барабинской низменности (7–5 тыс. лет назад) совпадает со временем повышения температуры, когда стали исчезать хвойные леса и низменность фактически превратилась в полноценное пастбище. Эти данные подтверждаются находками костей лошади, овцы и козы, датированные тем же периодом.

Архив со дна озера

Термин «палинология» происходит от латинского слова *pulvis* — «пыль». Палинологические записи — один из самых надежных и достоверных архивов для изучения природы прошлого. Размер пыльцевых зерен составляет от 7–10 до 250 микрон (чаще всего 20–60 мкм). Пыльца всех травянистых и древесных растений имеет очень прочную биополимерную оболочку, которая сохраняется на протяжении многих тысяч лет. Она похожа на хитиновый покров насекомых, но еще прочнее. Растения производят много пыльцы, поэтому при исследовании успешно применяют статистический подход. С каждого образца взятого грунта насчитывают не менее 300 пылинок. После промываний, центрифугирования и многократной обработки кислотами и щелочами иногда из нескольких килограммов отобранного грунта остаются доли грамма искомого материала.

— По присутствию пыльцы одних растений, ее количеству, процентному соотношению и сочетанию с пыльцой других растений можно выяснить не только, что именно росло на конкретной территории в исследуемый период, — поясняет сотрудница ИАЭТ СО РАН, кандидат биологических наук Наталия Рудая. — Эти данные говорят о средней летней температуре, о влажности и составе почв. Отсюда становится понятно, какая среда обитания была у человека и животных в данной местности. Из горстки пылинок информация накапливается и разрастается, восстанавливая целые картины природы ушедших тысячелетий.

Полученную информацию можно проверить и подтвердить результатами археологических раскопок — находками костей животных, птиц, рыб.

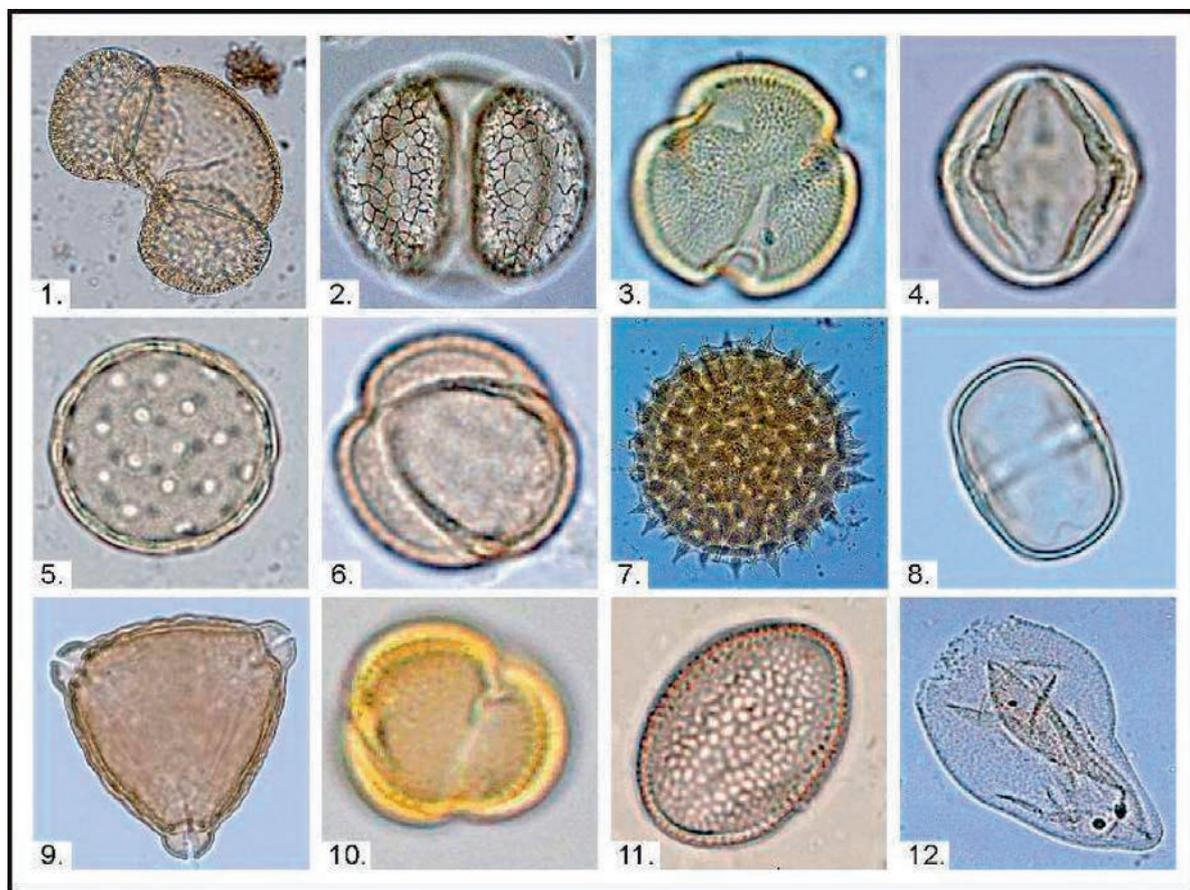
Привести в соответствие или, выражаясь научным языком, скоррелировать эти процессы невозможно: и археология, и палинология опираются на факты, которые либо соответствуют друг другу, либо нет.

— При исследовании Барабинской лесостепи мы использовали пыльцу из донных отложений озера — самый богатый и качественный источник информации, — рассказывает сотрудница ИАЭТ СО РАН Снежана Жилич о работе по гранту Российского научного фонда. — Наиболее древние озера содержат информацию о своем регионе за миллионы лет. Нижние слои отложений озера Большие Тороки в Каргатском районе Новосибирской области имеют возраст около 8 тысяч лет.

Чем древнее слои, которые изучают археологи, тем меньше вероятности обнаружить в них что-либо, кроме каменных предметов. Нечасто исследователям удается найти при раскопках древесины, кожу, ткани или человеческие останки. Для их сохранности нужны особые условия — сухой и холодный климат, отсутствие больших колебаний температуры, нейтральный состав почвы. Пыльца же и споры растений дают археологам, геологам, географам и антропологам массу информации об окружающем ландшафте, характере растительности и климате в определенные периоды.

Самые интересные результаты получаются, когда данные разных наук дополняют друг друга. Например, тип добывания пищи напрямую зависит от окружающего природного ландшафта

— Ископаемое пыльцевое зерно тсуги, Джазатор, Алтай



По словам Натальи Рудой, брать пробы пыльцы и спор с палеолитических находок не имеет смысла: с камня все осыпается. Она пояснила, что анализы пыльцы берутся прямо из глубоко залегающего грунта, с вертикального среза. Лучший вариант для сбора пыльцы это керн со дна озера. Озера — идеальные архивы пыльцы. Она отлично сохраняется в безвоздушной среде и успешно датируется, поскольку слои оседают последовательно. Недавно сотрудники ИАЭТ проанализировали керн из Телецкого озера до возраста 4 тысячи лет. В трубку длиной несколько метров аккуратно набирается колонка керна. На Байкале, например, высота колонки керна составляет 600 метров. Кроме пыльцы и спор растений на дно озера оседают мелкие частицы угля и цисты паразитов. По слоям мелкого угля можно с высокой точностью датировать периоды больших пожаров. Цисты паразитов, в частности, власоглава — крупного глиста, который обитает в толстом кишечнике человека, найдены в пещерных слоях неолитического времени. В слоях эпохи палеолита цист власоглава ученые не обнаружили.

Откуда в пещере пыльца?

Наталья Рудая рассказала, что с помощью анализа пыльцы и спор из древних захоронений можно, например, узнать, что употребляли в пищу животные и люди. В мумиях, а также на скелетах животных и людей нередко обнаруживают пыльцу сельскохозяйственных и диких растений. В 1991 году в Тирольских Альпах на высоте 3210 м альпинисты нашли замерзшее тело неолитического человека, который, как выяснили ученые, жил около 5200 лет назад. По составу пыльцы на его одежде исследователи смогли узнать, что в свой последний день он проделал очень длинный путь: спустился из субальпийского пояса в долину, а потом опять поднялся в горы. За 9–12 часов до гибели он шел через лиственный лес, потом поднялся в хвойный, где последний раз поел, а затем вскарабкался на перевал, на котором и погиб. В остатках еды и образцах тканей кишечника погибшего были обнаружены пыльцевые зерна пшеницы, маревых, примулы, калужницы болотной, папоротника орляка, которые, похоже, были частью рациона, так как их содержание в образцах было значительным. Также были найдены частички древесины хвойных, что может говорить о приготовлении пищи на открытом огне. А пыльца пшеницы-однозернянки (полба) означает возможное существование в то время примитивной культуры земледелия. Массу вопросов у исследователей всего мира вызвала пыльца, покрывавшая могилу неандертальца, найденную в пещере Шанидар в начале 1970-х годов. Возраст погребения составил 60 тысяч лет. Пыльца цветов не могла сама собой появиться в глубокой пещере в таком количестве, ведь легучесть у цветочной пыльцы, в отличие, например, от сосновой, невысока. Следовательно, тело умершего могли осыпать цветами. А это, в свою очередь, могло означать, что современный обряд захоронения людей появился еще в неандертальские времена. Но пробы, не так давно взятые из этой пещеры, показали, что в

Различия форм пыльцы позволяют безошибочно определить, какому растению она принадлежит: 1 и 2 — сосна обыкновенная, 3 — горечавка, 4 — шиповник, 5 — терескен, 6 — ревень, 7 — ипомея, 8 — noneя, 9 — лох, 10 — полынь, 11 — черемица, 12 — осока

ней и сейчас есть пыльца уже современная. Ее могли принести и пчелы, и посетители пещеры, и животные. Даже ветер. Правда, обнаруженная пыльца оказалась не только от сложноцветных, но и от многих других растений, растущих в окрестностях пещеры. Так что версия о принесенных к могиле букетах пока все-таки остается наиболее близкой к достоверной. Наталья Рудая отметила, что в Чагырской пещере Алтайского края также обнаруживается современная пыльца сложноцветных, хотя вокруг пещеры пробы не показывают такое количество пыльцы. Кто же приносит ее туда? Пчелы? Турбулентные потоки воздуха? Эта загадка, которую ученым еще предстоит решить.

Тысячи древних микроулик

Иногда пыльца является единственным свидетельством какого-то исторического явления. Так, признаки земледелия в виде пыльцы возделываемых культур могут быть обнаружены там, где не сохранились соответствующие орудия труда, и даже в археологически «стерильных» слоях (с полным отсутствием находок), например, в торфяниках, озерных или пойменных отложениях. Недавняя публикация международной группы палинологов и палеоботаников показала, что земледелие для Западной Сибири возникло в конце II — начале I тысячелетия до н. э.

Еще одна археологическая загадка, которую помогли разгадать палинологические исследования, связана со знаменитой китайской Терракотовой армией, захороненной в мавзолее первого императора династии Цинь — Цинь Шихуанди — в 210–209 годы до н. э. С начала раскопок (1974 год) исследователи не могли определить место изготовления терракотовых фигурок воинов и коней, так как печи, где могли обжигаться фигурки, не были найдены. Ответ на этот вопрос был получен после изучения пыльцы, которая сохранилась в трещинах толстого слоя терракоты фигурок и в образцах почвы мавзолея.

Выяснилось, что пыльцевые комплексы ясно могут быть разделены на две группы: один встречался в фигурках воинов, а второй — в фигурках лошадей. Сравнение пыльцевых комплексов фигурок и пыльцы из почвенных проб показало, что воины и лошади изготавливались в разных местах.

Но палинологи сотрудничают не только с археологами, но и с геологами, биологами, географами. Так, благодаря их исследова-

Самые интересные результаты получаются, когда данные разных наук дополняют друг друга. Например, тип добывания пищи напрямую зависит от окружающего природного ландшафта

нием стало известно, что широколиственные деревья, произраставшие в Западной Сибири десятки тысяч лет назад, полностью исчезли с этих территорий после ледникового периода. В сибирских лесах не встретить лещину (фундук), дуб, липу или граб. При этом искусственные посадки липы прекрасно приживаются и растут, значит, местный климат и почва им подходят, однако естественного покрова этих лесов пока так и не появилось.

Тундростепь кругом

По остаткам пыльцы в древних отложениях ученые обнаружили, что в период плейстоцена, когда по планете бродили мамонты, бизоны и шерстистые носороги, на огромных территориях Евразии и Северной Америки был распространен такой тип ландшафта как тундростепь. Реликтовые участки тундростепей до сих пор можно встретить в Хакасии и Саяно-Алтае. Это была местность с сухим и холодным климатом, поросшая не мхами, как тундра, а степными травами, преимущественно злаковыми. Этими травами питалась вся вышеперечисленная мегафауна на протяжении короткого лета и долгой бесснежной зимы, поскольку после засушливой осени густая трава превращалась в богатые запасы сена. Позже, когда климат стал более теплым и влажным, а ледники отошли на север, эти богатые пастбища поросли кустарником, а затем и хвойными лесами и стали абсолютно неподходящими для проживания мегафауны. В наше время тундровые (олень) и степные (сайгак) животные, а также насекомые и растения распространены на разных территориях.

Климат правит практически всеми процессами на нашей планете. А анализ пыльцы позволяет реконструировать его изменения за многие тысячелетия и даже спрогнозировать его перепады.

МАРИЯ РОГОВАЯ

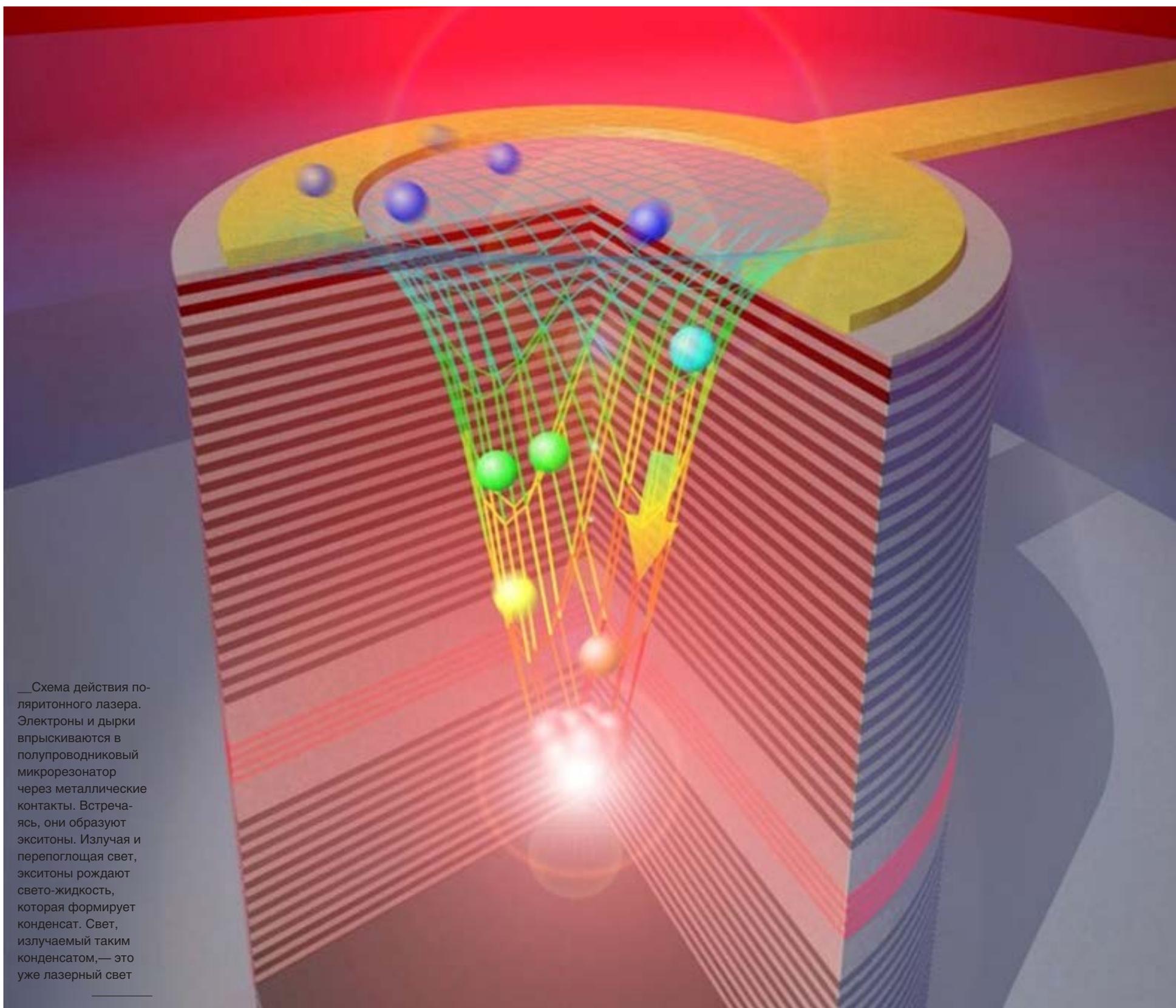


Наталья Рудая за отбором проб в Чагырской пещере, Алтай

Фото ИАЭТ СО РАН

ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ БУДУЩЕГО НЕОБХОДИМ ЖИДКИЙ СВЕТ

Между светом и жидкостью, казалось бы, нет ничего общего. Свет — это поток электромагнитных квантов — фотонов. В вакууме они движутся по прямой с одинаковой скоростью и не взаимодействуют друг с другом. Жидкость — это набор атомов или молекул, которые движутся хаотически, с разными скоростями, сталкиваются, взаимодействуют. Отсюда вязкость, образование капель, водоворотов и т. п. Однако в определенных условиях свет ведет себя как жидкость.



— Схема действия поляритонного лазера. Электроны и дырки впрыскиваются в полупроводниковый микрорезонатор через металлические контакты. Встречаясь, они образуют экситоны. Излучая и перепоглощая свет, экситоны рожают свето-жидкость, которая формирует конденсат. Свет, излучаемый таким конденсатом, — это уже лазерный свет

«Жидкий» свет может распространяться очень медленно и так же, как, например, вода, формирует капли и водовороты. Жидким светом легко управлять. Его можно переливать из сосуда в сосуд, сообщать ему поступательное или вращательное движение. Что еще важнее: жидкий свет можно использовать для переноса информации. В этом случае вместо электронов в транзисторах и диодах бегают электрически нейтральная светожидкость. В определенных условиях такая жидкость становится сверхтекучей: распространяется без трения и вязкости, проходит через мельчайшие щели, обтекает препятствия. Если оставить светожидкость в покое, она образует лужи или, как их называют физики, конденсаты. Световые конденсаты предполагается использовать в квантовых симуляторах: приборах, которые с рекордной скоростью будут решать определенный набор задач, вызывающих затруднения у классических компьютеров.

Экситонные поляритоны — частицы жидкого света
Идея светожидкости родилась еще в конце 1960-х годов. Ее авторами являются два физика: Владимир Моисеевич Агранович (СССР) и Джон Джозеф Хопфилд (США).

Практически одновременно им пришла в голову одна красивая мысль. Представим себе фотон, подлетающий к полупроводниковому кристаллу. Вот он залетел в кристалл, распространяется сквозь кристаллическую решетку. Что с ним может случиться? Это известно: фотон исчезнет, поглотится кристаллом. При этом его энергия будет передана кристаллическому возбуждению, квазичастице, которую называют экситон. Экситон очень похож на атом водорода, только больше размером раз в двести. Экситоны — электрически нейтральные материальные частицы. И они могут сталкиваться, как бильярдные шары.

Самое важное в нашей истории то, что, пожив немного, экситон тоже исчезает. И передает свою энергию новому фотону. То есть появляется фотон, свойства которого ничем не отличаются от свойств старого фотона, который когда-то влетел в кристалл. Превращения экситон—фотон, фотон—экситон могут происходить в любой точке кристалла и в любой момент времени. С точки зрения квантовой механики, нельзя больше разделить экситон и фотон. Эти два кванта образуют новую гибридную квазичастицу — экситонный поляритон. Открытые Аграновичем и Хопфилдом экситонные поляритоны — это и есть квазичастицы жидкого света. Они обладают полным набором неотъемлемых свойств света: характеризуются фазой, поляризацией, длиной волны, могут летать очень быстро. Но при этом они же обладают и свойствами обычных материальных частиц: взаимодействуют с кристаллической решеткой, отталкиваются друг друга, ускоряются, замедляются, реагируют на внешние поля.

Поляритонный бум

В 1992 году французский ученый Клод Вайсбуш и японец Ясухико Аракава обнаружили частицы жидкого света в плоских полупроводниковых резонаторах, сделанных из арсенида галлия с алюминием. С тех пор начался поляритонный бум. В 1996 году турецкий ученый Атач Имамоглу и японец Йоши Ямамото показали теоретически, что светожидкость может образовывать конденсаты Бозе—Эйнштейна (многочастичные когерентные состояния вещества), на основе которых можно делать новые лазеры — поляритонные лазеры. Мне посчастливилось принять участие в разработке первого поляритонного лазера. Он

Замена электрического тока световым в компьютерных процессорах позволила бы сэкономить миллиарды долларов



ИЗ ЛАБОРАТОРИИ А. КАВОКИНА

— Алексей Витальевич Кавокин
В 1992 году окончил Санкт-Петербургский политехнический университет, работал в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе. В настоящее время — профессор Университета Саутгемптона (Англия), научный руководитель лаборатории оптики спина Санкт-Петербургского университета, руководитель группы квантовой поляритоники Российского квантового центра, научный директор Средиземноморского института фундаментальной физики (Италия). Автор нескольких романов и повестей.

увидел свет в Саутгемптоне (Великобритания) в 2007 году. Схема действия современного поляритонного лазера показана на рисунке. Носители электрического заряда — электроны и дырки — впрыскиваются в полупроводниковый микрорезонатор через металлические контакты. Встречаясь, они образуют экситоны. Излучая и перепоглощая свет, экситоны рожают светожидкость, которая формирует конденсат. Свет, излучаемый таким конденсатом, — это уже лазерный свет: когерентный, монохроматический, поляризованный.

Россия занимает лидирующие позиции

В России первый поляритонный лазер был исследован в лаборатории Владимира Дмитриевича Кулаковского в Институте физики твердого тела РАН в Черноголовке. Результаты были опубликованы в сверхпрестижном журнале Nature в 2013 году. Мне довелось участвовать в строительстве лаборатории оптики спина (СОЛАБ) в Санкт-Петербургском государственном университете в 2011–2017 годах и основать группу Квантовой поляритоники в Российском квантовом центре в 2013-м. Благодаря энергичной деятельности этих лабораторий, а также недавно созданной лаборатории Гибридной фотоники Сколтеха Россия сейчас занимает одну из лидирующих позиций в физике жидкого света. Эта молодая область развивается рекордными темпами. Всего несколько лет прошло после обнаружения сверхтекучести поляритонов и поляритонных вихрей, а уже разрабатывается целый класс приборов, использующих эти и другие удивительные свойства жидкого света. Каким приборам можно отнести бозонные каскадные лазеры, излучающие субмиллиметровые волны, сверхчувствительные гироскопы, оптические интегральные схемы, поляритонные квантовые симуляторы.

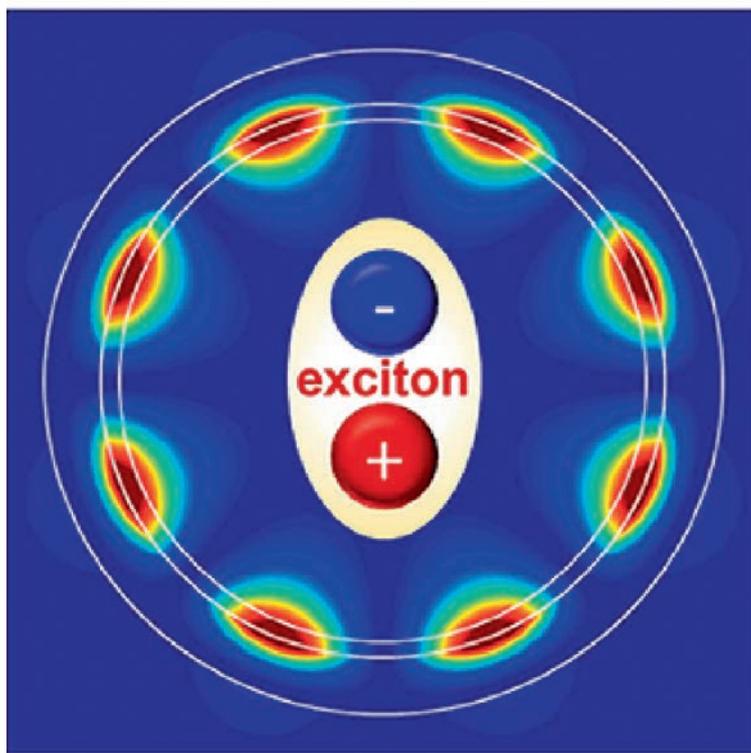
Поляритоника — это электроника будущего. Замена электрического тока световым в компьютерных процессорах позволила бы сэкономить миллиарды долларов только на уменьшении тепловых потерь при передаче информации. Я уже не говорю о колоссальном увеличении быстродействия процессоров и перспективах строительства первого полупроводникового квантового процессора.

Заниматься поляритоникой — большое удовольствие. На многочисленных конференциях научного сообщества поляритонщиков мы встречаемся за накрытым столом, вместе катаемся на лыжах, играем в шахматы. Помимо всего прочего, по моим наблюдениям, занятие этой областью физики помогает достичь человеческого и научного долголетия. Почему — это, видимо, одна из загадок природы!

АЛЕКСЕЙ КАВОКИН,
доктор физико-математических наук,
Санкт-Петербургский университет

Фотон — материальная, электрически нейтральная частица, квант электромагнитного поля (переносчик электромагнитного взаимодействия). Фотон существует только в движении. Остановить фотон нельзя: он либо движется со скоростью, равной скорости света, либо не существует, следовательно, масса покоя фотона равна нулю. Фотону как квантовой частице свойственен корпускулярно-волновой дуализм, он проявляет одновременно свойства частицы и волны в зависимости от характера проводимого над ним исследования.

— Схематическое изображение экситонного поляритона. Экситон, взаимодействуя с квантами света (фотонами), образует новую квазичастицу — экситонный поляритон



СЕМЬЯ ПОЛЯРИТОНОВ

Экситонный поляритон — не единственный представитель этого класса квазичастиц. Поляритоном называют квазичастицу, возникающую при взаимодействии квантов света (фотонов) — с квантами колебаний среды. Взаимодействие фотонов с экситоном порождает экситонный поляритон, при взаимодействии с квантами иной природы возникают фононный, плазмонный, магнетонный и другие поляритоны.

Экситонные поляритоны — квазичастицы жидкого света — обладают свойствами как света, так и обычных материальных частиц

РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ ПРИДУМАЛИ НОВЫЙ КЛАСС ДВУМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В работе коллектива российских и японских ученых впервые в мире получен представитель нового семейства однослойных веществ — двумерный оксид меди. До недавнего времени существование таких структур считалось в принципе невозможным. Как удалось додуматься до невозможного, рассказывает «Ъ-Науке» руководитель теоретической части работы, глава инфраструктурного проекта «Теоретическое материаловедение наноструктур», ведущий научный сотрудник лаборатории «Неорганические наноматериалы» НИТУ МИСиС, доктор физико-математических наук ПАВЕЛ СОРОКИН и научный сотрудник НИТУ МИСиС, кандидат физико-математических наук ДМИТРИЙ КВАШНИН.



этих регионах создаются огромные институты, посвященные двумерным материалам и нацеленные именно на их применение, потому что благодаря знанию свойств графена индустрия поняла, какие перспективы скрываются в применении двумерных материалов».

«Фактически графен — это первая ласточка из огромнейшей стаи двумерных материалов. Потому что довольно быстро выяснилось, что двумерные материалы могут иметь самый разный состав. Тот же самый нитрид бора или, например, халькогениды переходных металлов... На исследование этого семейства брошены силы ученых по всему миру. Поле исследований такое большое, что сил на все просто не хватает. Но одно из самых интересных и перспективных направлений — это двумерные (монослойные) материалы, обладающие магнитными свойствами. Подчеркну слово „монослойные“, потому что большинство известных квазимонослойных материалов — это все-таки соединения нескольких слоев, что накладывает отпечаток на их свойства. Например, тот же халькогенид — это слой серы, слой металла, еще один слой серы. Чистых монослоев известно мало. А ведь это, во-первых, самое тонкое твердое тело, которое только можно представить, а во-вторых, это макроматериал, в котором все атомы — поверхностные. Если мы переходим в область нескольких слоев, то невольно уходим в объемные свойства материалов, а это уже другой набор характеристик».

Двумерный материал без трехмерных аналогов

Работа ученых из НИТУ МИСиС, ФГБНУ ТИСНУМ, ИБХФ РАН и их зарубежных коллег из японского института NIMS была посвящена именно поиску новых двумерных монослоев. Группа сконцентрировалась на возможности получения двумерных материалов на основе соединений металлов. «Ранее считалось, что эти соединения в принципе нестабильны в двумерном состоянии и могут существовать исключительно в виде толстых пленок, имеющих структуру как у объемного кристалла, — продолжает рассказ Павел Сорокин. — Мы показали, что можно стабилизировать двумерную структуру без наложения на нее дополнительных слоев, в рамках двумерного пространства».

«Сложность нахождения такой структуры в том, что здесь не срабатывает последовательный подход — нельзя узнать о свойствах двумерного материала, изучая многослойный материал, после-

Создание новых двумерных материалов — состоящих из слоя толщиной в один атом — одна из самых перспективных областей современного материаловедения. С момента получения в 2004 году первого двумерного материала — графена — ученые по всему миру исследуют его свойства.

Графен и другие двумерные

«Интерес к графену только растет, — рассказывает Павел Сорокин. — Сейчас он фактически выходит на уровень промышленного производства. По крайней мере, это иллюстрируют те огромные деньги, которые вкладывает в эту индустрию европейская промышленность, американская и китайская. Фундаментальные исследования по графену практически завершены, его свойства уже неплохо изучены. Тем не менее во всех

— Дмитрий Квашнин (слева) и Павел Сорокин

После открытия графена индустрия поняла, насколько перспективно применение двумерных материалов

довательно уменьшая его толщину. Такое более или менее работало только с графеном, поскольку графит (прародитель графена) и есть множество слабо связанных друг с другом слоев графена. Наш материал аналогов в трехмерном мире не имеет. Оксид меди не может существовать в виде пачки двумерных листов, они образуют трехмерную структуру с другими свойствами. Даже если мы получим два слоя, они уже образуют кубическую кристаллическую решетку со свойствами атомов из макрокристалла. Уже трехслойный оксид меди будет иметь обычную кубическую решетку с поверхностными и внутренними атомами. А чистая монослойная структура оксида меди может существовать только для одного листа. Поэтому и невозможно просчитать ее, идя от большего к меньшему».

Первой ласточкой была работа, опубликованная в журнале Science учеными из Китая, которые показали, что поры графена могут заполняться двумерными металлами (они использовали железо). «Они, правда, не поняли, что именно сделали, — говорит Сорокин. — Но именно их работа натолкнула меня на мысль, что такие структуры имеют право на существование. И мы сделали первое из таких веществ, полностью обосновав его структуру и доказав на практике правильность нашей теории».

«Возможно, в том, что мы нашли такое необычное вещество, есть некий элемент случайности. С другой стороны, наша догадка была теоретически обоснована и подтверждена экспериментально. Это только первая работа из тех, что будут посвящены открытию двумерных структур, потому что эти структуры могут обладать самым разным составом и фантастическими свойствами, которые пока просто неизвестны. Но дальше будет проще, потому что мы уже показали, что такая структура может быть и какими свойствами она обладает, какая у нее кристаллическая структура. Сейчас видно, что такие структуры можно создавать не методом последовательного отщепления или вымывания верхних слоев (как был получен графен), а методом самосборки». Чтобы создать новое вещество, экспериментаторы из института NIMS (Япония) осадили на частично окисленный графен атомы меди из газовой фазы. Затем нагрев системы привел к тому, что атомы кислорода и меди перегруппировались в новую структуру.

По словам Павла Сорокина, синтез на подложке из графена — пока единственная возможность получать эти двумерные материалы. Однако с учетом развития технологий данное ограничение вполне преодолимо: «Сейчас развитие науки и технологий идет такими темпами, что то, что еще пару лет назад считалось невозможным, сегодня уже делается практически в любой лаборатории. Наука при помощи современных технологий оперирует материалами на уровне атомов. Представьте себе, что можно взять стабильный двумерный материал, сделать в нем дырочку, куда поместить другой двумерный материал, который в свободном состоянии нестабилен. И стабильный материал будет удерживать своего нестабильного собрата от распада. Сейчас это уже возможно, хотя относительно недавно считалось, что никакие другие материалы, кроме графена, существовать не могут. Потом выяснилось, что получить двумерные структуры все же можно, если стабилизировать их слоями других материалов, защитить их от воздействия кислорода и других факторов, разрушающих двумерную структуру. Затем выяснилось, что за счет такой инкапсуляции (скажем, слоем нитридом бора) можно стабилизировать в принципе нестабильные структуры, в свободном состоянии подверженные саморазрушению без каких-либо внешних воздействий. На следующей стадии из двумерных слоев начали создаваться многослойные гетероструктуры с совершенно новыми свойствами — метаматериалы. Теперь показано существование двумерной структуры, которую не нужно покрывать стабилизирующим слоем. А что будет завтра?»

Новые возможности новых материалов

Теперь у исследователей открывается целое море возможностей для сборки других веществ. Ведь медь может образовывать двумерные структуры не только с кислородом, но и с серой, например. А вместо меди может выступать железо, никель, кобальт и другие металлы. «Сейчас наша задача — создать общую теорию двумерных соединений металлов, — рассказывает Павел Сорокин. — Так как материалы новые, необходимо все правильно описать, понять, где для нас самые интересные соединения, как они могут существовать, потому что стабильность в данном случае крайне важна: данная структура нехарактерна для объемного кристалла, поэтому у нее будут ограничения в стабильности».

Несмотря на фундаментальность работы, у нового материала большие прикладные перспективы. Все особенности нового материала предстоит изучать еще долго, однако кое-что о двумер-

— Структура двумерного оксида меди. Вверху схематически изображена структура решетки. Красные — атомы меди, синие — кислорода. Серым показана графеновая подложка. Внизу — изображение решетки двумерного оксида меди: слева — экспериментальный снимок на электронном микроскопе, справа — результат теоретического расчета

Спинтроника

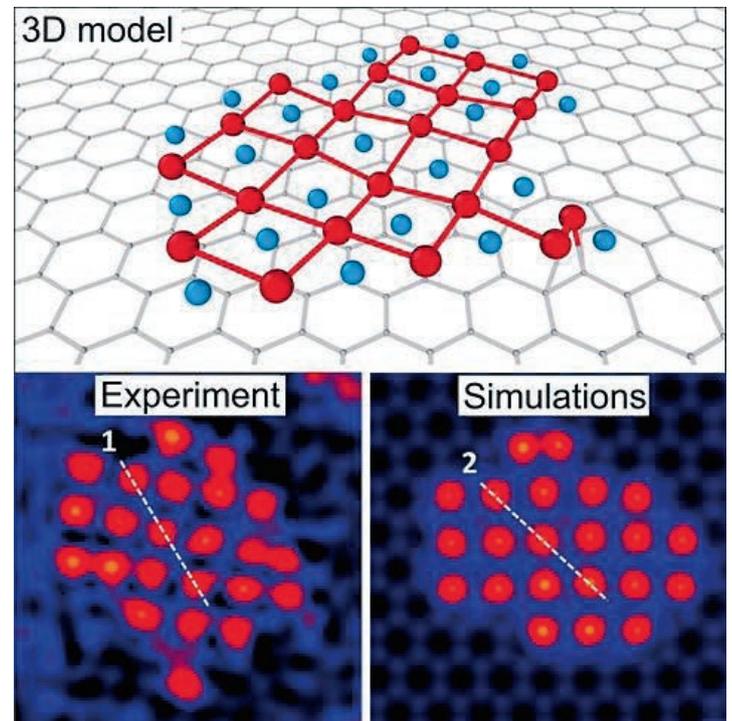
В приборах современной микроэлектроники переносчиком сигнала, информации является заряд электрона. Спинтроника предполагает использовать вместо заряда собственный момент количества движения электрона — спин. Это позволит как количественно улучшить характеристики микроэлектронных приборов, так и получить качественно новые эффекты.

Антиферромагнетизм

В обычных магнитных материалах — ферромагнетиках — магнитные моменты всех атомов направлены в одну сторону. В антиферромагнетиках магнитные моменты соседних атомов направлены в противоположные стороны. Если магнитные моменты соседей равны, суммарная намагниченность нулевая, если разные — она равна разности моментов, направленных в одну и в другую стороны.

NIMS (National Institute for Materials Science)

Национальный институт наук о материалах — крупнейший японский центр фундаментальных и прикладных материаловедческих исследований. Образован в 2001 году в результате слияния Национального института металлов и Национального института неорганических материалов. Имеет четыре отделения, три из них расположены в «научном городе» Японии — Цукубе, четвертое — в Нисихариме. Около 1500 сотрудников.



ном оксиде меди уже можно сказать. Одним из самых необычных свойств, предсказанным сотрудником группы Сорокина Дмитрием Квашниным, оказался антиферромагнетизм, который обычный оксид меди не проявляет ни при каких условиях. Антиферромагнетики относятся к очень перспективным для микроэлектроники материалам. Чтобы записать один бит информации в антиферромагнетик, достаточно всего 12 атомов его поверхности, в то время как существующие технологии используют для записи одного бита сотни тысяч атомов: «Новый материал также может быть использован для спинтроники, потому что с присоединением других материалов на границе раздела могут получаться особые спиновые свойства; его можно применить в энергетике (для производства солнечных батарей). Возможны и другие применения — мы еще не изучили весь спектр его свойств», — подчеркнул ученый.

Поддержка проекта

Павел Сорокин также подчеркнул важность поддержки проекта со стороны Министерства образования и науки, а также Международного наблюдательного совета НИТУ МИСиС: «Наш инфраструктурный проект „Теоретическое материаловедение наноструктур“ создан НИТУ МИСиС в рамках Программы повышения

Новые двумерные структуры могут обладать самым разным составом и фантастическими свойствами, которые пока просто неизвестны

конкурентоспособности ведущих российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров (Проект 5-100) как часть стратегической академической единицы „Материалы и технологии для повышения продолжительности и качества жизни“. Наш инфраструктурный проект ставил во главу угла укрепление международных связей между НИТУ МИСиС и другими международными центрами. Реализовать задачу удалось, когда мы поехали в Японию и познакомились со специалистами Национального института материаловедения (NIMS). После серии встреч мы уже приступили к теоретическим расчетам, основную часть делал Дмитрий. За полтора года удалось просчитать все характеристики, обсудить в серии семинаров все возможные варианты и за счет совместных усилий с японскими коллегами выдать результат на мировом уровне. Расчеты велись на суперкомпьютерном кластере НИТУ МИСиС. Без доступа к нему нам было бы намного сложнее. Так что университет сыграл решающую роль в создании этого проекта, без него этого проекта просто не было бы».

Статья о достижениях ученых из НИТУ МИСиС, ФГБНУ ТИСНУМ, ИБХФ РАН и их зарубежных коллег из японского института NIMS вышла в журнале NanoScale.

ПАССИВНАЯ РАДИОЛОКАЦИЯ ДЕЛАЕТ ТЕХНОЛОГИЮ «СТЕЛС» НЕЭФФЕКТИВНОЙ

В полете самолет электризуется. Анализ вызванного электризацией радиоизлучения позволяет обнаружить «невидимый» самолет на любой высоте. Электризационное же радиоизлучение наземных источников, таких как ЛЭП, может служить дополнительным надежным ориентиром.

На протяжении почти всей истории развития авиации осуществлялась борьба с электризацией летательных аппаратов (ЛА) в полете как источника помех радиосвязи и других нежелательных явлений. Однако пока удалось лишь ограничить статическую электризацию и помехи в каналах радиосвязи.

С увеличением скорости полета мощность процессов электризации растет (для современных тяжелых самолетов она может достигать 10 кВт и более), в полете возникают также шумовые изменения электростатического потенциала за счет коронных разрядов на кромках аэродинамических поверхностей и в других точках ЛА. Все это чрезвычайно затрудняет борьбу с электростатическим потенциалом.

Электризация самолета не позволяет его спрятать

Как правило, борьба с шумящими помехами сосредоточена на самом корпусе ЛА, где возникают коронные разряды. Однако представляет существенный интерес и изучение спектра шумового радиоизлучения вне корпуса — в ближней и дальней зоне ЛА.

Этот спектр резко отличается от спектра токов коронных разрядов и имеет характерный для каждого вида ЛА ряд максимумов. Любая коронирующая точка является лишь шумовым возбудителем сложной резонансной «антенной системы», которой служит сам металлический ЛА (или его металлический каркас). Эта «антенная система» имеет множество собственных электромагнитных «тонов», которые и определяют спектр радиоизлучения.

Детальный анализ этого спектра требует сложных численных расчетов. Однако уже грубая оценка в рамках простейшей «стержневой» модели (см. рисунок и расчет на стр. 39) указывает, во-первых, на линейчатый спектр электризационного радиоизлучения (набор характерных максимумов) и, во-вторых, на возможность обнаружения воздушного объекта по электризационному «зеркальному» радиоизлучению. Возможность обнаружения и сопровождения воздушных объектов по зеркальному радиоизлучению на больших дальностях вне прямой видимости, на любых высотах — от стратосферы до предельно малых, — даже в горных ущельях, уникальна. Причем одновременно определяется и геометрическая высота цели.

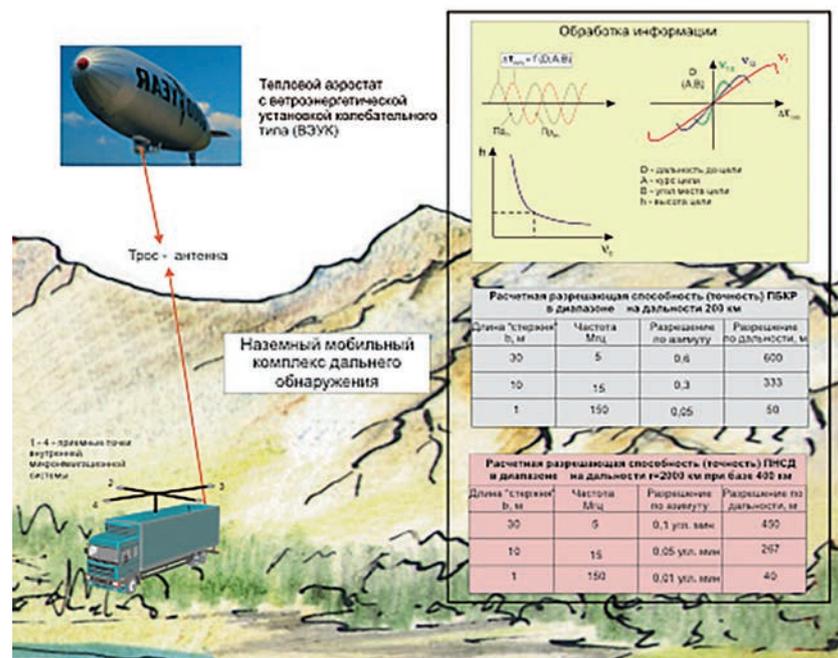
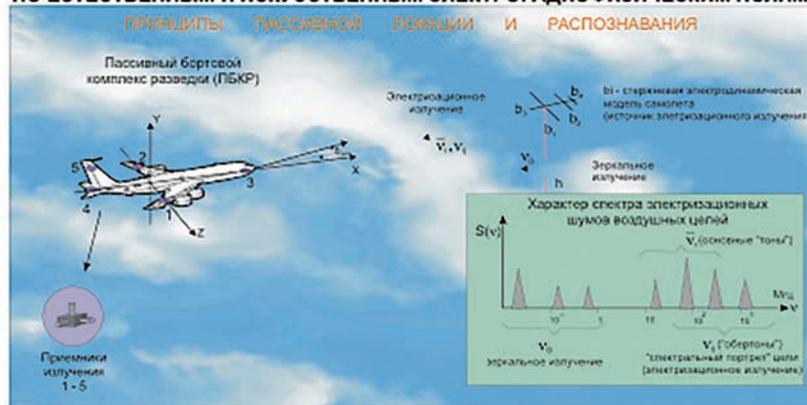
Электризационные радиоизлучения наземных объектов

Многие наземные объекты служат источниками сильного шумового радиоизлучения коронного и другого происхождения. Прежде всего следует сказать о коронных разрядах ЛЭП, настолько мощных, что они учитываются как один из видов потерь при проектировании ЛЭП. Однако изученность спектров шумов ЛЭП, зависимости их от метеоусловий и других факторов нельзя признать достаточной.

Коронирующие ЛЭП могут служить линейными ориентирами при навигации ЛА, оснащенных пассивными бортовыми комплексами, использующими радиоизлучение (ПБКР). В то же время шумы ЛЭП могут затруднять обнаружение и распознавание воздушных и наземных подвижных объектов. Аналогичная ситуация имеет место для электрифицированных железных дорог, троллейбусных и трамвайных линий, а также точечных и площадных радиошумовых ориентиров: подстанций, электростанций, заводов, населенных пунктов, громоотводов в грозу и др.

В отличие от обычных — активных — локаторов, системы пассивной локации не посылают сигнал в сторону цели. Они анализируют электромагнитный шум, который из-за электризации неизбежно возникает при движении металлического летательного аппарата. У каждого типа самолетов, вертолетов и т.п. это спектр этого шума уникален

ПАССИВНЫЕ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ, РАСПОЗНАВАНИЯ И ЦЕЛЕУКАЗАНИЯ ПО ЕСТЕСТВЕННЫМ И ИСКУССТВЕННЫМ ЭЛЕКТРОАДИОФИЗИЧЕСКИМ ПОЛЯМ



Коронный разряд — высоковольтный электрический разряд в газе, возникающий вблизи электродов с малым радиусом кривизны (острие, тонкие проволоки и т. п.). Бледно-голубое или фиолетовое свечение разряда по аналогии с ореолом солнечной короны дало повод к названию

Исследование спектра шумового радиоизлучения корпуса самолета может иметь самые прямые практические применения

Поэтому режим картографирования радиошумового поля должен быть одним из основных для ПБКР. Цифровые карты радиошумового поля обеспечат как навигацию по этому новому навигационному полю, так и ослабление влияния мешающего фона при опознавании радиоизлучающих объектов. Это относится и к радиошумовому полю природного происхождения. Последнее создается в грозовую погоду коронными разрядами и нестационарно даже в большей степени, чем техногенное радиошумовое поле. Конечно, цифровое картографирование нестационарного радиошумового поля представляет определенные трудности. Однако частотная стратификация (выделение частот, на которых радиошумовое поле обладает наибольшей стабильностью или предсказуемостью) позволит решить эту проблему.

Функциональное радиоизлучение наземных и воздушных объектов

Наряду с рассмотренным шумовым радиоизлучением наземные и бортовые пассивные системы обзора могут использовать сигналы радиосвязного, радионавигационного оборудования, а также радиоизлучение бортовой электроники и систем зажигания двигателей.

МОДЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ СПЕКТРА ЭЛЕКТРИЗАЦИОННОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

Для грубой оценки параметров излучения рассмотрим «стержневую» электродинамическую модель тяжелого самолета. В такой модели крыло, фюзеляж, стабилизатор, киль заменяются стержнями соответствующей длины. Для плоскости Oхz стержневая модель имеет вид как на рисунке на стр. 38. Уже столь позволяет приближенно определить низкие частоты собственных тонов. Для определения же ширины резонансных пиков требуется более точное численное моделирование или натурные эксперименты.

При этом стержневая модель должна быть дополнена моделью возбуждения тонов. Первый простой вариант такой модели возбуждения заключается в предположении, что точка возбуждения (например, штатный разрядник) находится на конце стержня (крыла, фюзеляжа, стабилизатора) и за счет шума коронного разряда создает флуктуации потенциала в окрестности этой точки. Тогда частота первого основного тона будет равна $\nu = c/(2l)$, где c — скорость распространения радиоволн, принимаемая равной скорости света; l — длина стержня. Здесь положено, что на стержне укладывается половина волны. Частота i -го нечетного тона выразится формулой $\nu_i = (2i-1)/(2l)$, $i=2,3,\dots$. Ниже будет использоваться именно эта «полуволновая» модель возбуждения основного собственного тона ν_i и других нечетных тонов.

Другая возможная простейшая модель возбуждения стержня — «четвертьволновая» — заключается в предположении, что возбуждающим фактором являются непосредственно флуктуации тока коронного разряда. Эта модель дает в два раза меньше частоты ν_i , чем предыдущая.

Необходимо обратить внимание на существование еще одной несущей частоты электризационного радиоизлучения ν_0 , связанной не с размерами летательного аппарата, а с высотой его полета. Это излучение диполя, образованного ЛА и его электрическим отражением земной или морской поверхностью. Дипольный момент флуктуирует за счет флуктуации электростатического потенциала, возбуждаемого коронными разрядами. Для краткости соответствующее радиоизлучение можно назвать электризационным зеркальным.

Для данной излучающей системы вполне подходит модель с сосредоточенными параметрами: флуктуирующий за счет изменения шумовой составляющей ЛА потенциал $\Delta U_{\text{ш}}$ заряд $q=C\Delta U_{\text{ш}}$ (C — емкость ЛА относительно земли), его зеркальное отражение $-q$, расстояние между зарядами $q, -q$ равно удвоенной высоте полета. Точнее, H (средняя высота) представляет собой геометрическую высоту с учетом рельефа местности, усредненного по кругу радиуса $\sim H$; C — емкость с учетом рельефа, усредненного в том же круге.

На расстоянии $r > 4H$ несущая частота радиоизлучения полуволнового диполя составит $\nu_0 = 1/(4H)$, а соответствующая длина волны будет равна $4H$.

При полете цели на больших высотах ($H=15\text{км}$) основная частота диполя находится вблизи нижнего предела частот сверхдлинных волн ($\nu_0 = 5\text{кГц}$), а при полете на предельно малых высотах, например $H = 50\text{м}$, — вблизи верхней границы средних волн ($\nu_0 = 1,5\text{МГц}$).

Возможность обнаружения и сопровождения воздушных объектов по электризационному зеркальному радиоизлучению (с несущей частотой ν_0) на больших дальностях вне прямой видимости, на любых высотах — от стратосферы до предельно малых, — даже в горных ущельях, является уникальной. Уникальность обусловлена и тем, что одновременно определяется геометрическая высота («эшелон» полета) цели.

Переходя к рассмотрению электризационного радиоизлучения на частотах собственных тонов ЛА, заметим, что рассчитать релаксационные параметры (например, декременты затухания) без сложного численного моделирования не представляется возможным.

Ограничимся приближенным расчетом тонов на основе «стержневой» модели.

Мощность радиоизлучения первого и второго тона будем определять по формуле типа где $\nu_1 = c/2l$, $\nu_2 = 3c/2l$, l — характерный размер ЛА (размах крыла, длина фюзеляжа и др.); $C_{\text{эф}}$ — эффективная емкость, много меньшая емкости всего ЛА.

Значения задаваемых параметров и результаты расчетов приведены на рисунке. Длина «стержневой» модели задана в пределах 1...50 м, охватывая как самые малые ЛА типа малогабаритных ракет, так и наиболее крупные самолеты.

Рисунок иллюстрирует характер спектра электризационных шумов воздушных целей. В области длинных волн диапазона ν_0 ширина спектральных линий мала. Она увеличивается с ростом частоты, достигая в диапазонах ν_1, ν_2 десятков и даже сотен кГц.

В целом линейчатый спектр электризационного радиоизлучения является новым мощным фактором (признаком) распознавания и сопровождения воздушных целей.

В обычных станциях радиоразведки эти сигналы используются для распознавания и пеленгации целей. В рассматриваемых комплексах они также могут использоваться для распознавания. Что касается определения координат и сопровождения целей, то интерферометрическое определение разностей дальностей до излучающей точки в сочетании с соответствующим цифровым алгоритмическим обеспечением позволяют решать задачи значительно точнее и быстрее, чем в традиционных радиопеленгационных станциях.

Исследования электродинамических тонов самолетов в ангаре

Ангарные эксперименты по определению спектра собственных электродинамических тонов самолетов проводились по методике, разработанной академиком Александром Красовским (см. Красовский А.А. Пассивная макроволновая радиолокация, мониторинг, навигация и резервное управление воздушным движением. Математическая и прикладная теория. Избранные труды. М.: «Наука», 2002). Согласно этой методике, корпус самолета возбуждается вынужденными электромагнитными колебаниями от генератора стандартных сигналов, а электромагнитное излучение принимается антенной в ближней зоне вокруг самолета. Электромагнитный фон ангара составил 5-50 мкВ в исследуемом диапазоне частот.

При рассмотрении конструкции ЛА как сложной электродинамической системы учитываются лишь нечетные тона полуволнового вибратора. Так, у самолета «Су-24» частоты, соответствующие нечетным тонам, согласно с его геометрическими размерами, равны приблизительно (9, 15, 21, 27...) МГц для фюзеляжа и (24, 40...) МГц для крыла. У самолета «Су-27» соответственно (10, 17, 24, 31...) МГц для фюзеляжа и 30,6 МГц для одной консоли крыла.

При проведении эксперимента выполнялись измерения амплитуды электродвижущей силы, наведенной в антенне электромагнитным излучением возбуждаемого самолета, в диапазоне частот 7-30 МГц вокруг ЛА в сфере

— Шумящий металлический шар излучает во все стороны одинаково. Сложная форма самолета приводит к сложному распределению электромагнитного шума по направлениям. Это распределение тоже уникально для каждого типа самолета

радиусом 10 метров. Полученные результаты зависимости напряжения U от частоты f генерируемого электромагнитного излучения приведены на рисунке ниже для различных ракурсов наблюдений. Из графиков видно, что амплитуды сигналов на частотах, соответствующих электродинамическим тонам самолета, существенно (до 2 тыс. мкВ и более) превышают электромагнитный фон ангара (5-50 мкВ) в исследуемом диапазоне частот. Полученное семейство амплитудно-частотных характеристик электродинамических тонов самолета «Су-24» позволило построить приближенную диаграмму направленности электромагнитного излучения нечетных тонов ЛА.

Исследования электромагнитных полей от линий электропередачи и самолетов на глассе крупного аэропорта

На основе теоретических посылок был создан макет датчика-анализатора спектральных характеристик электризационных излучений подвижных и стационарных объектов. Местом проведения исследований коронирующих излучений самолетов были приняты глассы аэродромов. Здесь известны номинальные параметры полета самолетов — высота и скорость прохождения радиомаяков и других ориентиров, расстояния между ориентирами, возможность визуального наблюдения за полетом.

Все это позволяет получить характерные спектральные характеристики электризационных излучений разных типов самолетов на этапах взлет-посадка. Еще один важный результат — спектр излучения линий электропередачи (получен для линии на 750 кВ). Он, в частности, указывает на однозначную связь частоты излучения с высотой подвеса проводов. Зафиксировано также излучение на частотах 94-98 МГц, являющееся следствием разряда между проводами и опорами ЛЭП.

Возможные применения

Исследование информационных свойств электризационных излучений потенциально делает возможным:

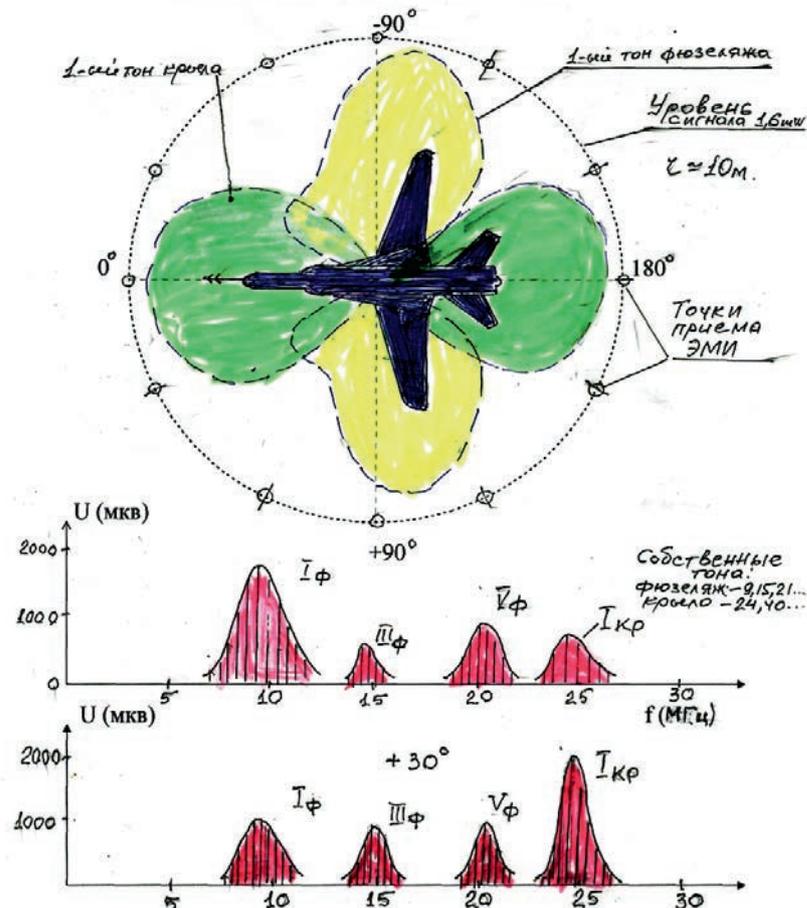
- создание пассивных радиовысотометров,
- создание систем межсамолетной навигации,
- создание систем предупреждения столкновений с ЛЭП,
- дальнейшее загоризонтное обнаружение объектов даже в маловысотном полете в пересеченной и горной местности,
- определение координат, в том числе высоты полета самолетов, вертолетов, ракет по несущей длине волны зеркально-дипольного излучения,
- определение числа объектов даже в плотных боевых порядках на большом расстоянии,
- одновременное круговое наблюдение и сопровождение большого числа объектов.

Технология «Стелс» в этом случае станет неэффективной.

ЛЕВ АВГУСТОВ, кандидат технических наук,

ОАО «Раменское приборостроительное конструкторское бюро»

ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ САМОЛЕТОВ ТИПА СУ-24М



гуманитарные науки

АРХЕОЛОГИЯ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНО ТОЧНОЙ ДАТИРОВКИ НУЖНО СОЧЕТАНИЕ МЕТОДИК



ИРИНА СЕВЕРГАКИНА

Российские археологи впервые совместили радиоуглеродную и дендрохронологическую методики при датировке памятников древнетюркской культуры на Алтае и оценили их возраст с точностью до десяти лет.

Обыкновенно при попытке оценить возраст археологической находки ученые сопоставляют ее по набору признаков с прочими памятниками, найденными в тех же краях и уже датированными. Такой способ прекрасно подходит для предметов, мало подверженных изменениям, — осколков посуды, изделий из металлов, каменных статуй и пр. Для датировки органического материала используется радиоуглеродный анализ, но у этого метода большая погрешность. Дендрохронологическая (по годовым кольцам деревьев) датировка самая точная, но в зависимости от климатических особенностей региона дендрощкалы могут сильно различаться, поэтому для каждого ареала требуется своя, специальная шкала. Ученые из Сибирского федерального университета создали такую шкалу для алтайского высокогорного района — но поминальные сооружения древних тюрков, к которым они пытались ее применить, в датировку никак не вписывались, и пришлось применить еще и радиоуглеродный метод. Эти сооружения возводились в память об усопшем представителе тюркской знати, но не на месте его погребения, а отдельно от него. В основном эти памятники из камня, но древесина тоже использовалась — дерево сажалось в центр конструкции, как предполагают археологи, оно символизировало мировое древо, связывающее миры живых, мертвых и богов. Верхние части этих деревьев претерпели, конечно, немало изменений за последние века, однако что-то все-таки, во многом благодаря не слишком влажному алтайскому горному климату, осталось без изменений. Радиоуглеродный анализ позволил сделать грубую датировку, а дендрохронологический метод картину дополнил и датировку уточнил. К примеру, возраст монгольского памятника Хар-Ямаатын-гол установлен с точностью до десяти лет: он сооружен в 655–660 годах.

СОЦИОЛОГИЯ ГОЛОСОВАНИЕ МАНИПУЛЯТИВНО, НУЖНЫ БОЛЕЕ СЛОЖНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ



ПЕТР ЯКОБИН

Ученые из Высшей школы экономики Даниел Карабекян, Фуад Алескерев, Александр Иванов и Вячеслав Якуба с помощью компьютерного моделирования доказали, что выборные процедуры манипулятивны, и предложили наиболее объективный способ определения мнения большинства. Результаты их работы опубликованы в материалах к конференции International Conference on Intelligent Decision Technologies. Когда общество выбирает одну из нескольких возможностей или одного из нескольких представителей, оно может использовать три десятка процедур. Самое распространенное из них — простое голосование, через которое определяется мнение относительного большинства: на выборах президента или парламента, на заседаниях советов директоров, на разных творческих конкурсах. Но процедура определения относительного большинства оставляет большой простор для манипулирования. Если человек понимает, что голосуя честно, за вариант «А», он обеспечит победу варианту «С», который для него неприемлем, он скорее остановит выбор на варианте «В». По мнению Карабекяна, именно так на выборах 1993 года в России ЛДПР получила 23% мест в парламенте — граждане не хотели допустить победы партии Егора Гайдара, устроившего российской экономике «шоковую терапию». «Манипулятивность есть в любой процедуре выбора — это математически доказывается. Но компьютерное моделирование может показать, которая из процедур лучше», — говорит Алескерев. Авторы предлагают две такие процедуры: правило Фишберна и второе правило выбора по отношению покрытия (Uncovered Set Rule II). Оба они учитывают не только предпочтения голосующих, но и отношение безразличия. «Это сложные правила, вряд ли их стоит использовать на больших выборах, но для малых групп вроде советов директоров или комиссий — лучший вариант», — заключает Алескерев.

АРХЕОЛОГИЯ ИРАНСКАЯ ПЕЧАТЬ ИЗ РОСТОВА — СКОРЕЕ ВСЕГО, ИГРУШКА



Уникальная для древнерусского города находка — каменная гемма-печатка, обнаруженная на территории Коношенного двора в Ростове Великом в слое конца XI — начала XII века печатка изготовлена из сардера (вид халцедона), имеет близкую к полусфере эллипсоидную плоско-выпуклую форму округлого продольного сечением размером 27,5 x 25,0 x 21 мм, в ней есть отверстие для шнура диаметром 3,8 мм.

В центре плоской поверхности вырезан крылатый зверь, помещенный в окружность, с внешней стороны нанесено кольцо косых рубчатых насечек. Сюжет похожих изображений (поза зверя) определяется как «сидящий грифон»: передние ноги выпрямлены, задние подогнуты. По своему возрасту печатка никакого отношения к древностям ни XI, ни XII веков не имеет, поскольку она старше на несколько столетий. Это изделие сасанидского Ирана, прикладное искусство которого продолжало древние традиции изготовления резных камней. Учитывая объемно-штриховую технику резьбы, гемма может быть датирована VI–VII веками. На территории Древней Руси до этой находки, пишет доктор исторических наук Андрей Леонтьев из Института археологии РАН, единственная сасанидская печатка была обнаружена в Гнездове. Она происходит из раскопок 1970 года на селище и, судя по публикации, также не связана с каким-либо определенным комплексом. Гнездовский экземпляр относится к тому же типу, схож с ростовским по форме, но меньше по размерам и отличается отличной сохранностью: нет видимых повреждений и полностью сохранилась полировка. Изображение другое: две птицы в профиль помещены на рогах головы быка. Обстоятельства появления переживших свое время иранских гемм что в Гнездове, что в Ростове внятно объяснению не подлежат, считает Андрей Леонтьев. Можно полагать, что ростовская печатка в какой-то период своей «жизни» на Руси могла служить фишкой (шашкой) для настольной игры.



Случилось так, что топонимическое богатство Европы и Средиземноморья, а равно наследие античной и средневековой культуры было разнесено в годы Нового времени и в эпоху колонизации по всему миру. Переселенцы, оказавшиеся в пространстве чужой культуры, стремились окружить себя привычными названиями — так плодились Берлины и Лондоны в Соединенных Штатах, а Йорк определялся как «новый». Историк и географ Элизе Реклю писал, что «американцы не могли давать названия новым местам иначе, как по их физическим признакам или по воспоминаниям о родине». Эмигранты из России, оседавшие в Сербии, Манчжурии, Франции, первым делом открывали рестораны «Яр». Однако началось все даже не с открытия Нового Света. Новый Карфаген (Картахена), расположенный, в отличие от африканского отца, в современной Испании, появляется на карте мира уже в III веке до н. э.

Топонимическая миграция

За миграциями людей всегда следовала топонимическая миграция. «Перенесенные» названия есть практически в каждом регионе Поволжья, Урала, Сибири и Дальнего Востока. Так, в Приморье обнаруживаются топонимы, первоисточники которых расположены в бывших Черниговской, Полтавской и Киевской губерниях.

ВСЕМИРНОЕ ПЕРЕСЕЛЕНИЕ ТОПОНИМОВ

В начале XIX века на острове Кауаи Гавайского архипелага протекала река Дон. На берегах гавайского Дона стояли усадьбы Воронцова, Платова и Тараканова. И это не единственный пример того, как имена и названия осваивали новые земли.



Символическое перенесение названий часто использовалось в культурной традиции России. Так, на карте Перми в XVIII веке появилась река Стикс, отделявшая от города Егосихинское кладбище. В Москве до сих пор течет в коллекторе ручей Золотой Рожок, названный в честь залива Золотой Рог в Стамбуле. Дело в том, что корабль возвращавшегося из Константинополя митрополита Алексия застала буря, и он дал обет о строительстве монастыря в случае прекращения непогоды. Когда строили обитель, как раз и пригодился безымянный ручей. Правда, развитие социальных отношений сыграло с благой затеей церковного пастыря злую шутку. В XIX веке окрестности Золотого Рожка стали городской окраиной, где обитали преимущественно низы, поэтому нищих, бродяг, перебивавшихся случайными заработками, в Москве стали называть «золоторожцами».

Перенесение названий не случайный гость в городской топонимике — так, переселенные в XV веке в Москву новгородцы принесли с собой улицу Лубяницу, которая со временем из-за особенностей столичного говора превратилась в Лубянку. По одной из версий, выходцы из Коломны дали имя прекрасному петербургскому району Коломна, где сохранилась почти в идеальной сохранности застройка XIX века. Целый остров в северной столице носит название Новая Голландия.

— Челябинская область. Село Париж. Эйфелева башня

Топография сакральная и индустриальная

С 1970-х годов в России развивается «сакральная топография», изучающая закономерности создания новых декораций, зачастую религиозных, под старыми названиями. Так, в 1656 году патриарх Никон начинает воплощать грандиозный проект по строительству Ново-Иерусалимского монастыря, подробно воссоздающий Святую Землю на территории размером 5 на 10 километров. Сакральное «перенесение» Гроба Господня вполне отвечает средневековому мировоззрению. Искусствовед А.М. Лидов считает, что подобное воссоздание имело большое значение в христианской культуре: «Оно включало не только создание архитектурных памятников, иконографических программ и богослужебных предметов, но и возникновение новых обрядов, драматургии света, среды запахов и собственно литературных текстов».

В XIX веке в Абхазии реализовали проект Новоафонского монастыря. В Одесской области можно обнаружить целый ряд поселений, названных в честь важных пунктов Отечественной войны 1812 года и последующих событий: Тарутино, Лейпциг, Малоярославец, Бородино. «Здесь название одного объекта является памятником в честь другого объекта и либо никак не характеризует сам называемый объект, либо, в лучшем случае, указывает ему на пример для подражания», — пишет исследователь Ю.А. Карпенко. На Южном Урале можно встретить ряд интересных названий, присвоенных поселениям казаков по инициативе оренбургского губернатора Владимира Обручева. Так в южных степях появились Лейпциг, Берлин, Варна, Париж, Фершампенуаз. Характерным культурным явлением современности стало стремление не только перенять название, но и создать соответствующую визуальную обстановку. В челябинском Париже установлена вышка сотовой связи, стилизованная под Эйфелеву башню.

В СССР именованию новых городов и индустриальных центров не блистали разнообразием. Географ Л.Л. Трубе возмущался: «И настолько ли „свет сошелся клином“, чтобы иметь по два Углегорска, Железногорска, Светлогорска, Нефтегорска и т. д. и т. п. Необходимо упорядочить, привести в определенную систему наименования городов и других поселений». Но миграционные потоки в Советском Союзе строго контролировались государством, поэтому при всем желании в новых населенных пунктах не найдешь исторического драматизма XVI–XIX веков.

Иногда места меняли название буквально на несколько дней в церемониальных целях. В 1775 году Москва отмечала победу над турками и гуляла на Ходынке, превращенной по проекту Василия Баженова в черноморское побережье. Императрица Екатерина II дала архитектору наказ: «Друг мой, в трех верстах от города есть луг. Вообразите себе, что этот луг — Черное море, что из города доходят до него двумя путями; ну, так один из этих путей будет Дон, а другой — Днепр; при устье первого вы построите обеденный зал и назовете его Азовом; при устье другого вы устроите театр и назовете его Кинбурном». Мельницы, дома, деревья иллюминировались, выглядели нарядно, в очередной раз вызывая призрак русской Европы.

Российские Гавайи

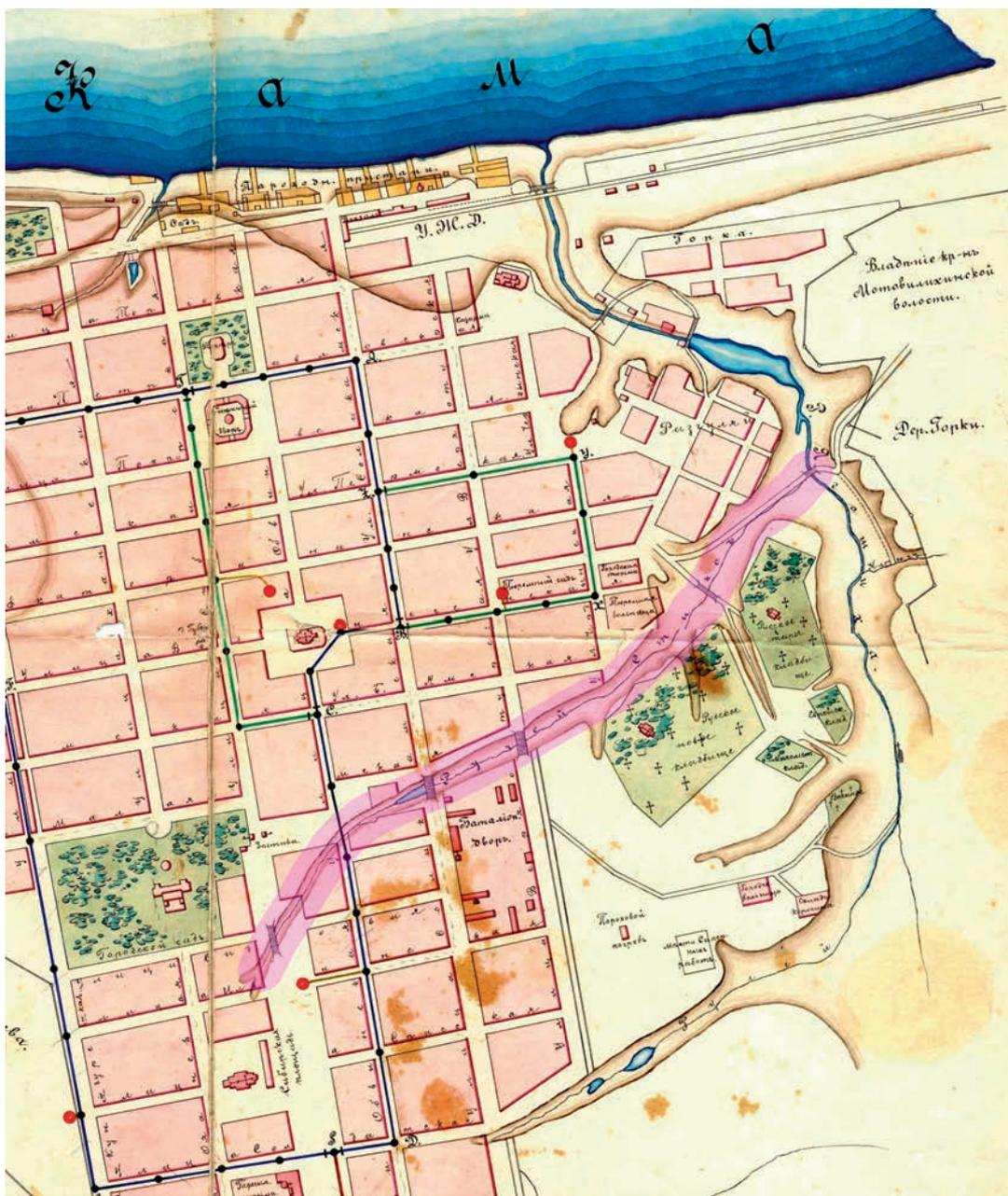
Но самый комичный пример такого «перенесения пространства» встречается в отечественной истории XIX столетия. В 1816–1817 годах Русско-американская компания (РАК) развернула обширную деятельность на Гавайских островах, открытых Куком за полвека до этого. На архипелаге фактически шла затяжная гражданская война, и русские предприниматели заняли сторону правителя Каумуалии. Почти единовластным проводником российской политики на островах стал служащий РАК Георг Шеффер. Нужно сказать, что скорость доставки сообщений не позволяла ему оперативно связаться не то что с Петербургом, но даже с «правителем» русской Америки Александром Барановым. Шеффер во многом полагался на авантюру, что чуть не спровоцировало конфликт между молодыми Соединенными Штатами и укрепившейся на своем восточном побережье Российской Империей.

ИЗ ИСТОРИИ РУССКОЙ АМЕРИКИ

Каумуалии — последний известный независимый правитель острова Кауаи, правивший в 1795–1821 годах.

Каумуалии формально признал власть короля всех Гавайских островов еще в 1806 году, однако до конца правления проявлял желание отстоять независимость острова, опираясь то на Российско-американскую компанию, то на бостонских торговцев. Первый раз вступил в контакт с русскими с корабля «Нева», который под командованием капитана Лисянского в 1804 году побывал на острове Кауаи. После того как в конце января 1815 года у берегов Кауаи потерпел крушение корабль «Беринг» (капитан Джеймс Беннет), находившийся там по поручению А.А. Баранова для покупки продовольствия, корабль вместе с грузом, который оценивался в 100 тыс. руб., был захвачен королем Каумуалии и местными жителями. Эти обстоятельства послужили поводом для отправки на Гавайи осенью 1815 года доктора Георга Шеффера (1779–1836).

Шеффер, вопреки стараниям американцев очернить его миссию, добился расположения короля. Каумуалии обязался не только вернуть спасенную часть груза «Беринга», но и предоставить Российско-американской компании монополию на торговлю сандаловым деревом. А 21 мая (2 июня) 1816 года Каумуалии подписал прошение о протекторате Российской Империи, переданное через Георга Шеффера императору Александру I, в удовлетворении которого, впрочем, позже было отказано.



ПЕРМСКИЙ СТИКС

Река (или ручей) Стикс — левый приток реки Егошихи. Первоначально, еще до основания медеплавильного завода, этот ручей назывался Ключевой, а позже стали именовать Акунькой. По одной из версий, название Стикс в честь «реки мертвых» из древнегреческой мифологии появилось в XVIII веке, в те времена река отделяла город от находившегося на противоположном берегу Егошихинского кладбища.

Согласно планам города Перми XIX века, исток Стикса находился в районе дома 53 по улице Сибирской, далее русло проходило на северо-восток через кварталы микрорайона Егошихинский (Островский). В 1804 году по указу Карла Федоровича Модераха, пермского губернатора, были созданы ров и вал, предназначенные для отведения талых и дождевых вод с полей в Стикс и Данилиху. В конце 20-х годов прошлого века исток Стикса засыпали, а саму речку-ручей загнали в трубы. Сегодня пермяки могут видеть лишь небольшую ее часть — ту, что протекает вдоль кладбища.

17 тысяч лет назад вблизи устья Стикса располагалась палеолитическая стоянка «Егошиха», обследованная в 2003 году Камской археологической экспедицией Пермского государственного университета под руководством Андрея Федоровича Мельничука.

«Подземные реки Перми», Пермское региональное отделение ОНИО «Космопоиск»

веты (она сохранилась, потому что была сложена из вулканического камня), Александра и славного Барклая. Рядом катил свои воды Дон, а на его берегах стояли «имения» Воронцова, Платова и Тараканова.

Перенесение названий — случай в мировой практике достаточно ординарный, особенно при освоении новых земель. Так, в американской Алабаме соседствуют городишки Афины, Окленд и Шанхай. Но в рассмотренном случае, казалось, все сложилось в идеальную картину: в метрополии праздновали благополучное завершение Отечественной войны, восстанавливали спаленную пожаром Москву, обласканный Британией Платов причислялся и получал мантию почетного доктора права, и все это отражалось за десятки тысяч километров, на Гавайях, только в меньшем масштабе.

Конец у гавайско-донской истории печален — Шефферу после всех топонимических экспериментов не удалось удержаться даже при дворе островной знати, он слишком долго обещал неведомую помощь из Петербурга. Немец отправился в Россию через Китай пробовать вселенские проекты присоединения островов. На Кауаи за главного остался Тараканов, получивший вольную лишь в 1819 году, а с ним «русских и креолов 24, алеут мужеска пола 37, женска 3». Часть своих людей он переправил в Калифорнию, часть — в Ситку, а сам поселился в Курске, откуда до настоящего Дона было гораздо ближе, нежели до гавайского.

С помощью таких топонимов-«мигрантов» краеведу несложно выдвинуть гипотезу о происхождении первопоселенцев той или иной местности. Но именно гипотезу: ведь порой в эту область вторгаются религиозные, праздничные, мемориальные и просто ироничные мотивы.

ПАВЕЛ ГНИЛОРЫБОВ

__Пермь. Река Стикс — приток Егошихи (карта 1898 г.)

Он развернул во владениях Каумуалии активную деятельность: построил три форта, дал новым крепостям названия в честь Александра I, его супруги Елизаветы и полководца Барклая-де-Толли. 6 октября 1816 года над островом развеялись русские флаги. Русские и гавайская знать пили за императора Александра, за короля Каумуалии, за Русско-американскую компанию. Был дан салют из 21 ружья.

Правитель разрешил принять русские имена нескольким государственным деятелям Гавайских островов. Так, вождь Таэра приобрел почетную добавку к имени — Воронцов, в честь Михаила Семеновича Воронцова, отличившегося в войне 1812 года и ставшего затем одесским генерал-губернатором. Таэра Воронцов — лишь цветочки. Посланник самого Каумуалии, некто Обана Тупигеа, получил от доктора Шеффера новое имя — Платов. Шеффер весьма своеобразно хотел укрепить позиции России и оставить в тропиках память о донском атамане Матвее Платове, бывшем на слуху у европейских политиков.

На острове Кауаи, одном из самых северных островов Гавайского архипелага, протекает небольшая речка Ханалепе. Ее российские романтики (или все же авантюристы?) решили назвать Доном. Почему именно, неизвестно; вероятно, неподалеку находились владения Обаны Платова. «Платов подарил Российско-американской компании деревеньку Туилоа с населением в 11 семей. Деревня располагалась «на правом берегу Дона». Шеффер начал возделывать местные земли, разбил сад, принял «оброк» в размере 30 свиней от местных жителей. Обана Платов получил приказ помогать Шефферу и снабдил его своими людьми для работы по хозяйству. «Платов работал все утро, пересаживая капусту», — с удовлетворением писал Шеффер в дневнике. В саду Георга Шеффера посадили маис, хлебное дерево, папайю, сахарный тростник.

Сыскались и настоящие русские на берегу гавайского Дона. Одна из деревенок в 13 семейств досталась Тимофею Никитичу Тараканову, курскому крепостному, который служил в РАК, перевез на остров Колоа жену и двоих детей и пытался учить русскому языку младшего сына Каумуалии. Старшего сына вождя хотели отправить в Петербург.

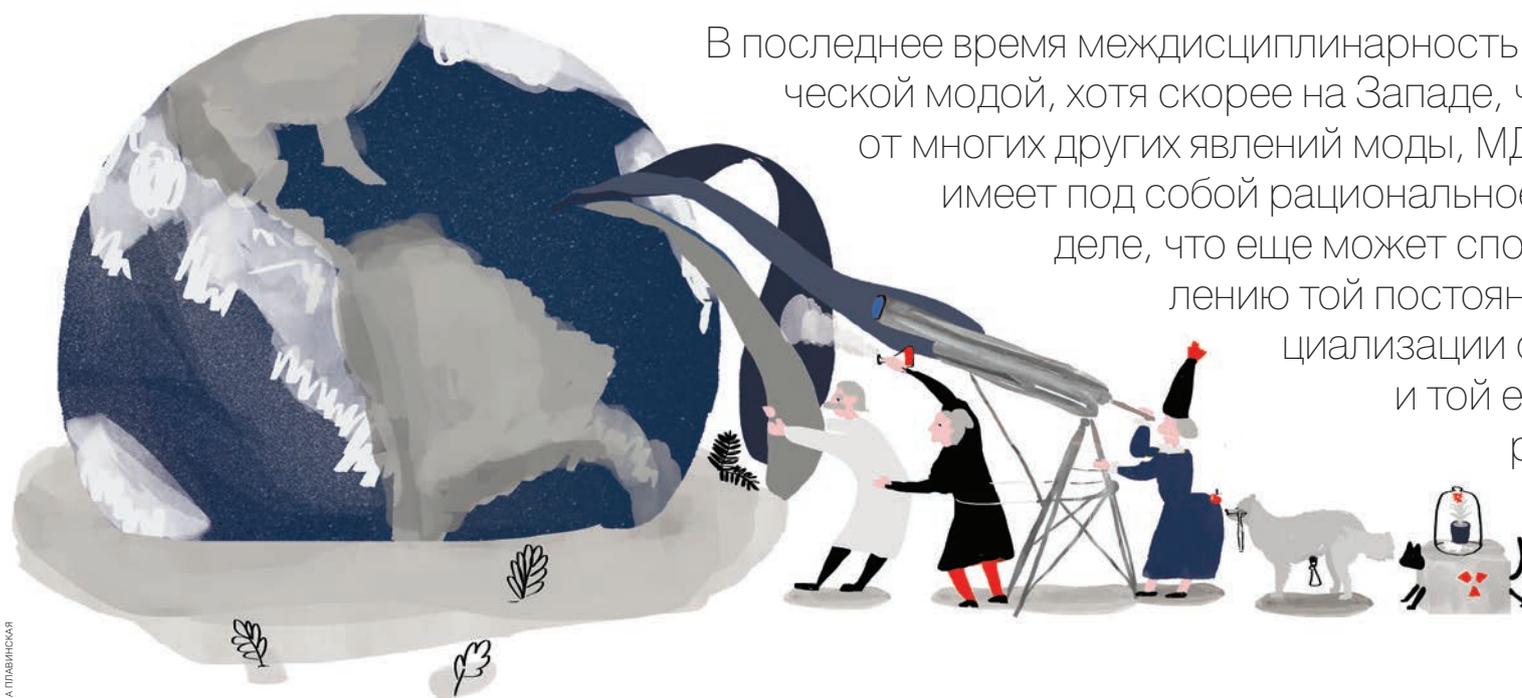
Мы не будем касаться политических последствий российского хозяйствования на Гавайях. Русских выбили оттуда уже в 1817 году, да и сам Петербург отказался от непонятных земель. Но важно другое: на краю света, куда вести из столицы шли год-полтора, наши соотечественники создали образцовый островной мирок, где их встречали родные имена, крепости в честь Елиза-

«ВРЕМЕННЫЕ» ПЕРЕИМЕНОВАНИЯ В РОССИИ В XX ВЕКЕ

- Богданово → Спасск (1779) → Беднодемьяновск (1925) → Спасск (2005) (Пензенская обл.)
- Владикавказ → Орджоникидзе (1931) → Дзауджикау (1944) → Орджоникидзе (1954) → Владикавказ (1990)
- Гольяны → Раскольниково (1918) → Гольяны (1938) (Удмуртия)
- Дмитровка → Дмитровск → Дмитровск-Орловский → Дмитровск (2005) (Орловская обл.)
- Долгопрудный → Дирижаблестрой → Долгопрудный (1938) (Московская обл.)
- Екатеринбург → Свердловск (1924) → Екатеринбург (1991)
- Ижевск → Устинов (1984) → Ижевск (1987)
- Нижний Новгород → Горький (1932) → Нижний Новгород (1990)
- Нолинск → Молотовск (1940) → Нолинск (1957) (Кировская обл.)
- Шлиссельбург → Петрокрепость (1944) → Шлиссельбург (1992) (Ленинградская обл.)
- Орлов → Халтурин (1923) → Орлов (1992) (Кировская обл.)
- Павловск → Слуцк (1918) → Павловск (1944) (пригород Санкт-Петербурга)
- Пермь → Молотов (1940) → Пермь (1957)
- Петергоф → Петродворец (1944) → Петергоф (1997) (пригород Санкт-Петербурга)
- Печоры → Петсери (1920) → Печоры (1945) (Псковская обл.)
- Пошехонье → Пошехонье-Володарск (1918) → Пошехонье (1992) (Ярославская обл.)
- Пыталово → Яунлатгале (1925) → Абрене (1938) → Пыталово (1945) (Псковская обл.)
- Романов-Борисоглебск → Тутаевск-Луначарск (1918) → Тутаев (1918) → Менделеевск (1941, решение не вступило в силу) → Романов-Борисоглебск (2016) (Ярославская обл.)
- Рыбинск → Щербаков (1946) → Рыбинск (1957) → Андропов (1984) → Рыбинск (1989) (Ярославская обл.)
- Санкт-Петербург → Петроград (1914) → Ленинград (1924) → Санкт-Петербург (1991)
- Самара → Куйбышев (1935) → Самара (1990)
- Сергиев Посад → Сергиев (1919) → Загорск (1930) → Сергиев Посад (1991) (Московская обл.)
- Ставрополь → Ворошиловск (1935) → Ставрополь (1943)
- Святой Крест → Прикумск (1920) → Будённовск (1935) → Прикумск (1957) → Будённовск (1973) (Ставропольский край)
- Гатчино → Троек (1923) → Красногвардейск (1929) → Гатчина (1944) (Ленинградская обл.)
- Набережные Челны → Брежнев (1982) → Набережные Челны (1988) (Татарстан)
- Ягельная Губа → Гаджиево (1967) → Скалистый (1981) → Гаджиево (1999) (Мурманская обл.)

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ ОТКРЫВАЕТ ПУТЬ К НОВОМУ СОСТОЯНИЮ ЗНАНИЯ

В последнее время междисциплинарность (МД) стала академической модой, хотя скорее на Западе, чем у нас. В отличие от многих других явлений моды, МД, как представляется, имеет под собой рациональное основание. В самом деле, что еще может способствовать преодолению той постоянно сужающейся специализации современного знания и той его фрагментации, результатом которых грозит стать «профессиональный кретинизм» носителей знания?



Как писал Ортега-и-Гассет, «прежде люди попросту делились на сведущих и невежественных... Но специалиста нельзя причислить ни к тем, ни к другим. Нельзя считать его знающим, поскольку вне своей специальности он полный невежда. Нельзя считать его невеждой, поскольку он „человек науки“ и свою порцию мироздания знает назубок. Приходится признать его сведущим невеждой, а это тяжелый случай, и означает он, что такой господин к любому делу, в котором не смыслит, подойдет не как невежда, но с дерзкой самонадеянностью человека, знающего себе цену». И Ортега прав: «профессиональный кретинизм» — это не личная проблема тех, кого он называет «современными [учеными] дикарями», и даже не специфическая проблема развития науки. Это — огромная социальная проблема, за нерешенность которой обществу, положившемуся на своих «экспертов», подчас приходится платить непомерно высокую цену.

Но что есть «дисциплина», чрезмерную современную узость и «оукленность» которой МД призвана преодолевать? Этимология слова дает важную подсказку. Латинская *disciplina* — это семейство значений, корень которого — «наставление, данное ученику». То, на что «дисциплина» направлена в первую очередь, — это ее носитель, «ученик», находящееся в подчинении лицо, выдрессированное так, чтобы быть исполнителем сообщаемого ему правила. В случае, скажем, армейской дисциплины это самоочевидно. Но и в научном мире исполнение неких правил деятельности, позволяющих идентифицировать ее как «научную» и конституирующих ее как таковую, столь же необходимо, как необходима и дрессировка лиц, готовых внимать «наставлению». Далее, дисциплина есть иерархия и власть. Как минимум должен быть источник «наставления», формирующего «учеников». Эволюция дисциплины может привести к ниспровержению прежних кумиров. Но это произойдет лишь при условии установления новых кумиров и никогда не даст «идеальную свободную коммуникацию равных», где властью будет обладать лишь «лучший аргумент», — хотя бы потому, что всегда потребуются некто, устанавливающий то, что и по каким критериям считается «лучшим». «Дисциплина» также требует недопущения вопрошания о ней самой, о ее *raison d'être*. Конечно, академическая дисциплина даже поощряет дискуссии. Кроме тех, которые ставят под вопрос приоритет самой дискуссии как формы движения мысли и целесообразность науки как таковой для счастья людей, которое вообще-то является их высшей, как говорил Аристотель, целью. В этом смысле академическая дисциплина — классический пример того, что Пьер Бурдьё называл существованием «тезиса без антитезиса».

Итак, «дисциплина» — это в первую очередь социальный институт. Поэтому академическую дисциплину мы можем определить как социальный институт, исполняющий или претендующий на выполнение функции «когнитив-

ного механизма», функции производственной линии того, что в данном обществе считается «знанием» и что поэтому соответствующим образом участвует в воспроизводстве данного общества.

Историки науки связывают возникновение дисциплин в указанном смысле с образованием с конца XII века великих средневековых университетов. Конечно, средневековые дисциплины — в отличие от современных — были субординированы по принципу «старшинства» (благодаря чему выстраивалась иерархия богословия—права—медицины—факультета «семи свободных искусств»). В этом отражалось целеполагание университета как корпорации «схоляров» для приумножения единого христианского знания, что уже исключало появление той проблемы «профессионального кретинизма», способ решения которой ныне видят в МД.

Специфика современного состояния дисциплин состоит не только в том, что они перестали быть слагаемыми целостной картины мира. Ключевое значение для их формирования и функционирования имеет присущий только им комплекс «предмет—метод—понятийный аппарат—теоретический продукт—сверхзадача». Становление и эволюция этого комплекса — центральная тема истории современной науки. Бегло отметим лишь некоторые моменты этого процесса.

Великий толчок ему дало утверждение эксперимента в качестве истока «достоверного знания», а также математизированной формы его описания и изложения полученных результатов. Экспериментально-математизированное знание становится своего рода моделью современного научного знания как такового. Одновременно это такое знание, которое организовано «правильным методом». «Методцентризм» современной науки (в идущей от Декарта традиции) означает нечто большее, чем упор на отточенность и формализацию приемов и средств исследовательской работы. Метод — это то, что задает сам предмет исследования, то, что конструирует (в смысле кантовского и посткантовского конструктивизма) мир в его податливости для современной науки. Именно относительно этого ставшего податливым мира современная наука осуществляет свою сверхзадачу — предсказывать будущие состояния изучаемых предметов, в идеале — мира в целом. Футурология в этом смысле — всего лишь (пусть гротескное) выражение конституирующего всю современную науку стремления «укротить» будущее, ибо только при его «укротении» мир становится окончательно податливым для экспериментального манипулирования, как *elan vital* всей современной науки.

Организованные таким образом современные дисциплины дали колоссальный кумулятивный рост того, что мы считаем знанием. На обратной его стороне мы видим следующее. Во-первых, распад целостной картины мира, которая только и может сообщить смысл деятельности человека. То, что

условно и в качестве собирательного термина можно назвать «научным мировоззрением», есть по сути (более или менее) «систематизированная бессмысленность». Во-вторых, чем более консолидирована дисциплина в качестве «когнитивного механизма», тем большим консерватизмом и инерционностью она отличается. Ее первейшим интересом становится самосохранение, а отнюдь не познание неизведанного. Последнее ограничивается и фильтруется таким образом, чтобы оно не угрожало захваченному данной дисциплиной «домену» (реальности) и ее монопольному освоению его. В-третьих, если образование современных государств обратило вспять и положило конец феодальной раздробленности, то образование современных дисциплин, напротив, само стало формой потенциально бесконечного дробления знания. В той же логике, в какой «материнские» дисциплины обособлялись от некогда единого христианского знания, внутри их самих возникают субдисциплины, рано или поздно начинающие претендовать на дисциплинарную суверенность и в бесконечных усобицах между собой и с прежним сувереном производящие передел закрепленного за данной (распадающейся) дисциплиной домена. В МД и видят стратегию купирования этих «негативных» сторон развития современных дисциплин.

В качестве исходного возьмем следующее более или менее стандартное определение МД: это метод исследовательской и педагогической работы, который «интегрирует данные, инструментарий, приемы, концепции двух или более специализированных дисциплин с тем, чтобы продвинуть понимание фундаментальных проблем или ответить на вопросы, изучение которых выходит за пределы возможностей каждой отдельной дисциплины». Сам термин «междисциплинарность» возникает, похоже, в 30-е годы XX века, причем, что примечательно, не в научной литературе, а в административных документах. (В 1937 году US Social Science Research Council анонсирует «междисциплинарные» стипендии для исследований, комбинирующих достижения двух и более наук.) В 30–40-е годы прошлого века идея МД активно продвигается в США так называемым Движением за единство науки (Unity of Science Movement), которое открыто ставит своей целью целостное объяснение мира на основе «больших и упрощающих концептов», таких как квантовая механика, второй закон термодинамики, общая теория систем... Однако вплоть до 70-х годов XX века институционализация МД продвигается медленно. Картина резко меняется после так называемых студенческих революций конца 1960-х — начала 1970-х годов, в числе важных требований которых была перестройка учебных программ в направлении формирования у студентов целостной картины мира, акцентирования исторического и политического измерений знания и сближения теории и практики. В 1972 году появляется эпохальный доклад Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) под названием «Междисциплинарность», который дал старт череде конференций и симпозиумов всякого рода по этой теме и бурному росту междисциплинарных программ в американских университетах. Уже в 1973 году их насчитывалось более 7 тыс. (в 2005 году их число перевалило за 20 тыс.). Обычно «междисциплинарными» считаются программы четырех основных типов.

■ Одна дисциплина, сохраняя свою «идентичность», заимствует некоторые элементы (понятийного аппарата, методов исследования и описания и т. д.) у другой. Так, ряд социальных наук используют математический аппарат, экономические модели применяются в социологии, политической науке и т. д. Некоторые исследователи считают это «псевдомеждисциплинарностью».

■ Более глубокое, чем в первом случае, взаимопроникновение дисциплин, варьирующееся в диапазоне от «вспомогательной» (*auxiliary*) до «частичной МД». Таким путем складываются, к примеру, «историческая социология», «политическая антропология» и т. д.

■ «Интегративная МД» — слияние в одну новую существовавших в качестве независимых дисциплин, примерами чему могут служить «биофизика», «социолингвистика», современная «политическая экономия» и т. д.

■ «Тематическая МД» — устойчивое, нередко институционализированное взаимодействие не утрачивающих самостоятельности дисциплин при исследовании определенного общего для них предметного поля. Примерами такой МД могут служить «гендерные исследования», «урбанистика», «международное развитие» (*international development*), «экология» и т. д.

Рассуждая о МД, нужно избегать двух крайностей или упрощений: противопоставления дисциплинарности и МД по принципу «или—или» (не говоря уже о наивном представлении о том, будто в «наше время» вторая идет на смену первой) и усмотрения в МД панацеи от всех проблем, с которыми сталкивается дисциплинарно организованная наука. МД лучше понимать в качестве саморефлексии дисциплин, к которой их принуждают возникающие перед ними проблемы, оказывающиеся им «не по зубам». Попавшая в такое положение дисциплина начинает рефлексировать собственную недостаточность и может обратиться к другим (обычно «смежным») дисциплинам для пополнения собственных познавательных ресурсов, проходя на этом пути те или иные стадии междисциплинарности. Такая саморефлексия обычно протекает по общим правилам формирования теории, которые свойственны самим дисциплинам, и — в случае своей успешности — иногда ведет к образованию новой дисциплины в логике «интегративной МД» или к появлению структур, обозначенных как «тематическая МД». Похоже, каждый крупный прорыв в социальных науках за последнюю пару столетий начинался с дисциплинарной саморефлексии, протекал в тех или иных формах междисциплинарного синтеза и завершался появлением

новой дисциплины или субдисциплины в старых дисциплинарных рамках. МД, таким образом, можно понять как особый эвристический момент в развитии старой или зарождении новой дисциплины, конкретное содержание и логика которого диктуются специфическим характером проблемы, «запускающей» в данном случае междисциплинарную трансформацию знания, а также наличными взаимоотношениями дисциплин. Нет никакого абстрактного свода правил междисциплинарного исследования, применимых к проблемным ситуациям науки независимо от их конкретного контекста. Главная трудность междисциплинарности состоит в том, что ее каждый раз нужно «изобретать» заново — в столкновении именно с данной проблемой, в ситуации саморефлексии данной дисциплины и данных имеющихся отгаку для этого ученых.

Коли так, то как можно научить междисциплинарности? Как можно формализовать и представить в виде свода общих правил, без чего невозможна передача знания в рамках учебного процесса, то, что по своей сути всякий раз оказывается моментом творчества и образуется *ad hoc*? Похоже, существует неразрешимое противоречие между исследовательской практикой МД и обучением МД как педагогической задачей.

Думается, признание такого противоречия есть первое условие создания эффективных междисциплинарных университетских программ. Оно должно вести к принципиальному отказу от любых попыток обучить МД как таковой, от натаскивания в (будто бы существующих) правилах МД. Смыслом таких программ может быть только подготовка студентов к их возможному столкновению (в качестве исследователей) с проблемами такого рода, которые могут потребовать перешагивания через устоявшиеся границы дисциплин, как они существуют в данный момент, и междисциплинарной эвристики. Такая подготовка, видимо, должна включать в себя следующие основные компоненты.

■ Историческая и, если угодно, социологическая критика дисциплинарной организации знания как таковой. Она призвана не дискредитировать дисциплинарную организацию знания, а показать ее в качестве специфического исторического продукта, свойственного обществу определенного типа и подчиненного реализации определенных функций (далеко не только строго познавательных), приданных ей данным обществом. Такая критика должна показать студентам историчность, релятивность и, так сказать, контингентность границ любой дисциплины, присущих ей форм мысли и истин. Только поняв это, они могут стать готовы — в случае необходимости — перешагивать их и экспериментировать с ними, в том числе — в формах МД.

■ Этой же цели должны способствовать курсы по «истории науки», выстроенные как описание конфликтующих, дополняющих и сменяющих друг друга дискурсивных практик и противопоставленные детерминистскому линейному изображению прогресса науки от «заблуждения к истине».

■ МД нельзя научить, но можно показать, как она работала в истории мысли и какие результаты давала при столкновении выдающихся умов с конкретными проблемами своих эпох и культур, беря, к примеру, «кейсы» Юма и Адама Смита, Гегеля и Маркса, Макса Вебера и Франкфуртской школы, Мюрдаля и Хайека и т. д. Это — максимальное приближение к тому, что можно назвать «обучением МД», но обучением на практике конкретной исследовательской работы — в логике «делай с нами», а не посредством заучивания «катехизиса междисциплинарности».

■ Тому же должно способствовать максимальное сближение учебного процесса и собственной исследовательской работы студентов. Без ощущения ими живой потребности в МД любое наставление относительно нее окажется бесполезным. Ключевую роль в привитии вкуса и развитии способности к междисциплинарной работе играет научное руководство студентами, выведение их на ту проблематику, которая делает практику МД необходимой.

■ Фундаментальная демократизация отношений между преподавателем и студентом. МД всегда есть вызов устоявшимся в данной дисциплине авторитетам. Элемент «низового бунтарства» неустраним из нее, если она хоть сколько-нибудь плодотворна. Преподаватель, ведущий студента к МД и потому по определению имеющий авторитет, оказывается в парадоксальном положении соучастника в «бунте» против авторитетов, каким и является междисциплинарное исследование. Разрешить этот парадокс невозможно иначе, как «сократическим методом»: успешное наставничество — это такое, которое ведет к самоустраниванию иерархии, изначально заложенной в отношении между наставником и учеником, — его результатом должно становиться взаимодействие равных в совместном искании «истины».

Итак, МД не есть альтернатива дисциплинарности, не есть панацея от зол (негативных сторон) дисциплинарного развития науки, включая зло «профессионального кретинизма». В отношении их МД в лучшем случае — паллиатив. Но в некоторых ситуациях развития дисциплинарного знания, а они с определенной частотой случаются в науке, МД оказывается тем необходимым посредником, без которого невозможны прорывы к новым горизонтам знания и появление новых его состояний. И поэтому МД должна целенаправленно культивироваться на уровне университетского образования как подготовка к действиям в таких ситуациях, которые в наш век могут стать более обычными, чем раньше.

БОРИС КАПУСТИН, доктор философских наук,
Высшая школа экономики

КАК РАСПОЗНАТЬ ПЛАГИАТ В ПЕРЕВОДЕ

Недобросовестные заимствования из иноязычных источников трудно выявить. Задачу можно решить путем поиска смысловых совпадений, используя созданный российскими учеными многоязычный словарь понятий.

Заимствования в научных работах представляют сейчас серьезную проблему не только в России, но и в других странах. В академической практике западных университетов и научных журналов приняты правила, регулирующие допустимость заимствований и способы их оформления. Есть четкие критерии отнесения некорректных заимствований к плагиату. Плагиатом, как правило, считается любое использование чужих идей и высказываний без должной ссылки на источник, в том числе пересказ текста другого автора без указания на первоисточник.

В России пока к выявлению плагиата не везде относятся с необходимым вниманием, хотя во многих научных и образовательных организациях для автоматизации поиска плагиата разработаны специальные информационные системы. Однако возможности этих систем ограничены: они не позволяют выявлять как заимствования при существенном изменении лексического состава или структуры текста недобросовестным автором, так и заимствования из текстов на иностранном языке.

Для поиска заимствований из иноязычных текстов необходимо уметь сопоставлять тексты на разных языках, а для этого следует научиться выявлять и формализовать содержание разноязычных текстов. Решение этой проблемы осложняется тем, что в естественных языках существует развитая синонимия. Это затрудняет использование существующих систем автоматического перевода текстов для поиска заимствований.

Несколько лет назад сотрудники Института проблем информатики Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» (ФИЦ ИУ) РАН совместно с компанией «Мегафраз» занялись проблемой поиска заимствований в многоязычных массивах текстов. В основу работы была положена концепция профессора Герольда Белоногова, специалиста в области компьютерной лингвистики, в соответствии с которой наиболее устойчивыми единицами смысла в языке являются так называемые понятия, выраженные отдельными словами или устойчивыми словосочетаниями. По Белоногову, именно они являются базовыми строительными блоками, на основе которых формируются смысловые единицы более высоких уровней, в частности, предложения. Их и нужно сопоставлять для установления смыслового тождества или близости текстов или их фрагментов (в том числе и разноязычных). При этом необходимо учитывать вариативность форм представления в тексте одного и того же смысла.

Был создан необходимый для такого сопоставления словарь, объединяющий в кластеры слова и словосочетания с тождественными или близкими по смыслу значениями на русском и английском языках. В этом словаре всем словам и словосочетаниям, являющимся формой представления одного и того же понятия, сопоставлялся уникальный идентификатор. На сегодняшний день в словаре более 3,5 млн словарных статей. Участие лингвистов в работе над словарем позволило включить в него около полумиллиона словосочетаний, связанных отношениями синонимии. Созданный словарь получил название «Многоязычный словарь унифицированных формализованных представлений наименований понятий (многоязычный словарь УФПНП)».

Фрагмент словаря представлен в таблице. Разработаны и технологии, теоретически позволяющие добавлять в словарь и другие языки.

Такой подход дает возможность — после процедуры формализации — хранить в базе данных информацию о тексте в виде уникальных, независимых от языка идентификаторов, что позволяет минимизировать вычислительные ресурсы при поиске заимствований. Скорость поиска заимствований для разноязычных текстов не должна отличаться от скорости существующих информационных систем, не способных обрабатывать многоязычные тексты. Единственными процедурами, в которых задействованы более сложные алгоритмы, будут семантико-синтаксический анализ и формализация содержания текстов, — но они осуществляются лишь однократно, при занесении текста в базу данных. Связанная с этим потеря скорости может компенсироваться за счет использования параллельных вычислений.

Разработанный метод выявления заимствований в текстах разноязычных документов предполагает несколько этапов.

На первом этапе определяется язык анализируемого текста и выявляется совокупность значимых наименований понятий с указанием их

___Точность (precision) — отношение числа релевантных документов, найденных поисковой системой, к общему числу найденных документов.

___Полнота (recall) — отношение числа найденных релевантных документов к общему числу релевантных документов в базе.

___F-мера (F-measure, мера Ван Ризбергена) — взвешенное среднее гармоническое точности P и полноты R.

места в тексте. После чего каждому наименованию присваивается номер из «Многоязычного словаря унифицированных формализованных представлений наименований понятий». Затем производится поиск совпадающих номеров в массиве формализованных представлений текстов, определяющий список тех, что близки ему по лексическому составу.

На втором этапе для каждой пары текстов (исходного и одного из списка лексически ему близких) устанавливаются пары наиболее близких по содержанию фрагментов. Затем для выделенных фрагментов определяется мера локальной смысловой схожести. Она определяется как сходство контекстного окружения попадающих в единый словарный кластер единиц.

На третьем этапе выбираются последовательности единиц со значением меры локальной смысловой схожести выше заданного порога. Для каждой такой последовательности вычисляется степень их глобальной смысловой схожести — сходства состава и порядка следования в текстах. В зависимости от степени соответствия заданным критериям делается вывод о наличии или отсутствии заимствований. Вся информация о проведенном поиске заносится в базу данных.

Предложенный алгоритм был реализован в виде экспериментального программного обеспечения для обработки текстов на двух языках (русском и английском). Его эффективность была проверена на корпусе, включающем 2000 русских и английских текстов, а также 1200 пар параллельных текстов на этих языках. При тестировании были получены неплохие значения показателей эффективности: полнота — 0,73, точность — 0,99 и F1-мера — 0,84. В процессе дальнейшей работы и при наполнении словарей новой лексикой эти показатели могут быть улучшены. Но и сейчас проделанная работа представляется значительным шагом вперед: до сих пор задача поиска заимствований для массивов разноязычных текстов на должном уровне решена не была.

ВИКТОР ЗАХАРОВ, доктор технических наук, доцент, ученый секретарь ФИЦ ИУ РАН;

АЛЕКСАНДР ХОРОШИЛОВ, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ФИЦ ИУ РАН;

АЛЕКСЕЙ ХОРОШИЛОВ, кандидат технических наук, научный сотрудник ФИЦ ИУ РАН

СЛОВАРИ, ЛЕГШИЕ В ОСНОВУ МНОГОЯЗЫЧНОГО СЛОВАРЯ УФПНП

1. Автоматика и радиоэлектроника	9. Энергетика	17. Физика
2. Политика и общество	10. Геология и геофизика	18. Международные отношения
3. Биология и химия	11. Парламентская деятельность	19. Средства массовой информации
4. Архитектура и строительство	12. Атомная энергетика и физика	20. Право и налогообложение
5. Экономика и бизнес	13. Авиакосмический	21. Информационные технологии
6. Универсальный (общая лексика)	14. Медико-биологический	22. Техника и транспорт
7. Компьютерные технологии	15. Военно-технический	
8. Корпоративное управление	16. Геодезия и земельный кадастр	

ФРАГМЕНТ МНОГОЯЗЫЧНОГО СЛОВАРЯ УФПНП

№	Основное значение в словаре	Синонимы	Эквиваленты на другом языке (английский)
816437	нефтехранилище	нефтьсклад / хранилище	oil reservoir / oil storage / petroleum storage / tank farm
816438	нефть	каустобиолит/петролеум / черное золото	mineral oil / naphtha / oil / petrol / petroleum / rock-oil
816439	нефтяник	нефтьдобытчик	Oilman / oil-industry worker

«НУЖНО СДЕЛАТЬ ТАК, ЧТОБЫ СУММАРНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ НАЦИИ СНОВА НАЧАЛ РАСТИ»

О том, какое отношение фемтосекунды имеют к сверхсильным электромагнитным полям, зачем фундаментальной науке нужна дружба с «оборонкой», почему ей лучше заниматься в регионах и какова роль РАН в повышении суммарного интеллекта нации — в интервью академика АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВА, директора Института прикладной физики РАН.



— Александр Михайлович, не могли бы вы рассказать об основных задачах, которыми вы занимаетесь?

— Я возглавляю крупный исследовательский центр — Институт прикладной физики РАН; в нем работают более 1600 человек, из них 700 ученых. Это многопрофильное учреждение. Но я сконцентрирую беседу на одной области — физике коротких или сверхкоротких лазерных импульсов и физике сверхсильных оптических полей. Эти тематика, сверхкороткие длительности и сверхсильные поля, взаимосвязаны и находятся на передних рубежах современной науки.

Представьте себе часы, в них есть секундная стрелка. С их помощью можно измерять только процессы длительностью больше 1 секунды, а меньше — например, одну миллисекунду — этими часами измерить уже нельзя, нужны более чувствительные часы. Сейчас самый маленький доступный для измерения временной масштаб в физике — 10-15 секунд, или одна фемтосекунда. Мы научились получать лазерные импульсы такой длительности, оперировать этими импульсами, использовать их для метрологии. Это очень важное событие.

Фемтосекунды и возможности их измерения связаны с изобретением лазеров. Первый лазер появился в 1960 году, и лазерная физика научилась получать и измерять импульсы с длительностями в наносекунды и пикосекунды. А в 1980-е годы, наконец, пришло время фемтосекунд. Существует целый ряд причин, почему они оказались интересными. Ими можно измерять процессы, крайне важные для понимания устройства мира. Например, один из фундаментальных процессов в основе существования материи — движение атомов в молекуле. До появления фемтосекундных лазеров для подобных наблюдений не было совершенно никаких возможностей. В 1999 году американскому ученому Ахмету Зевейлу присудили первую Нобелевскую премию за фемтосекундную науку: за то, что он с помощью соответствующей техники впервые смог увидеть, как колеблются атомы в молекуле. Интересно, что премия дана по химии, несмотря на то что он использовал новый физический инструментарий. Кстати, сейчас мы осваиваем аттосекундный (10-18 с) диапазон, и с помощью лазеров в перспективе можно будет наблюдать, как двигаются электроны в молекуле — еще более глубокий срез природы.

Следующий важный аспект: фемтосекундная оптика может существенным образом повлиять на развитие информационных технологий. Когда мы передаем информацию, самым простейшим способом является побитовая передача, последовательная передача импульсов в виде системы 1/0 (1 — сигнал пришел в определенный временной проме-

жут, 0 — не пришел). Предположим, мы хотим передать информацию путем генерации последовательности импульсов. Совершенно ясно, чем чаще расположены импульсы, тем больше бит в секунду можно передать. Но при этом мы должны располагать импульсы так, чтобы расстояние между ними было не короче самих импульсов. Интернет 100 мегабит в секунду (108 бит в секунду) считается хорошей скоростью передачи информации. Но предположим, что у нас есть импульсы длительностью 10 фемтосекунд (10-14 секунды), и для передачи информации мы располагаем их со скважностью 10, то есть на расстоянии 100 фемтосекунд друг от друга (10-13 секунды). Плотность передачи информации с помощью такой последовательности импульсов на пять порядков больше, чем мы имеем в скоростном интернете сейчас!

Есть еще один интересный аспект фемтосекундной оптики — возможность 3D-фокусировки энергии, ведь короткий во времени импульс — это маленький сгусток в пространстве (10 фемтосекунд соответствует приблизительно 3 микронам). А лазерное излучение может быть еще и сфокусировано. Мы можем сфокусировать оптическую энергию в маленькие трехмерные пространственные сгустки и заниматься детальным изучением структуры вещества, возбуждая его крошечные участки. В 2014 году была присуждена еще одна Нобелевская премия по химии, связанная с фемтосекундами. Присуждена физикам, работающим с биологическими объектами. Они изобрели методы микроскопии сверхразрешения. За счет того, что сфокусированные оптические фемтосекундные импульсы могли целевым образом возбуждать субмикронные объекты, стало возможным сделать микроскопию с пространственным разрешением на уровне нескольких нанометров, то есть на два порядка преодолеть так называемый дифракционный запрет, существующий в физике. Это впервые доказал Стефан Хелл, продемонстрировавший наблюдения деталей живых клеток со сверхразрешением.

В 2005 году Теодор Хенш и Джон Холл тоже получили Нобелевскую премию за использование фемтосекундных импульсов. Это была премия по физике за разработку очень точной метрологии, которая позволила поставить в повестку дня задачу о наблюдении дрейфа так называемых фундаментальных констант. В физике есть константы: постоянная Планка, скорость света, заряд электрона и др. — величины, которые входят в формулировки фундаментальных законов для описания мира. Вопрос о том, постоянны ли константы, является весьма парадоксальным, но никто не знает, действительно ли они неизменны во времени. Точность измерений отдельных физических величин, которую удалось получить с помощью современных фемтосекундных лазерных комплексов, фантастическая — 10-18.

Но какое отношение фемтосекунды имеют к сверхсильным электромагнитным полям? Именно с помощью фемтосекундных импульсов оказалось возможным генерировать сверхмощные импульсы и получать очень сильные электромагнитные поля. Вспомним определение мощности: это энергия, деленная на время. Если мы хотим получить большую мощность, нужно либо увеличивать энергию, либо уменьшать время. Увеличивать энергию лазерного импульса можно, но это более затратный путь: нужно накапливать энергию в большем количестве в конденсаторах, это дорого. Есть и другой путь: можно увеличить мощность, укорачивая импульс. Физики продемонстрировали беспрецедентные возможности получения гигантской мощности за счет концентрирования оптической энергии в фемтосекундных временных интервалах. Фантастические уровни! Сейчас в нескольких лабораториях мира — в том числе и у нас в институте — есть лазерные импульсы с пиковой мощностью около 1015 ватт. Энергия, содержащаяся в этих лазерных импульсах, сравнительно небольшая, речь идет примерно о 10 джоулях на импульс. Но если эту энергию сконцентрировать в течение 10 фемтосекунд, то получится 1 петавайт — в 50 раз больше, чем мощность, которая вырабатывается всеми источниками электроэнергии на Земле. Это чудовищная мощность. Никто не знает, что произойдет с веществом, если такое излучение будет на него действовать! Это интересный предмет фундаментальных исследований. Фемтосекундная оптика оказалась ключом для получения больших полей, больших мощностей.

— Предложенный вами проект лазера XCELS включен в число проектов меганауки. Расскажите, пожалуйста, о нем. Зачем вообще нужны мегапроекты?

— Источники сверхсильных полей — один из наиболее перспективных инструментов для продвижения рубежей фундаментальной физики. В 2006 году мы построили один из первых в мире петаваттных лазеров в нашем институте. И наш проект XCELS — проект строительства субэксаваттного лазера — отражает видение, как мы можем двигаться к следующему, эксаваттному (10¹⁸ Вт) уровню мощности. Сейчас максимальной уровень мощности лазерных импульсов в мире — 2-3 петаватта, самые смелые проекты рисуют 10 петаватт. Наш же проект — строительство лазера с мощностью 200 петаватт — расшифровывается как «Эксаваттный центр по исследованию экстремальных световых полей» (XCELS — EXawatt Center for Extreme Light Studies).

Нужно создать такие сильные поля, чтобы вакуум начал разрушаться. Что при этом случится, не знает никто

Такой лазер нужен, чтобы еще глубже продвинуться в исследовании материи. Но есть еще одно очень интересное приложение. Если говорить о фундаментальных исследованиях, то этот лазер позволит впервые в лаборатории исследовать пространственно-временную структуру вакуума. Мы будем изучать не только поведение вещества в сверхсильных полях, но и изучать, так скажем, поведение пустоты. Ведь никто не знает, что такое вакуум, что там есть внутри. Может быть, он все же состоит из чего-либо, но мы просто пока не можем этого увидеть. Мы же не знали, из чего состоит атом, пока не разрушили его и не увидели положительно и отрицательно заряженные частицы. Так же мы планируем работать и с вакуумом. Нужно создать такие сильные поля, чтобы вакуум начал разрушаться. Что при этом случится, не знает никто. Существуют теоретические представления о квантовой структуре вакуума, но его необходимо изучать экспериментально.

Есть много других интересных направлений использования источников сверхсильных полей, например, создание компактных ускорителей заряженных частиц. Помимо фундаментальных исследований есть и прикладные. Например, одна из современных медицинских технологий в онкологии — протонная терапия. Протоны разгоняются на расстоянии в десятки метров для получения энергии в 250–300 мегаэлектронвольт и потом прицельно — в отличие от лучевой терапии — направляются на нужное место. В зависимости от энергии ионного пучка можно локализовать энерговыделение на желаемой глубине. То есть здоровые участки биотканей, окружающие опухоль, не повреждаются. Компактизация ускорителей заряженных частиц на основе лазерных источников позволит установить центр ионной терапии в каждой онкологической клинике, а не возить пациентов к установкам, как приходится сейчас. В целом же XCELS — проект по созданию современной исследовательской инфраструктуры.

В Европе сейчас строится около 35 исследовательских инфраструктур. А в России в 2011 году правительство отобрало шесть проектов с уникальными характеристиками, которые были отнесены к классу меганауки. Один из них наш.

Конечно, с тех пор страна попала в неблагоприятные для развития науки условия, — и экономические, и внешнеполитические, — и из шести проектов сейчас строятся только два. Первый из них проект ПИК под Санкт-Петербургом в одном из подразделений Курчатовского института — уникальный источник нейтронов. Проект достаточно старый, его начали делать еще в СССР, но очень интересный. Под натиском зеленых число исследовательских реакторов нейтронов в Европе сокращается. А этот проект может сделать Россию ведущей державой по нейтронным исследованиям. Второй проект получил финансирование в прошлом году, проект в Дубне в Объединенном институте ядерных исследований, который называется «НИКА» и заключается в создании коллайдера тяжелых ионов, когда в процессе их столкновений достигается рекордная плотность ядерной материи. Наш проект пока стоит в очереди и ждет финансирования на строительство здания центра XCELS. Сейчас в Министерстве образования и науки заместителем министра стал академик Григорий Трубин — человек, который самым непосредственным образом участвовал в запуске проекта НИКА, то есть профессионально занимается крупными инфраструктурными проектами. Поэтому мы надеемся, что вопрос об оставшихся мегапроектах скоро появится в повестке в министерстве.

— В той области физики, которой вы занимаетесь, Россия — один из мировых лидеров. Почему так получилось? Это советское наследие, везение, правильная концентрация ресурсов или что-то еще?

— Все сразу. Но все же самое главное — концентрация компетенций. У нас есть в стране и головы, и руки, особенно если говорить о лазерных делах. Они могут сделать все что угодно, если есть достаточные для этого финансовые ресурсы. Тому пример наш петаваттный лазер. Если есть задачи и средства на их решение, то все обязательно получится и мы выйдем в мировые лидеры. Наш лазер сделан по заказу и на средства Российского федерального ядерного центра в Сарове, находящегося в системе Росатома. Он заказал нам два лазера: один — демонстрационный, для нас, второй — для исследований у них. Так мы стали обладателями уникального исследовательского инструмента.

Наличие в одном институте широкого круга компетенций позволяет не только решать разнообразные задачи, но и в ряде случаев понять, как именно их следует решать. Мы называем это способностью решать «обратные задачи»: когда определена цель, но неизвестны способы. Например, приходит серьезный заказчик и просит создать систему диагностики какого-либо явления. Он сам не знает, как это можно сделать: с помощью электромагнитных волн, или акустических, или как-нибудь еще. Он говорит: это нужно сделать, а вы, физики, уже сами придумывайте, как. Если бы он обратился в маленький институт, там просто могло не быть компетенций, необходимых для понимания того, в какой области вообще находится эта задача. Именно поэтому крупные институты, как бы ни ругали их за бюрократию и другие недостатки, — ключ к крупным проектам. Без них мы не вернемся вновь на уровень большой науки.

— А есть ли, по-вашему, особенности у региональной российской науки, чем она отличается от столичной? Вопрос, в частности, касается молодых, только приходящих в науку исследователей.

— Наука не только не делится на региональную и столичную, она вообще интернациональна. Но в регионах наукой заниматься комфортнее. В крупных странах, где развивается наука, она уехала из столиц. Ведь при одной и той же зарплате вы чувствуете себя более обеспеченным, находитесь в более комфортном состоянии в Нижнем, чем в Москве. Столица — это политика, бизнес, международные отношения. А науке, особенно фундаментальной, нужно тихое, спокойное место.

Что же касается молодых специалистов, то мы тщательно готовим их в своем городе, целенаправленно выстроили систему подготовки кадров со школы до кандидатов наук. В научно-образовательном центре института обучаются школьники старших классов физико-математического лицея. У нас есть базовый факультет Нижегородского университета, занятия которого проходят в стенах нашего института, — Высшая школа общей и прикладной физики. Он небольшой, набор всего в 25 человек в год. Но эти ребята сразу попадают в научную среду и они ориентированы на науку. Есть и другие факультеты, которые готовят нам кадры. У нас есть летняя физико-математическая школа, которую мы также используем для вовлечения студентов в научную среду. На территории института постоянно находятся более 200 молодых людей — школьников, студентов, аспирантов. Можно прийти и не сразу понять, куда вообще попал. Тем не менее я не могу сказать, что благодаря этим мерам приток молодежи на работу у нас больше, чем, скажем, в Москве. Виной тому ЕГЭ — можно подать документы куда угодно, и из-за этого талантливые ребята «вымываются». Мы готовим детей, ориентируем их на нас, вкладываем в это деньги. Но по окончании подшефных классов лицея приходят родители и благодарят за хорошее образо-

вание, настолько хорошее, что их ребенок, пожалуй, поедет поступать в Москву, Санкт-Петербург или в другое место.

— Еще о молодежи. Если сравнивать нынешних молодых исследователей с вашим поколением и поколением начала 2000-х годов — в чем разница, если она вообще есть?

— Очень больной вопрос. Студенты стали существенно слабее. Иногда приходят интересующиеся, но настолько слабые, что мы их не переучиваем, как случалось раньше, а доучиваем на элементарном

уровне. Деградация физико-математического образования в школах — это факт. В нашем городе с огромным количеством предприятий, которым нужны физики, инженеры, технологи, педагогический университет перестал готовить преподавателей-физиков. Мы просто перестали понимать современные тенденции и тренды. И проблема эта системного характера, так как была сделана ставка на то, что ребенок должен развиваться не как раньше, в советское время, а по-другому. Он должен больше коммуницировать, должен быть более развит в гуманитарном отношении, а физико-математические программы в школах сжались — выбросили астрономию, например. Но ведь эти науки предназначены не только для того, чтобы становиться учеными. Они учат четкому логическому мышлению. Не случайно большинство успешных людей имеет физико-математическое образование. Оно дает человеку очень многое, и когда мы уменьшаем нагрузку в этой области, то вредим не только науке, но и всему обществу. Но сейчас, я надеюсь, это поймут. Меня обнадеживает позиция нового министра образования и науки Ольги Васильевой, которая открыто поднимает эти вопросы. Ведь в советские годы образование от начального до высшего у нас было лучшим в мире. Сейчас в России лучшим, возможно, осталось только образование в начальных школах, а остальные ступени сильно сдали. Поэтому и студент стал хуже.

Но молодежь сейчас по своему менталитету вообще иная, и это следует признать как факт. Если раньше все лучшие и не лучшие выпускники толпами шли в науку, то сейчас, притом что приток стал меньше, студенты приходят в науку, пойдя все возможные соблазны, а значит, они более мотивированы. В вопросе отсуживания немаловажную роль играют и зарплаты — то, сколько старший научный сотрудник получает в 40 лет, студент хочет получать сразу. Очень тяжелая конкуренция у науки в этом аспекте.

Кроме того, научные кумиры современности мало кому известны, о них недостаточно говорят. Раньше все молодые люди в научной среде знали, на кого они хотят быть похожи, на кого хотят равняться. Сейчас этого нет. Но так, я полагаю, происходит сегодня во всем мире.

— Вопрос материального характера. Сейчас вкладываются колоссальные деньги в перевооружение, осовременивание вооруженных сил. Скажите, доходят ли эти средства до науки, дают ли пусть несколько специфический, но все-таки новый стимул к передовым разработкам?

— Многие академические учреждения имеют нормальное финансирование благодаря участию в оборонных исследованиях, хотя и не на первых ролях, конечно. Понятно, что цель академической науки не сводится к тому, чтобы поставлять вооружения. Но разработка новых технологий для потенциального применения в военно-технической области — обычная деятельность ученых. И во всем мире так. Дружба с «оборонкой» должна быть, и она усиливается в настоящее время. Каждое общество стремится самые новые технические изобретения поставить на службу своей безопасности.

— Совсем недавно Бюро отделения физических наук РАН выдвинуло вас кандидатом на пост президента Академии наук. Что вы думаете о будущем академии, о ее месте в треугольнике ФАНО—Минобразования—РАН?

— Нужен консенсус. Мы сейчас друг другом недовольны, поэтому должны сесть за стол и договариваться до тех пор, пока дым из трубы не пойдет. Нужно определить, какое положение сейчас в науке. Кто-то думает, что у нас все хорошо, кто-то считает настоящее положение катастрофой. Нам всем вместе нужно сформулировать общее представление о ее положении, сформулировать общее понимание причин такого положения, общее видение того, как должна развиваться академическая наука. Необходимо провести ее инвентаризацию. Мы должны понять, где у нас остались реальные научные коллективы, а где — их видимость. На основе этого понимания нужна выработка мер: РАН отвечает конкретно за одно, ФАНО — за другое, Министерство образования и науки — за третье. После этого необходима выработка инструментов для действия и взаимодействия, а также критериев ответственности. Сейчас есть признаки того, что можно прийти к консенсусу. А он необходим, в том числе и потому, что сама ситуация в российской науке очень неважная. Нужно скорее понять и решить, что делать дальше. И РАН — именно потому, что там по-прежнему сосредоточена основная часть «мозгов», — должна играть ведущую роль. Есть некий суммарный интеллект у нации. И проблема в том, что в постсоветское время у нас он сильно сузился. Тому есть масса причин: утечка мозгов, великолепные специалисты уходили в челноки, сократились научные институты, подпитка интеллекта из школ и вузов тоже сократилась. Если не сделать так, чтобы суммарный интеллект нации снова начал расти, то как нация мы просто погибнем. Роль РАН будет заключаться, в моем понимании, не только в участии в формировании научно-технической политики и экспертизе научных проектов, как это предписывается законом. РАН должна занять ведущую роль в стимулировании процесса возрождения суммарного интеллекта нации.

— Как вам видится, влияют ли политические события на международную научную кооперацию? И можно ли говорить о каком-то особом сообществе работающих за рубежом российских ученых?

— Сложная геополитическая ситуация несомненно отразилась на науке, она ударила по нам и санкциями. Во-первых, сократился международный обмен знаниями. Российских ученых-физиков, например, сейчас не пускают в национальные лаборатории США. Второе — девальвация рубля, которая тоже ударила по нам. Стало вдвое дороже ездить на международные конференции и приобретать оборудование. Разница в оплате научного труда у нас и за границей опять стала вызывающей и усилила утечку мозгов. Мы сейчас ищем связи в БРИКСе. Но что бы нам ни говорили о том, что китайская наука активно развивается, что Индия большая страна, — потеряв серьезные контакты на Западе, мы не компенсируем их восточными друзьями.

Еще один признак того, что дела обстоят неважно: на крупных международных конференциях почти перестала звучать русская речь. У нас сейчас мало результатов, которые можно представлять в качестве приглашенных докладчиков, а наша заграничная диаспора ассимилировалась и представляет теперь их науку. Мы ассимилируемся быстрее, чем китайцы и японцы. К сожалению, мы стали менее заметны и менее нужны мировому научному сообществу.

Интервью подготовила группа «Прямая речь»

АКАДЕМИК
АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВ:

«Крупные институты,
как бы ни ругали их
за бюрократию и дру-
гие недостатки,— ключ
к крупным проектам.
Без них мы не вернемся
вновь на уровень
большой науки»

стр.46

