

ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
БЮЛЛЕТЕНЬ

Коммерсантъ

# Наука

№6 сентябрь 2017

Новое объяснение  
природы магнетизма  
Земли | 34

Солнцезащитный крем:  
чем мельче частицы,  
тем фильтр надежнее | 39

На дне арктических морей  
таится взрывоопасный  
метан | 36

Индикатор ядов  
и радиации — светящийся  
белок | 29

Рак будет побежден  
специально созданными  
вирусами | 18

Домашняя лиса  
перескочила через  
тысячелетия эволюции | 26

Альтернативы  
современной  
экономической модели  
глобального  
капитализма | 40

Как разглядывают  
древние иконы  
в Третьяковской  
галерее | 50

Алтайские горы  
ответят на вопрос  
о происхождении  
горных фаун | 22

Человеческие  
возможности  
механической  
руки 44



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**  
WELLCOME IMAGES CC/DIOMEDIA

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

УЧРЕДИТЕЛЬ —  
АО «КОММЕРСАНТЬ»,  
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+



ନୀଳ ଖିରି	praj trie	будить жену
କାକ କାଜ	ca:k caj	от души/сердца
?	taw be:	видеть плот
କ୍ରିଏଟ ବ୍ଲା	kriet blaw	царапать бедро
	plaj priet	банан
?	?	три банана
ଷଟ୍ଟ ନୋରୋଗ	?	шесть носорогов
ଚାରି କିଷ୍ଟି ବାନା	?	четыре кисти бананов



Учебные, научные и научно-производственные организации в материалах номера

Алтайский государственный университет, стр. 6-7, стр. 22-25  
Арктический университет Норвегии в Тромсё, стр. 36-38  
«Галатее», стр. 44-46  
«Гальвани-Бионикс», стр. 44-46  
Гарвардский университет, стр. 29  
ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор», стр. 18-19  
Государственная Третьяковская галерея, стр. 50-51  
Дальневосточный федеральный университет, с. 6-7, с. 48  
Институт археологии РАН, с. 6-7  
Институт археологии и этнографии СО РАН, стр. 52-53

Институт биоорганической химии РАН, стр. 12  
Институт биофизики КНЦ СО РАН, стр. 29-30  
Институт мировой экономики и международных отношений РАН, стр. 54-55  
Институт молекулярной биологии РАН, стр. 16-17, стр. 18-19  
Институт общей генетики РАН, стр. 18  
Институт общей и неорганической химии РАН, стр. 46-47  
Институт физики металлов УрО РАН, стр. 34-35  
Институт химии растворов РАН, стр. 46-47  
Институт химической биологии и фундаментальной медицины

СО РАН, стр. 18-19  
Институт цитологии и генетики СО РАН, стр. 26-28  
Дальневосточный федеральный университет, с. 6-7, стр. 48  
«Клайбер Бионикс», стр. 44-46  
Курчатовский институт, стр. 31  
Международная олимпиада по лингвистике, с.13-15  
Московский государственный университет, стр. 6-7  
Московский научно-исследовательский онкологический институт, стр. 16-17  
Московский физико-технический институт, стр. 18, стр. 32-33, стр. 44-46  
«Моторика», стр. 44-46  
НИТУ «МИСиС», стр. 29, стр. 39

Новосибирский государственный аграрный университет, стр. 18  
Новосибирский государственный университет, стр. 18-19  
Российский государственный аграрный университет, с. 6-7  
«РУ.Роботикс», стр. 44-46  
Свердловский областной краеведческий музей, с. 6-7  
Северный (Арктический) федеральный университет, стр. 6-7  
Северо-Восточный федеральный университет, с. 6-7  
Сибирский федеральный университет, стр. 6-7, стр. 29-30  
Томский государственный университет, стр. 6-7

Ульяновский государственный педагогический университет, с. 6-7  
Уральский федеральный университет, с. 6-7  
Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины ФМБА, стр.12  
ФИАН, стр. 29  
Центр реабилитации и реинтродукции тигров и других редких видов животных, Институт проблем экологии и эволюции РАН, стр. 8-9  
Южный федеральный университет, с. 6-7  
European X-Ray Free-Electron Laser Facility (XFEL), стр. 31

- 3** **ОФИЦИАЛЬНО**  
«Я поехал по стране и могу точно сказать, что наша наука развивается»  
Заместитель министра образования и науки Российской Федерации Григорий Трубинов о будущем российской науки
- 6** **ЛЕНТА НОВОСТЕЙ**  
УНИВЕРСИТЕТСКАЯ НАУКА  
География университетских исследований  
Новостная карта научно-технологической деятельности высших учебных заведений России
- 8** **НАУЧНОЕ ФОТО**  
Амурские тигры вернулись к настоящей дикости  
Реинтродуцированные на Дальнем Востоке Борис и Светлая принесли потомство
- 10** **СОБЫТИЯ В НАУКЕ**  
1917  
Столетие научного перелома  
Как российская наука встретила революцию
- 12** **МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ**  
Мир РНК, или Что есть жизнь  
Как и почему меняется центральная догма «ДНК→РНК→белок»
- 13** **ЛИНГВИСТИКА**  
Переведите на кимбунду  
Российские школьники завоевали медали на XV Международной олимпиаде по лингвистике в Дублине
- 16** **ОНКОЛОГИЯ**  
«Врачи не до конца понимают, что происходит с клеткой и почему»  
Интервью лауреата президентской премии для молодых ученых Анны Кудрявцевой
- 18** **БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА**  
ОНКОЛОГИЯ  
Вирусы против рака  
В России получены штаммы вирусов, способные убивать опухолевые клетки
- 22** **БИОГЕОГРАФИЯ**  
Алтайская горная страна — ключ к становлению фаун  
в Северном полушарии  
На высокогорных хребтах обнаружены новые виды чешуекрылых и пауков
- 26** **ГЕНЕТИКА**  
Тысячелетия эволюции лисы Бельева прошли за несколько лет  
В Сибири продолжается уникальный эксперимент по одомашниванию диких животных
- 29** **ИССЛЕДОВАНИЯ И УНИВЕРСИТЕТСКАЯ НАУКА**  
БИОХИМИЯ  
Флуоресценция белка может быть эффективным индикатором химической и радиационной токсичности  
Красноярские ученые предложили принципиально новую биотестовую систему
- 31** **ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ**  
Самый мощный в мире рентгеновский лазер запущен при участии России  
XFEL позволит наблюдать сверхкраткие события, ранее недоступные физическим приборам
- 32** **ФИЗИКА**  
Разрушение идеальности: магнитные атомы в топологических изоляторах  
Однородные вещества с неоднородными свойствами обещают новую микроэлектронику
- 34** **ФИЗИКА**  
Магнетизм железа и никеля — на Земле и внутри Земли  
Почему в ядре нужны оба металла
- 36** **ГИДРОГЕОЛОГИЯ**  
Потепление в Арктике может привести к выбросам древнего метана  
Газовые вулканы на дне Баренцева моря
- 39** **НАНОХИМИЯ**  
Чем мельче частицы, тем лучше фильтр  
Нанопорошок оксида цинка улучшает солнцезащитный крем
- 40** **ЭКОНОМИКА**  
На переломе длинной волны  
Кризис модели глобального неоллиберального капитализма — вызов для России
- 43** **ЭКОНОМИКА**  
О «черных лебедях» и человеческих ошибках  
Случайность кризисов это замаскированная детерминированность
- 44** **ТЕХНОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ**  
БИОНИКА  
Утрата верхних конечностей перестанет быть серьезной проблемой  
Российские и зарубежные разработки бионических протезов руки
- 46** **ХИМИЯ**  
«Жидкие мышцы» получили новую силу  
В Иваново синтезируют вещества с управляемой вязкостью для военной и гражданской техники
- 48** **ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ**  
ИСТОРИЯ  
Почему императрица Елизавета Петровна отменила смертную казнь  
Гуманизация наказаний с религиозной и юридической точки зрения
- 50** **ИСКУССТВОВЗНАНИЕ**  
Икона как предмет научно-технического исследования  
Шедьеры древнерусской живописи анализируют современными методами
- 52** **АРХЕОЛОГИЯ**  
«Открыть новый подвид человека — мечта любого археолога»  
Знаменитый французский археолог Анри де Люмле о находках новосибирских ученых
- 54** **ИНТЕРВЬЮ**  
ПОЛИТОЛОГИЯ  
«Сейчас в экономике одно, в сфере безопасности другое, в части политического влияния — третье»  
Академик Алексей Арбатов о терроризме, угрозе ядерной войны, национальных интересах России и выходе из украинского и сирийского кризисов

# «Я ПОЕЗДИЛ ПО СТРАНЕ И МОГУ ТОЧНО СКАЗАТЬ, ЧТО НАША НАУКА РАЗВИВАЕТСЯ»

Председатель правительства РФ Дмитрий Медведев утвердил план реализации Стратегии научно-технологического развития России. О стратегии и о будущем российской науки — заместитель министра образования и науки РФ, академик РАН ГРИГОРИЙ ТРУБНИКОВ.

— Григорий Владимирович, Стратегия научно-технологического развития — это чрезвычайно важный для российской науки документ, важная программа. Расскажите, пожалуйста, почему Стратегия научно-технического развития принята именно сейчас, каковы предпосылки к разработке этого документа?

— Стратегия научного развития — важнейший для государства документ, он по определению должен с определенной периодичностью обновляться. Подобные документы в России принимаются каждые семь-десять лет, то есть и время пришло. Это с одной стороны.

С другой стороны, мир сегодня стоит на пороге очередной технологической революции — промышленной, интеллектуальной. И мы непременно должны на это реагировать. Кроме того, в нашей стране произошли тоже определенные перемены в секторе науки и технологий: идет определенные трансформации в Академии наук и в вузовском секторе, созданы объединенные корпорации, созданы институты генеральных конструкторов и технологов, начали сооружаться первые мегасайенс-проекты. Наконец, определенные глобальные политические и экономические процессы нас тоже тонизируют. Одним словом, считаю, что для принятия стратегии выбран правильный момент. Кстати, крайне важно заметить, что современная Стратегия научно-технического развития поставлена руководством нашего государства на один уровень со Стратегией национальной безопасности.

— Видимо, подобные стратегии существуют и в других странах. Учитывался ли их опыт? Если да, то каков он?

— Обязательно. Такие стратегии принимаются во всех развитых странах. А Россия не просто развитая страна. Я считаю, что в науке и технологиях мы относимся к лидерам. И мы должны эту планку держать, участвовать в конкурентной гонке, которая довольно агрессивна. В США стратегия была принята в 2010–2011 годах, Китай тоже недавно принял новую стратегию научно-технического развития. Такой документ сейчас активно обсуждается и вот-вот будет принят в Японии. При компиляции своих стратегий, несомненно, страны учитывают опыт других государств. Мы, конечно, не абсолютные изобретатели, мы тоже ориентируемся на базовые стратегические документы некоторых стран. У нас есть ряд сильных институтов: ИМЭМО им. Е.М. Примакова, ВШЭ, МГУ, СПбГУ, многие другие ведущие институты и университеты, которые, помимо прочего, занимаются анализом научных стратегий развитых стран. Очень активно в этой экспертной деятельности участвуют Российская академия наук, МИД, НИЦ КИ и ОИЯИ.

Наверное, важно упомянуть, что при подготовке стратегии в 2016 году были созданы десять тематических рабочих групп, объединяющие в целом несколько сотен человек. Это ведущие ученые, эксперты в разных областях. Группы были распределены по разным направлениям: «наука и общество», «наука и экономика», «наука и исследовательская инфраструктура», «фундаментальная наука», «наука и бизнес», «наука и инновации» и другие. В каждой группе работали по несколько десятков экспертов. Мне, например, выпала честь координировать работу группы по исследовательской инфраструктуре.

На различных площадках — вузы, аналитические центры — эти тематические группы обсуждали и собирали материал, анализировали, предлагали разделы стратегии по своей тематике. Затем, после сборки документа, он довольно долго и конструктивно обсуждался экспертным научным сообществом, и в конце концов была сформулирована Стратегия НТР, которая была одобрена Президентским советом и затем утверждена в декабре 2016 года президентом страны.

Уровень и задачи этого документа серьезные. В Китае, например, подобный документ используется в том числе для последовательного проведения в жизнь реформ в сфере науки и секторе исследовательских



ДМИТРИЙ МЕДВЕДЕВ

организаций — их разумной и прагматичной реструктуризации во имя достижения поставленных результатов. Что, на мой взгляд, правильно и логично. Думаю, нет сомнений, что если есть принятая государственная стратегия, в которой закреплена сценарий развития отрасли (огромной, в которой задействованы в той или иной степени миллионы человек) и общество понимает, для чего это делается, государству проще реализовывать процессы развития и реформирования отрасли.

— В упомянутых странах такие документы принимаются на уровне академического сообщества, научных организаций или на высшем государственном уровне?

— Конечно, на уровне руководства страны — на высшем.

— Существует ли консенсус в отношении стратегии или у нее есть оппоненты? Если есть, то каковы их аргументы?

— Мне кажется, что вокруг нашей стратегии есть консолидация сообщества, не только, кстати, научного, но и бизнес-сообщества, отраслевой науки, вузов. Это потому, что она принималась, как я уже говорил, при самом активном участии широкого сообщества. Но и оппоненты тоже есть — куда же без них. Никакой документ не может быть идеальным и всегда есть несколько точек зрения. А научное сообщество как раз ценно и сильно тем, что истина всегда рождается в споре.

Стратегия научно-технического развития поставлена на один уровень со Стратегией национальной безопасности

— Видимо, это означает, что стратегия открыта для изменений, модернизации.

— Конечно. Главная особенность принятой стратегии в том, что это не инструкция работы для научного сообщества, а предложенная система координат будущего научно-технологического уклада. Она создана с учетом анализа мировых трендов, развития глобальной экономики, развития технологий и промышленности, анализа различных практик и систем подготовки кадров. Кстати, мы крайне внимательно изучаем и опыт в области научной кадровой политики, в частности, в странах «двадцатки». Вообще, очень интересно — наблюдать, насколько агрессивная борьба сейчас идет в развитых странах за мозги (ученые) и за руки (инженеры). Стандартные инструменты этой борьбы известны — скажем, финансовая поддержка. Да, зарплата, несомненно, важна. Но не менее важны условия работы, состояние инфраструктуры, социальные меры поддержки. Однако, мне кажется, что в научной сфере первичны цели и задачи. Наука все же не та сфера, в которой можно зарабатывать такие же деньги, как в банковской отрасли. Специфика и мотивы другие. Здесь достигают успеха те, кто мотивирован целью, научной задачей, то есть получением новых знаний. Это ведь фундаментальная задача самой науки. Поэтому когда государство говорит обществу, что наука является приоритетом, наряду с государственной безопасностью, говорит, что готово создавать условия, развивать инфраструктуру, поддерживать прорывные исследования, — это приводит молодых людей в науку ради решения амбициозных научных задач.

— Вопрос об одной из важнейших частей стратегии — «Больших вызовах». Они по определению глобальны. А международную обстановку вокруг России сегодня трудно назвать благоприятной. Насколько это влияет на реализацию стратегии? Как вы, ученый с большим международным опытом, видите в этих условиях возможность кооперации с трезво мыслящими зарубежными учеными, научными организациями?

— Без международной кооперации большой серьезной науки быть не может. Поэтому один из базовых разделов стратегии, план действий на ближайшие несколько лет, содержит раздел о развитии международного научного сотрудничества.

Нам необходимо сформулировать и утвердить прагматичную концепцию МНТС для России. Во-первых, очень важно раз в несколько лет оглядываться, смотреть на конкурентов и оценивать свое реальное место в мировой науке. Во-вторых, необходимо пересматривать приоритеты и делать это регулярно с оглядкой на международную арену.

И в-третьих, не стоит гнаться за лидерством во всех приоритетных направлениях, это бессмысленно и безнадежно. Нужно поддерживать те направления, в которых у нас есть заделы, в которых мы можем и осознанно хотим стать лидерами. По некоторым направлениям нам достаточно просто мониторить ситуацию и определенные тематики исследований. Разные страны в разной степени могут себе позволить соблюсти экономически разумный баланс между подобными вещами.

Кстати, в той сфере, где у нас есть задел, где мы самодостаточны — с учетом интересов национальной безопасности, с учетом экономических, геополитических, военных и прочих аспектов — определенная часть исследований может становиться закрытой. Эта грань четкая, все ее понимают, многие страны идут по такому пути.

— Международная напряженность, очевидно, является некоторым барьером. Преодолит ли он, позволяет ли стратегия находить выход в конкретных ситуациях?

— Барьеры есть, они и были и будут. Мы испытываем трудности с доступом к определенным технологиям и знаниям, это неизбежно, это тоже элемент национальной безопасности различных блоков государств. Геополитическая ситуация развивается, бывают потепления и похолодания, случается и «дружба навек» между странами, это нормальный циклический процесс, который проходят все государства, особенно претендующие на лидерство в мире. Тем не менее скажу одну важную мысль: лидеры всех крупных государств понимают, что вне зависимости от состояния дипломатических отношений, взаимоотношения в сферах науки и культуры должны поддерживаться до последнего. Ведь именно они являются мостиками для становления периода потепления и нормализации отношений, а там и нового цикла сотрудничества и дружбы.

— Мегaproекты уже показывают свою значимость, и не только в России. Каким вам видится будущее этого начинания? Не могли бы вы в этой связи рассказать о проекте NICA, к которому имеете самое прямое отношение?

— Это важная тема. Фактически мегaproекты создаются в мире начиная с 1940-х годов (например, атомный и космические проекты). На мой взгляд, мегapro-

ект — это не просто крупная научная установка для получения фундаментальных знаний. Mega Science Project — это элемент научной сферы, который одновременно решает очень большое количество фундаментальных вопросов.

Мегaproект — это вызов для государства, которое его решило создавать. Если вы посмотрите историю некоторых заявленных мегaproектов, вы увидите, что когда, к примеру, Китай или Япония громко заявляли, ну, скажем, о многокилометровом коллайдере, то через два-три года эта инициатива затухала — оказывается, не хватает людей или не хватает знаний и технологий. Поначалу кажется, что любые технологии можно купить и они тут же у тебя заработают, как у соседей. Но потом оказывается, что для того чтобы организовать производство high-tech-продукции с тем же качеством и темпами, необходимо лет десять потратить, чтобы приобрести практику и опыт. В чистом неудобном и невзрыхленном поле, без должной подготовки и стараний никогда ничего хорошего быстро не вырастет. Вроде все делают по чертежам и скопированным рецептам и инструкциям, но ресурс у собранных двигателей получается почему-то не десять лет, а десять дней. Оказывается, есть тонкости и детали, присадки, оснастка, освоенные методики и экспериментальное чутье, основанное не на интуиции, а на опыте. Практика — важная вещь!

Многие мегaproекты — например, сооружение Большого адронного коллайдера — потребовали усилий даже не десяти, а двадцати-тридцати стран. И тут еще один важный аспект: кроме обладания технологией, одной из критически сложных вещей является организация создания, управления и эксплуатации такими крупными проектами. В первую очередь нужны знания и опыт, потом технологии, сборка, а когда огромное сооружение создано, его надо еще запустить — как самолет или ракету. Можно в точности повторить все элементы, собрать, а он не полетит. Необходимо организовать самый сложный процесс взаимодействия участников такого проекта. Повторю, мегасайенс-проекты — это серьезный вызов для любой страны: технологический, научный и инвестиционный вызов. Но это и колоссальный магнит для научных кадров. Когда государство его объявило и начинает безусловно строить, сообщество поверило в реализацию планов, когда мегaproект проходит свой «экватор» (а горизонт сооружения это семь-десять лет) — он начинает притягивать колоссальные кадровые ресурсы: лучших, амбициозных, молодых. Быть причастным к большой задаче — это огромный мотив для ученого, особенно молодого. Когда мегaproект уже «на колесах», в нем задействована национальная высокотехнологичная (да и не только она) промышленность — все начинают из-за престижа дела становиться в очередь за заказами. Это в конечном итоге создает огромное преимущество для государства, потому что ты загружаешь свое производство и становишься конкурентным на рынке. Мегасайенс-проект двигает все государство — и образование, и науку, и промышленность, и политику, конечно.

Что касается коллайдера NICA, то это родной для меня проект, в котором я участвовал фактически с его начала. Самым сложным было консолидировать вокруг него международное сообщество. В этой области физики сейчас развиваются четыре мегaproекта — коллайдер в Брукхейвене, экспериментальная установка на фиксированной мишени в ЦЕРНе, немецкий

уникальный комплекс FAIR и наша NICA. Убедить научное сообщество, конкурентов участвовать в нашем мегaproекте было задачей непростой. Но умные люди понимают, что лучше объединять усилия, а не конкурировать.

Мы с Брукхейвеном по текущим этапам, по науке, по ожидаемым датам начала эксперимента идем незря в ноздря. А дальше кому повезет, тот и будет первым, в этом всегда есть определенный элемент везения. Но только складывая усилия в такой сложнейшей гонке, все проекты развиваются. Если бы работали в изоляции друг от друга, то сроки эксперимента отодвинулись бы за 2030 год.

На мой взгляд, идеальный вариант мегaproекта — это когда научная идея предлагается в той же стране и теми же людьми, которые этот проект реализуют. Как с бозоном Хиггса получилось: Хиггс, Браут и Энглер независимо предложили теорию еще в далекие 1960-е годы, дальше весь мир «сложился» и созрел только в 90-е годы к созданию такого коллайдера, потом мегaproект еще почти 20 лет строили. Кстати, Россия тоже вложила огромный и финансовый и материальный и интеллектуальный вклад в него. Хиггс и Энглер получили за бозон Хиггса Нобелевскую премию (точнее, конечно, за теоретическое открытие механизма, который обеспечил понимание происхождения масс элементарных частиц). Мы, да и многие другие страны участвовали в проекте. Это тоже было хорошо и важно — мы получили технологии, получили знания, воспитали людей. Тем не менее сливки снимают те, кто идею предложил и дождался ее воплощения.

Что касается проекта NICA, то в его основе лежат идеи в том числе наших, дубнинских теоретиков о том, что

Очень важно раз в несколько лет  
оглядываться, смотреть на конкурентов  
и видеть свое реальное место  
в мировой науке



ДМИТРИЙ ГЕБДЕВ

именно в определенном диапазоне плотностей и температур и с определенными пучками сталкивающихся тяжелых ядер нужно искать эффекты фазовых переходов в сильновзаимодействующей ядерной материи. Если повезет, у нас будет проект Born in Russia, который от идеи и до получения результата будет иметь абсолютно наш приоритет.

У нас в России развиваются еще пять проектов. Это высокопоточный реактор ПИК, совершенно уникальное сооружение. Когда он заработает, это будет лучший и самый мощный нейтронный источник в мире. Его создает в Гатчине Курчатowski институт.

Еще один проект — токамак нового поколения на базе научного центра в Троицке — это путь к управляемой термоядерной реакции с помощью сверхсильных магнитных полей и исключительно омического нагрева плазмы. Далее, мощная лазерная установка со сверхсильными световыми полями в Нижнем Новгороде на базе ИПФ РАН — это уникальный проект. Лазерные импульсы будут создавать локальные поля колоссальной мощности, которые позволяют исследовать пространственно-временную структуру вакуума и моделировать процессы, которые протекают в недрах звезд. И еще один проект — новый электрон-позитронный коллайдер в Новосибирске в Будкеровском институте. Тоже уникальная машина, которая позволит проводить эксперименты по проверке Стандартной модели и изучению структуры материи с недостижимой ни для кого в мире точностью. Коллайдеры были предложены у нас еще в 1960-е годы в ИЯФ СО РАН академиком Г.И. Будкером. Дальше эта технология распространилась по всему миру, во многих местах заработали коллайдеры, несколько экспериментов на них получили Нобелевские премии, только не в России. То есть технологию предложили именно мы, мы являемся экспертом в этой области, но при этом самый лучший коллайдер — не у нас. Это неправильно. Советский Союз вообще предложил много технологий всему миру, при этом лучшие работающие образцы таких технологий, к сожалению, не нашли места и поддержки у себя в Отечестве.

Кстати, по поводу экспорта технологий можно и в такую неожиданную сторону порассуждать. Возможна и такая политика, когда наука, таланты наряду с технологиями тоже являются продуктами экспорта. Например, Индия занимается подготовкой и экспортом специалистов в области медицины. У них одно из лучших медицинских образований, одна из лучших практик, они для всего мира готовят хороших врачей.

У нашего научного сообщества есть еще несколько прекрасных предложений по мегапроектам: я надеюсь, что за два-три года мы пройдем с ними также путь от идеи до сформулированного проекта. Это, в частности, мегаустановка по исследованию одной из самых загадочных частиц нашей Вселенной — нейтрино. Очень перспективное направление, предмет охоты всего мира. В Антарктиде недавно запустили мегапроект для нейтринной физики — кубокилометровый детектор нейтрино во льду — «Ice Cube». Он измеряет потоки нейтрино, влетающие в нашу Землю с Северного полушария и проходящие сквозь нашу планету. Мы (ИЯИ РАН, ОИЯИ, немецкие и итальянские наши коллеги) на Байкале тоже начали создавать похожий детектор, в уникальной чистой байкальской воде, у которой будет преимущество перед антарктическим. В Антарктиде гирлянды детекторов встроены в лед на глубину почти в километр. А слои льда, как выяснилось, со временем движутся — рвутся гирлянды, возникает преломление световых потоков от детектируемых частиц и это снижает точность экспериментальных данных. На Байкале постановка эксперимента куда проще, а значит, удобнее и дешевле, да и ожидаемые точности измерений гораздо выше. Я надеюсь, что проекты, связанные с нейтринной физикой, в следующем году обретут статус Mega Science и мы начнем двигаться в этом направлении в контакте с международным сообществом. Для международной науки важно, что создаем партнера для Ice Cube, который будет исследовать потоки нейтрино, влетающие со стороны Южного полюса, таким образом, оба детектора совместно смогут дать наиболее полную картину о космических потоках нейтрино, летящих из космоса к нам и несущих информацию о различных процессах и объектах Вселенной. Еще один проект наверняка состоится в области астрономии и астрофизики, где наши научные школы традиционно очень сильны. Мы стараемся также консолидировать сейчас научные организации и университеты для создания большого сетевого распределенного инфраструктурного мегасайенс-проекта в России для работы в области анализа и хранения больших данных.

— Вам не кажется, что информационное сопровождение российской науки значительно отстает от новостного шума вокруг западной науки?

— Я с вами согласен. Конечно, мне бы хотелось, чтобы, включая центральные каналы в прайм-тайм, я и дети мои видели сюжеты об успехах в науке: нашей и мировой. Политика важна. Но наука важна не менее.

Придя на пост замминистра, я считал, что много знаю о российской науке (в первую очередь, конечно, в своем секторе, в ядерной физике). Однако, поездив стране, познакомившись с установками, я понял, насколько успешно у нас в регионах развивается сфера исследований и разработок. В Архангельске, во

Mega Science Project — для страны технологический, научный и инвестиционный вызов. Но это и магнит для научных кадров

Владивостоке, в Иркутске, Красноярске, Казани, Ростове, Нижнем Новгороде... Нам есть чем гордиться, у нас очень много ярких проектов — от маленьких лабораторий до больших центров. Об этом надо говорить. Я считаю, что небольшие яркие сюжеты на центральных каналах в доступном формате (а наши ученые умеют это делать) о научных достижениях должны стать элементом политики государства. Каналы государственные, государство должно влиять на их политику. Нужно освещать и геополитику, и экономику, это важно, но рассказывать об успехах российской науки — обязательно.

— Вы много лет проработали в Дубне. А это особое место на карте российской науки. После знаменитого роммовского фильма это символ романтического, бескорыстного отношения к науке. Оно было очень сильно в послевоенной российской науке и, как мне кажется, отличает Россию от Запада. Как вы думаете, такая доминанта еще сохранилась или она уже затерта иными, материальными мотивами?

— Считаю, что сохранилась. Кстати, предлагалась идея снять «Девять дней одного года» в версии 2017 года. Но сейчас время другое: телеканалов слишком много, интернет нас опутал, трудно достучаться до аудитории. Нужно искать современные пути популяризации науки, пути доступа к обществу, их много. Надо работать с молодежью, проводить международные фестивали науки и конкурсы работ, проектов, стартапов, развивать институт научно-популярных лекций (этакий «Научпросвет»). Например, в Дубне мы проводим «Школу русского репортера», которая в нынешнем году собрала около 700 человек (пару лет назад я тоже читал там лекцию, тогда было порядка 400). Палатки, лес, Волга, проекты — ребята там живут месяц, горящие глаза... Я общался с ними два часа, и меня приятно поразила глубина их вопросов и понимания, мне было с ними безумно интересно.

Атмосфера служения науке сохранилась — в Дубне, в Новосибирске, Санкт-Петербурге, Томске, такие точки в России есть, но их немного и их надо поддерживать, да и вообще-то множить, конечно. Самому мне очень повезло в том, что больше 20 лет назад я оказался в Дубне, приобрел бесценный опыт, не теряю веры когда-нибудь туда вернуться, в науку. Сейчас, работая на посту заместителя министра, я могу транслировать традиции, менталитет, «воздух» научного сообщества Дубны, который считается эталоном, наряду с легендарной научной культурой новосибирского Академгородка, Курчатowski института, Питерского физтеха... К тому же одной из сильных сторон сообщества Дубны являются традиции международного сотрудничества.

— Личный вопрос. Вы многодетный отец, как вам удается сочетать такую, без преувеличения, титаническую нагрузку с воспитанием детей, с семейными делами? Позволяете ли вы себе — и как — хотя бы на время отключиться от служебных обязанностей?

— Да, у меня трое детей, они еще все маленькие, так что пока, как говорят: маленькие детки — маленькие бедки. Когда жил в Дубне, активно занимался спортом — волейбол, лыжи, одно время альпинизмом, поездки с семьей по многочисленным красивым уголкам нашей любимой страны. Сейчас ритм жизни, конечно, изменился: тоскую по спортивной нагрузке и общению со старыми друзьями, моими близкими коллегами, с которыми практически жили на ускорителе. На выходные стараюсь вырваться в Дубну, чтобы пообщаться с семьей: дети и жена — конечно, это главное, они мне преданы и они всегда ждут. По поводу своей роли в воспитании детей приведу одну хорошую аналогию. Хорошая, правильная семья — это фактически хорошая научная школа. Это ведь отнюдь не седовласые старцы, облеченные наградами, окруженные учениками, ничего не делающие и почивающие на лаврах, как считают некоторые. Научная школа — это прежде всего преемственность и взаимопомощь поколений. Родители, у которых самый продуктивный возраст, занимаются работой, обеспечивают семью и собственным примером показывают, как нужно правильно в этой жизни поступать. У них, занятых, как правило, мало времени на системное (можно и так сказать) общение с детьми. А бабушки и дедушки, у которых времени и опыта больше, занимаются спокойным методичным воспитанием внуков, читают им, наполняют их время знакомством с окружающим миром, прививают мораль, человеческие ценности и хорошие манеры. По такому же принципу устроена классическая успешная научная школа.

А Дубна — это конечно, Дубна! Вырываясь туда, обязательно стараюсь попасть на площадку коллайдера NICA: понаблюдать, как идет это грандиозное строительство, почувствовать себя частью большой команды и большого проекта. Конечно, в Дубне меня обогащает общение с моими друзьями, коллегами по

Институту и моими научными учителями. Родителями, которые переживают за нашу науку и за слишком динамичную и суетную нашу жизнь. Зимой — лыжи, летом — Волга, лес, волейбол — в любое время года. Одним словом, набираюсь энергии. А потом в Москву — и за работу.

Интервью взял АНДРЕЙ МИХЕЕНКОВ, доктор физико-математических наук, научный редактор «Ъ-Науки»

Атмосфера служения науке в России сохранилась, и это надо поддерживать

# 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.

## ЗАГРЯЗНИТЕЛИ АРКТИЧЕСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Центр коллективного пользования научным оборудованием **Северного (Арктического) федерального университета (САФУ)** «Арктика» совместно с кафедрой аналитической химии **МГУ** исследуют органические загрязняющие вещества — в первую очередь антропогенного характера — в отобранных на Северном полюсе пробах талой воды. Исследование проводится в рамках проекта «Совершенствование методологии масс-спектрометрического скрининга, идентификации и определения приоритетных загрязнителей арктических экосистем», получившего грант Российского научного фонда.  
*Пресс-служба САФУ*



Архангельск



РИА НОВОСТИ

## КАМЕННОЕ НАВЕРШИЕ ИЗМЕНИТ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВРЕМЕНИ ПОЯВЛЕНИЯ КУЛЬТУРЫ НА УРАЛЕ

В Свердловской области на раскопках древних Горбуновских торфяников археологи обнаружили костяные наконечники и кинжалы, изделия из кости, орудия, кухонную утварь. В экспедиции на стоянке «Береговая-2» приняли участие сотрудники **Института археологии РАН, Свердловского областного краеведческого музея и Уральского федерального университета (УрФУ)**. Самой ценной находкой стало каменное навершие. Его приблизительный возраст составляет 8 тыс. лет. Археологи уже назвали этот предмет уникальным, так как его исследование может изменить представления о времени появления и развития культуры на Урале. Такие находки попадают редко. За все время раскопок в Свердловской области в распоряжение исследователей попало всего пять дисковидных галек с узорами. В эпоху мезолита такие вещи считались культовыми и использовались для ритуалов. Все найденные артефакты передадут в Свердловский областной краеведческий музей. После реставрации их смогут увидеть все желающие.  
*Пресс-служба УрФУ*

## В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ СНОВА ОБНАРУЖЕНЫ КОСТИ МАМОНТОВ И ДИНОЗАВРОВ

В ходе палеонтологической экспедиции в Большой Илек ученые **Томского государственного университета** случайно нашли ранее не известное обиталище динозавров и мамонтов, которое, как полагают ученые, может оказаться сродни одному из наиболее крупных на территории Евразии, обнаруженному в Кемеровской области. Объектом исследования стали останки крупных динозавров: хищников и травоядных (предположительно зауроподов и стегозавров). В более свежем, «мамонтовском» уровне палеонтологи обнаружили фрагменты костей мамонтов, носорогов и различных хищников. Найденные кости мамонтов были почти все переломаны (обычно кости, залегавшие в земле, хорошо сохраняются). При обследовании фрагментов не были выявлены и следы от погрызов, которые могли бы оставить на костях нападавшие хищники, — возникло предположение, что кости мамонтам переломал древний человек. Теперь Большой Илек, никогда не радовавший палеонтологов интересным содержанием, как в свое время урочище Волчья Грива, стал для палеонтологов одним из важнейших ареалов.



ВЛАДИМИР КАЗАНЦЕВ/ТАСС



МОСКВА



Ростов-на-Дону



Казань  
Ульяновск

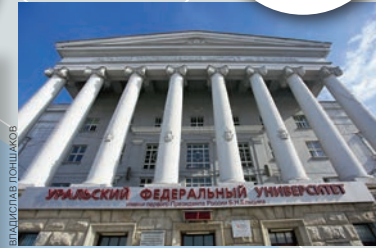


Екатеринбург



## КФУ ПРОВЕРИТ КРИПТОВАЛЮТЫ НА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ

**Казанский (Приволжский) федеральный университет** выиграл тендер на исследование целесообразности использования криптовалют в финансовой деятельности ПАО «Аэрофлот». Ожидается, что КФУ предоставит исследования до 15 октября 2017 года. Работа должна состоять из семи частей, каждой из которых будет соответствовать одна из заявленных тем исследования. В частности, подрядчик должен изучить рынок криптовалют, сравнить его с общемировыми тенденциями и определить перспективы создания собственной криптовалюты «Аэрофлота» и выведения ее на криптовалютные биржи. Цена контракта составила 15,8 млн руб., что почти на треть меньше суммы, которую «Аэрофлот» планировал потратить первоначально, — 24,5 млн руб. Напомним, «Аэрофлот» объявил тендер на исследование в середине июля. Тогда представители компании заявили, что возможность применения криптовалют в рамках деятельности «Аэрофлота» обусловлена их глобальным распространением.  
*По материалам сайта госзакупок*



ВЛАДИСЛАВ ПОШАКОВ

## ДРЕВНИЕ АЛТАЙСКИЕ ОВЦЫ ПОМОГУТ СОВРЕМЕННЫМ

Палеогенетики из **Алтайского государственного университета** восстановили ДНК древних видов овец, выращивавшихся на юге Западной Сибири 4–5 тыс. лет назад. Останки овец обнаружены в курганах бронзового века (2500–2000 годы до н. э.). Сопоставив генетические данные древних и современных овец, ученые обнаружили, что древние алтайские вымершие породы были значительно крупнее, тяжелее и продуктивнее своих современных потомков. Почему древние алтайские породы исчезли, ученые пока не разобрались, но резкое обеднение генетического разнообразия овец указывает, что они пережили какое-то катастрофическое событие. Теперь, возможно, удастся восстановить и у современных овец те выдающиеся качества, которыми обладали их предки.



Томск

Барнаул



РИА НОВОСТИ

## СПЕЦИАЛИСТЫ УЗНАЮТ, ГДЕ СОЛНЕЧНЫЕ ОРЛЫ ЗИМУЮТ

В конце июля были помечены GSM/GPS-трекерами пять птенцов солнечных орлов из разных районов Поволжья. Теперь специалисты, работающие над проектом «Изучение путей миграции и мест зимовок повожской популяции солнечных орлов (Aquila heliaca)», смогут наблюдать за перемещением. В полевых работах по мечению орлов приняли участие сотрудники Ульяновского областного краеведческого музея им. И.А. Гончарова, члены Симбирского отделения Союза охраны птиц России, студенты **Ульяновского государственного педагогического университета им. И.Н. Ульянова** (г. Ульяновск), **Южного федерального университета** (г. Ростов-на-Дону), **Российского государственного аграрного университета им. К.А. Тимирязева** (г. Москва). Исследование организует негосударственный природоохранный центр «НАБУ-Кавказ» в сотрудничестве с Симбирским отделением Союза охраны птиц России и Российской сетью изучения и охраны пернатых хищников. Программу поддержали научно-исследовательский центр «Поволжье» и правительство Ульяновской области.

ВАЛЕРИЙ МАТЫШИН/ТАСС

# ИССЛЕДОВАНИЙ



## ПОВЕРКА ГАРМОНИИ АЛГЕБРОЙ

Исследователи из Института математики и фундаментальной науки **Сибирского федерального университета (СФУ)** совместно с коллегами из Тувинского государственного университета и научно-образовательного центра «Тюркология» Республики Тыва применили алгебраический метод формального анализа понятий к изучению тувинских фольклорных произведений. Исследование на материале национального корпуса тувинского языка показало, что таким образом можно автоматически определить жанр произведения, а также авторство, место и время его написания. Статья с результатами работы опубликована в «Журнале СФУ. Математика и физика».

Пресс-служба СФУ

## ОДНОВРЕМЕННАЯ ДИАГНОСТИКА НАСЛЕДСТВЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЯКУТОВ

Коллектив учебно-научной лаборатории «Геномная медицина» **Северо-Восточного федерального университета (СВФУ)** получил патент на изобретение способа одновременной диагностики наследственных заболеваний, наиболее часто встречаемых среди якутов: 3М-синдрома, SOPH-синдрома, наследственной энзимопенической метгемоглобинемии, тирозинемии 1А-типа и наследственной глухоты. Разработанное устройство — биочип, на который нанесены генетические маркеры в виде олигонуклеотидов.

Ученые собирали базу наследственных мутаций коренного населения республики более десяти лет. Работа над самим чипом велась по гранту федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» и заняла три года.

Пресс-служба СВФУ



Якутск

## ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ УСОВЕРШЕНСТВУЕТ ТЕХНОЛОГИЮ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕНЬШЕНЯ

Ученые **Дальневосточного федерального университета (ДФУ)** и **Дальневосточного отделения Российской академии наук** впервые получили клеточные культуры женьшеня, устойчивого к изменениям внешней среды, и показали, как с помощью генной инженерии можно ее улучшить и придать ей новые свойства. Женьшень встречается в природе крайне редко, поэтому для выделения лекарственных веществ предпочтительнее использовать культуры — группы клеток растения. Чтобы уменьшить стрессовосприимчивость и ускорить биосинтетические процессы, ученые использовали методы генетической трансформации женьшеня генами биосинтеза АВ (-аланин бетаина). Исследование проведено под руководством кандидата медицинских наук Александра Цыбульского (кафедра биорганической химии и биотехнологии ШЕН ДВФУ) и ведущего научного сотрудника Биолого-почвенного института ДВО РАН, доцента ШЕН Юрия Шкрыля.

Пресс-служба ДВФУ



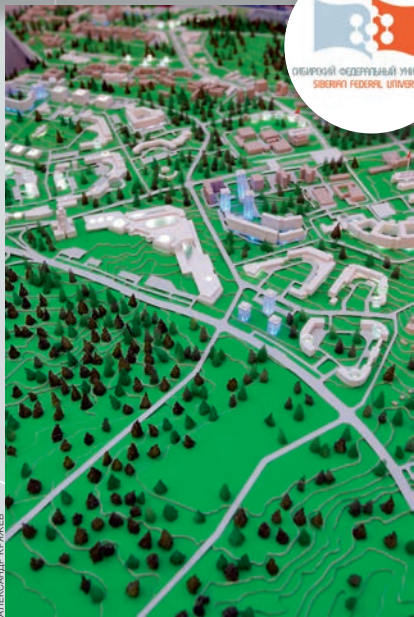
ВЕЛЕНИКО ПЕРЕКРЕСТОВ

## ТЕХНОПАРК НА ОСТРОВЕ РУССКИЙ

6 сентября в рамках III Восточного экономического форума был открыт технико-внедренческий парк «Русский», созданный на базе **Дальневосточного федерального университета**. В торжественной церемонии приняли участие министр образования и науки РФ Ольга Васильева, президент фонда «Сколково» Виктор Вексельберг, и. о. ректора Дальневосточного федерального университета Никита Анисимов, заместитель полномочного представителя президента РФ в Дальневосточном федеральном округе Владимир Солодов. «Мы присутствуем на историческом событии, потому что рядом с федеральным университетом бизнес строит замечательный технопарк. Важно, что Дальневосточный федеральный университет выбран как партнер», — сказала Ольга Васильева. Глава Минобрнауки отметила уникальность проекта, в рамках которого российские студенты получат возможность сотрудничества с компаниями — резидентами технопарка и смогут реализовать себя и свои таланты. Проект «Технопарк Русский» направлен на формирование на острове среды для развития высокотехнологичных производств для обеспечения лидерства Российской Федерации на перспективных рынках Азиатско-Тихоокеанского региона. Ключевые направления работы технопарка отвечают глобальным вызовам человечества. Это проблемы продовольственной безопасности, загрязнение Мирового океана, сокращение биоразнообразия, сохранение здоровья населения, создание современных робототехнических систем, кибербезопасность, освоение космического и воздушного пространства и другие.

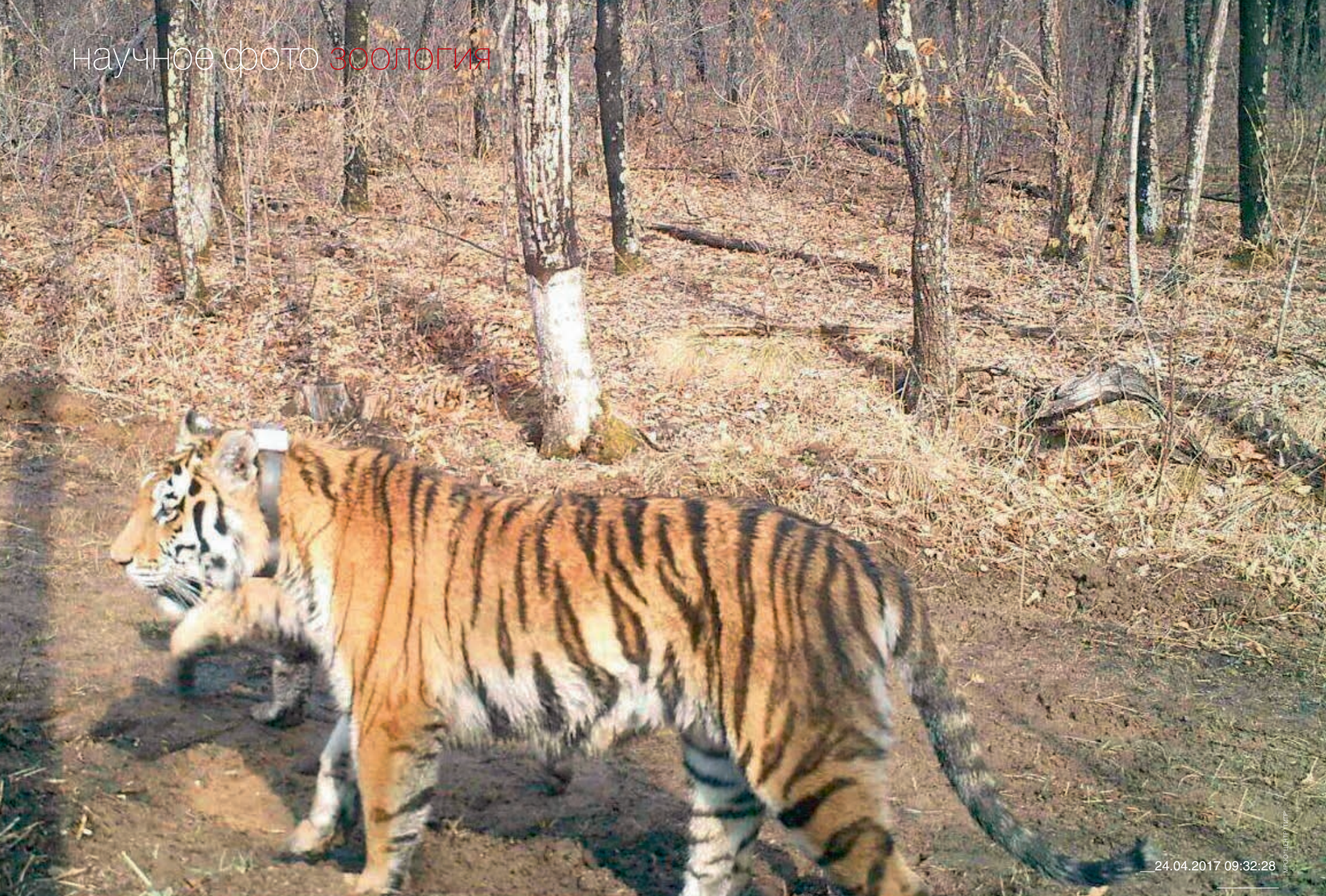
Минобрнауки РФ

Владивосток



АЛЕКСАНДР КРЫЖЕВ





24.04.2017 09:32:28

www.foto.ru

Эта фотография сделана фотоловушкой Центра реабилитации и реинтродукции тигров. На ней запечатлена амурская тигрица Светлая (о ее судьбе — «История тигрицы-матери») — но не только: можно разглядеть еще и лапу, и тень тигренка!

Значит, Светлая принесла потомство — и программа восстановления поголовья тигров в Приамурье, в предгорьях Сихотэ-Алиня, где их не было уже несколько десятилетий, действует; значит, идея российских ученых о реинтродукции тигра оказалась верной.

По наблюдениям ученых, Светлая быстро и легко адаптировалась в дикой природе и заняла необходимый участок территории. К общей радости, в 2015 году поблизости от нее появился тигр Борис (о его судьбе — «История тигра-отца»), также реинтродуцированный, но в трехстах километрах (по прямой) от места выпуска Светлой. Как показал мониторинг, Светлая и Борис две последние зимы провели вместе и часто делили добычу. Половая зрелость у самки амурского тигра наступает в 3,5–4 года, такого возраста Светлая достигла как раз прошлой осенью. Поэтому ее появление с детенышем, которому несколько месяцев от роду, в середине 2017 года выглядит совершенно естественным следствием ее отношений с Борисом.

Виктор Кузьменко, директор центра, с гордостью говорит, что фотография Светлой с детенышем свидетельствует: усилия ученых, растящих тигрят-сирот и выпускающих их в дикую природу, приносят успех. Крепнет надежда на реколонизацию местообитаний амурских тигров, подхватывает Дейл Микелле, координатор программы тигров в Wildlife Conservation Society, а это значит, что может быть эффективной реинтродукция и других исчезающих видов.

#### КАК ПОЙМАТЬ ТИГРА

Фотоловушки равномерно размещены по всей территории заповедников, где реинтродуцированы тигры. Они закреплены на деревьях на высоте 45–50 см над землей, в трех-четырёх метрах от звериных троп и старых дорог — наиболее вероятных мест прохода животных, рядом с мечеными тиграми деревьями. Местонахождение фотоловушек фиксируется с помощью GPS. Окраска тигров так же индивидуальна, как отпечатки пальцев человека, эту особенность можно использовать для идентификации особей на фотоснимках.

#### ИСТОРИЯ ТИГРА-ОТЦА

В декабре 2012 года в Кавалеровском районе Приморского края на дорогу вышли три маленьких истощенных тигренка. Их заметил водитель грузового автомобиля — и сообщил в специнспекцию «Тигр» и общество сохранения диких животных. Тигрят отловили и доставили в Центр реабилитации и реинтродукции тигров и других редких видов животных. Самая слабая из тигрят погибла, двое других, Кузя и Борис (названы в честь спасителей) быстро пошли на поправку и в мае 2014 года были реинтродуцированы в дикую природу на территории Амурской области. Борис спустя полтора года переместился в Еврейский автономный округ, где обосновалась тигрица Светлая, выпущенная здесь месяцем позже. Наблюдение за Борисом показало его высокую маркировочную активность: на 1 км пути — 11 поскребов. Обнаружено и место его удачной охоты на молодого кабана. Можно с уверенностью говорить, что Боря обнаружил «следы» Светлой.

#### ИСТОРИЯ ТИГРИЦЫ-МАТЕРИ

В феврале 2013 года на границе Приморского и Хабаровского края, в Пожарском районе, недалеко от сельского поселения Светлогорье, была найдена маленькая тигрица. Ее отвезли в Хабаровский центр реабилитации диких животных «Утес» и оказали ветеринарную помощь. Там она получила имя Светлая — в честь населенного пункта, где ее нашли. В «Утесе» Светлая прожила до сентября 2013 года, окрепла и подготовилась к первым охотам. Потом ее перевезли в специализированный Центр реабилитации и реинтродукции тигров и других редких видов животных Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова. С осени 2013 года Светлая стала регулярно охотиться на копытных, свойственных питанию тигрицы в дикой природе, — кабанов и пятнистых оленей. Охотничьего азарта у нее было немного, но охотилась она самостоятельно. Светлую выпустили в июне 2014 года в Еврейском автономном округе, и она быстро обжила свой участок обитания. При обследовании места охоты тигрицы Светлой, вскоре после того как она стала жить в дикой природе, зоологи обнаружили останки взрослой самки лося! Взрослый лось — очень серьезная добыча для молодой тигрицы, значит, у нее уже хороший охотничий опыт. Светлая ведет очень осторожный и скрытный образ жизни, после выпуска она ни разу не показывалась на глаза человека. Но благодаря фотоловушкам удалось получить несколько снимков Светлой и установить, что она в отличной физической форме. Тигрица освоила свой участок обитания, регулярно посещает маркировочные деревья, зафиксирована удачная охота на взрослую самку кабана. Светлая не доела жертву, а значит, не испытывает недостатка в пище.

Публикация подготовлена по материалам Центра реабилитации и реинтродукции тигров и других редких видов животных.



# АМУРСКИЕ ТИГРЫ ВЕРНУЛИСЬ К НАСТОЯЩЕЙ ДИКОСТИ

## САМЫЕ КРУПНЫЕ КОШКИ

Амурский тигр (*Panthera tigris altaica*) — самый северный подвид тигра, наиболее крупного и некогда широко распространенного в Азии представителя семейства кошачьих. Амурскому тигру сейчас уже не грозит вымирание. Но человек продолжает разрушать местообитания тигра, ведется браконьерская добыча (нетрадиционная медицина и декоративные цели) и нелегальный отлов тигров (частные зоопарки). В России обитает 95% популяции амурского тигра, остальные в Китае, единичные заходы тигры совершают на территорию КНДР.

Длина взрослого тигра с хвостом может составить 300 см, из них хвост — до 100 см, в холке его рост — до 115 см, средний вес самки 180 кг, самца — 220 кг, но встречались экземпляры в 300 и даже 350 кг. Это самое крупное кошачье в мире. Тигр не слишком вынослив, но очень быстр — до 80 км/ч (быстрее только гепард), даже по снегу тигр развивает скорость до 50 км/час.

Основная пища амурских тигров — пятнистый и благородный олени, кабаны, косули, изюбрь (тигры отлично имитируют их брачный крик), лось, молодой медведь, волк, рысь, барсук, в голодное время — мелкие млекопитающие и даже лягушки. Норма за сутки — 8–10 кг мяса, в один присест тигр может съесть 30 и более килограммов. Охотничий ареал самки — до 300 кв. км, самца — в полтора-два раза больше. В год тигру нужно добыть 50–70 крупных копытных животных.

Самки приносят потомство раз в два года, в среднем двух-трех тигрят, их смертность доходит до половины. Спаривание тигров многократное, самец не покидает самку все время течки, пять-семь дней. Тигрята рождаются через 14–16 недель слепыми, прозревают на девятый день, на 15-й у них начинают расти зубы. Молоком матери питаются до полугода, с двух месяцев она начинает добавлять в их рацион мясо. С полугода мать начинает учить тигрят охоте, с года они охотятся сами.



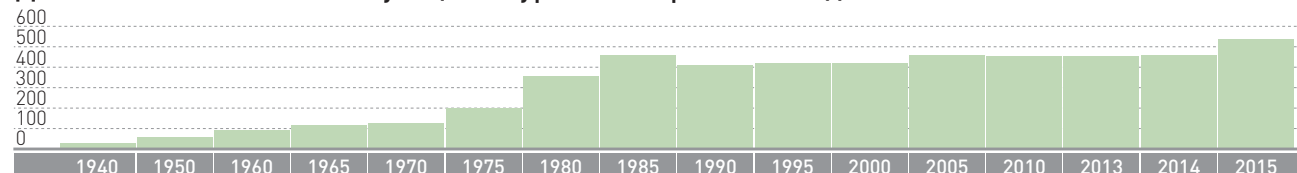
— Амурские тигры встречаются не только в зоопарках, их число растет и в природной среде обитания



На территории Приморского и Хабаровского края расположено **12** особо охраняемых природных территорий, в которых обитает амурский тигр



Динамика численности популяции амурского тигра с 1940 года



К 1917 году Россия занимала ключевые позиции почти во всех перспективных научных отраслях, определивших облик мировой науки и техники XX века. Взлет русской науки, образования и промышленности был прерван революцией.

## СТОЛЕТИЕ НАУЧНОГО ПЕРЕЛОМА



В области биологии и фундаментальной медицины к русским ученым пришло признание уже в начале XX века, иллюстрацией чего стали Нобелевские премии Павлова и Мечникова.

В расцвете была Петербургская математическая школа, называемая еще «школой Чебышёва». С 1912 года бурно развивалась Московская математическая школа Николая Николаевича Лузина. Большая часть известнейших советских математиков были его учениками. Расцвет русской математики не ограничивался столицами, Казань, Варшава, Харьков, Киев, Томск, Одесса были научными центрами мирового уровня.

Перед революцией значительно укрепились позиции русских ученых в прикладной математике, механике и математической физике. Результаты их исследований имели первостепенное значение для развития российского машиностроения и кораблестроения, а также зарождавшейся авиации, приборостроения, индустрии материалов. Кроме признанных авторитетов старшего поколения, таких как Алексей Николаевич Крылов и Иван Всеволодович Мещерский, появились восходящие звезды мирового уровня, например, Степан Тимошенко, Николай Крылов, Яков Тамаркин, Александр Фридман, Дмитрий Рябушинский. Некоторые из них эмигрировали и стали лидерами научных школ за границей. К примеру, американская школа прикладной механики во многом была создана именно Тимошенко.

Нефтехимия, химия полимеров и эластомеров, химическая технология, пищевая промышленность возникли и успешно развивались в предреволюционной России. Так, основоположниками технологии синтеза каучука были русские ученые Сергей Лебедев, Борис Бызов и Иван Остромысленский. Кстати, резиновые изделия и продукты нефтепереработки были одной из основных статей экспорта из России. В Российской Империи возникли корпорации мирового уровня, поставлявшие на мировой и российский рынок широчайшую гамму высокотехнологичных и новых по тем временам изделий (к примеру, смазочных масел, которые научились делать именно в нашей стране).

В металлургии, зарождавшейся тогда науке о материалах, физической химии русские ученые также зани-

\_\_ Восстановление и подъем российской науки в 1920-1930-х годах были бы невозможны без предреволюционного взлета

мали ведущие позиции. Огромное влияние на мировую науку оказали работы русских экономистов начала XX века.

Слабым звеном русской науки того времени была, как ни странно, физика. Основные школы отечественной физики, позже получившие имена академиков Рождественского, Мандельштама, Иоффе и Вавилова, сложились только в годы Первой мировой войны. Причем помимо теоретических семинаров в Петрограде и Москве колоссальную роль сыграло участие молодых физиков в «мегапроектах» военного времени — в создании оптической и радиотехнической промышленности.

Одним словом, к 1917 году перспективы русских ученых в новых бурно развивавшихся областях представлялись великолепными.

Этому способствовало несколько факторов.

Во-первых, успешная реформа среднего и высшего образования, проведенная в начале царствования Николая II. В этот период существенно выросло финансирование образования, было открыто большое количество новых школ, учебных институтов, научных лабораторий. Если в конце XIX столетия Россия значительно уступала в этой области Германии, то к началу войны по количеству студентов почти вдвое ее превзошла. Если бы в 1913 году был составлен рейтинг, скажем, 30 лучших технических вузов мира, то там оказались бы с десяток российских институтов.

Параллельно этому шла реформа среднего образования. В конце XIX века развернулась широкая общественная дискуссия с участием государственных деятелей, ученых, педагогов, родителей школьников, ее результатом стала так называемая Боголеповская реформа (по фамилии министра образования Боголепова, убитого в 1901 году террористами). Тогда же были изданы новые учебники и пособия, резко выросла роль общества, прежде всего родителей учеников, в развитии образования. Именно благодаря успешным реформам среднего и высшего образования в последнее десятилетие перед революцией в науку пришло многочисленное, блестяще образованное и талантливое поколение молодых ученых, идеи которых во многом

определили развитие науки и техники XX столетия.

Кстати, именно вовлечение родителей в образование в ходе реформ Николая II отчасти спасло советскую науку. Ведь крупнейшие наши ученые — Боголюбов, Сахаров, Гельфанд, Артоболевский, Ляпунов, Понтрягин — практически не учились в советских школах и институтах, они обязаны своим образованием семье и старшим товарищам.

Признавая успехи Российской Империи в области высшего и среднего образования, многие авторы, однако, утверждают, что основная масса детей вовсе не имела возможности учиться в школе. Действительно, по данным переписи 1897 года, почти 70% поданных Российской Империи были неграмотными. Задача обеспечения общедоступного школьного обучения была чрезвычайно сложной, поскольку численность детского населения дореволюционной России была значительно выше, чем в Советском Союзе и в Российской Федерации. На рубеже XIX–XX веков в стране наблюдался феноменальный демографический рост, резко ослабевший после 1917 года. Ни в одной европейской стране не решалась задача подобного масштаба — создание системы обучения для такого огромного количества детей на колоссальной территории. И именно в последнее десятилетие перед революцией были сделаны решающие усилия для того, чтобы многократно расширить школьную сеть и обеспечить начальное образование для всех детей. В 1907–1916 годах царское правительство, земства и церковь создали необходимые условия для всеобщего начального образования. Перед началом Первой мировой войны в стране было свыше 100 тыс. школ — в два раза больше, чем в нынешней Российской Федерации. Именно эта школьная сеть позволила советской власти обеспечить всеобщее обучение к 1931 году. И если бы революции не произошло, то эта задача была бы решена уже в первой половине 1920-х. Вторым фактором взлета науки в царствование Николая II было стремительное развитие промыш-

### КРУПНЕЙШИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ВУЗЫ МИРА В 1913 ГОДУ

Место	Вуз	Число студентов
1.	Illinois Industrial University (США)	5523
2.	<b>С.-Петербургский политехнический институт имп. Петра Великого</b>	<b>4977</b>
3.	Technische Hochschule Wien (Австро-Венгрия)	3193
4.	Technische Hochschule Muenchen (Германия)	3062
5.	Technische Hochschule Berlin-Charlottenburg (Германия)	2943
6.	<b>Императорское Московское Техническое училище</b>	<b>2666</b>
7.	<b>Технологический институт имп. Николая I в С.-Петербурге</b>	<b>2276</b>
8.	<b>Рижский политехнический институт</b>	<b>2084</b>
9.	<b>Киевский политехнический институт имп. Александра II</b>	<b>2033</b>
10.	Technische Hochschule Darmstadt (Германия)	1768
11.	Technische Hochschule Hannover (Германия)	1741
12.	Massachusetts Institute of Technology (США)	1685
13.	<b>Технологический институт имп. Александра III в Харькове</b>	<b>1494</b>
14.	Technische Hochschule Dresden (Германия)	1447
15.	<b>Институт инженеров путей сообщения имп. Александра I в С.-Петербурге</b>	<b>1388</b>
16.	Technische Hochschule Zuerich (Швейцария)	1381
17.	Technische Hochschule Karlsruhe (Германия)	1343
18.	Technische Hochschule Danzig (Германия)	1335
19.	<b>Московский сельскохозяйственный институт</b>	<b>1332</b>
20.	Technische Hochschule Stuttgart (Германия)	1235
21.	<b>Томский технологический институт имп. Николая II</b>	<b>1184</b>
22...		
...	Imperial College London (Англия)	< 900
...	Ecole Centrale des Arts et Manufactures (Франция)	< 900
...	Ecole Polytechnique (Франция)	< 800
...	Turin Polytechnic Institute (Италия)	525

# СОБЫТИЯ В НАУКЕ 1917

ленности. Весь период его царствования был отмечен грандиозным промышленным строительством. Возводились огромные заводы, оснащенные новейшим оборудованием, создавались заводские лаборатории, разрабатывались новые продукты. Промышленное развитие осуществлялось в условиях жесткой протекционистской политики государства и с опорой на собственную инженерную школу.

Февральская революция знаменовала собой не только развал армии и промышленности, но и дезорганизацию научных исследований. Как уже говорилось, значительная часть проектов координировались и финансировались царским правительством, а в ряде случаев и непосредственно членами царской фамилии. Эта работа остановилась практически сразу после свержения Николая II. Единначалие закончилось, власть перешла к комитетам, советам, комиссиям, начались долгие дискуссии о преобразованиях, поиски виноватых, а практическая деятельность замерла.

После октябрьского переворота ситуация усугубилась. Началась гражданская война, голод, репрессии против «эксплуататорских классов», в которые записали и ученых, несмотря на то что у большинства революционных вождей было высшее образование. Квалифицированные руководители были изгнаны с предприятий. Многие неординарные ученые и инженеры умерли от голода и эпидемий, были убиты или закончили жизнь самоубийством, другие эмигрировали.

Можно привести такую статистику: у великого авиаконструктора Игоря Сикорского во время Первой мировой войны работали 75 выдающихся ученых, инженеров и испытателей. Из них только один погиб до 1917 года, а 25 погибли между 1917 и 1924 годом. 32 специалиста эмигрировали. Только 17 специалистов из 75 остались работать в СССР, причем 8 из них, включая выдающегося авиаконструктора Поликарпова, подверглись репрессиям.

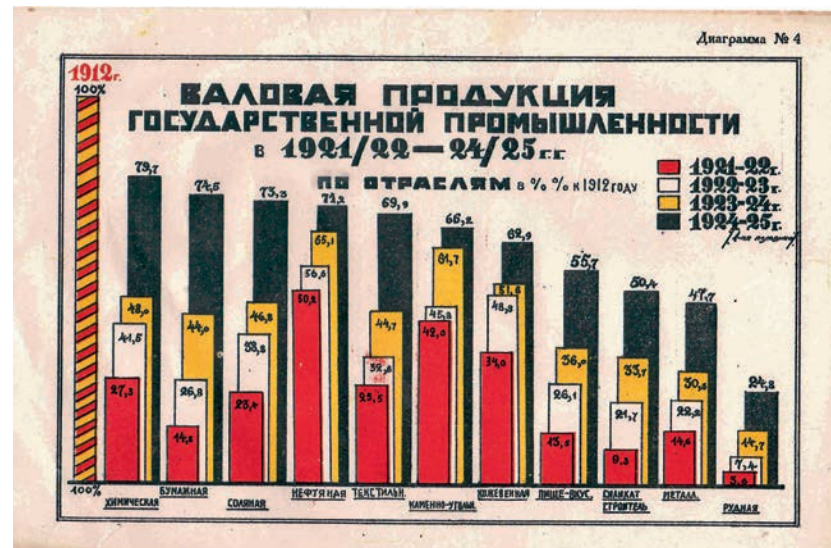
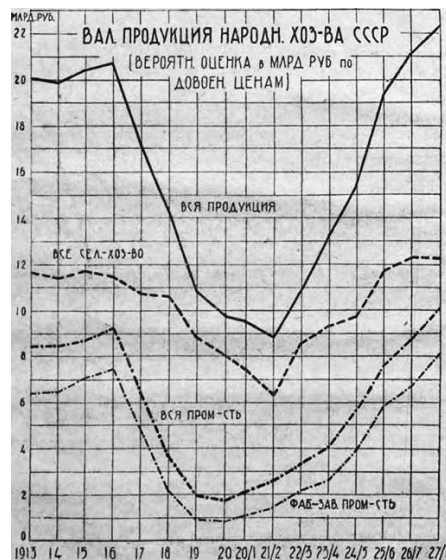
Стоит, однако, отметить, что с определенного момента, приблизительно с конца 1918 года, советское правительство и сам Ленин начали защищать ученых, которые подчинились новой власти. Большую роль в этом сыграл Максим Горький, создавший Комиссию по улучшению быта ученых, занимавшуюся распределением пайков среди представителей академической сферы. Она не дала им умереть.

После провозглашения НЭПа все стало медленно возвращаться на круги своя, русская наука поднималась из руин. Восстанавливалась международная научная коммуникация, причем возвращение нашей страны на мировую арену в 1920-е годы было триумфальным, доклады на международных форумах и статьи русских ученых, как оставшихся в СССР, так и эмигрантов, производили настоящий фурор. В этих работах высказывались новые идеи в области математики, экономики, механики, математической физики, химии, нейрофизиологии и генетики, которые вызвали в умах русских ученых в период после 1914 года. Несомненно, что мировые успехи русской науки в 1920-х годах были результатом отнюдь не революции, а предреволюционного подъема.

Короткий расцвет 1920-х прекратился после объявления «великого перелома» 1928–1931 годов. По стране прокатилась волна репрессий против спецов. Старые институты и научные общества были разогнаны или перекроены на новый лад. Опустился «железный занавес».

Новый подъем отечественной науки начался только после Великой Отечественной войны, когда старая система подготовки кадров была частично возрождена, а наследники дореволюционной научной и инженерной традиции восстановлены в правах. В 1950–60-е годы в советской науке наблюдалась поразительная картина — академиками, лидерами научных школ, главными инженерами и конструкторами крупнейших предприятий становились дети царских генералов, чиновников, священников, профессоров богословия, инженеров и предпринимателей.

Известна крылатая фраза «Сталин принял Россию с сохой, а оставил с атомной бомбой», которую апологеты советского строя приписывают Уинстону Черчиллю, но которая на самом деле принадлежит известному европейскому марксисту Исааку Дойчеру. Так или иначе, большевики приняли страну не только с сохой, но и с мощной, современной машиностроительной, кораблестроительной, военной, электротехнической, химической, пищевой и текстильной промышленностью. А ядерные исследования, добыча и переработка радиоактивных веществ — тогда это был не уран, а радий — в нашей стране начались еще до революции. Согласно современным данным, собранным крупнейшими европейскими историками экономики Паулем Байрохом и Ангусом Мэддисоном, к началу Первой мировой войны Российская Империя была третьей-четвертой экономикой мира, в стране было сосредоточено 8–9% мировой промышленности и около 10% мирового ВВП. К моменту смерти Сталина в результате бурного послевоенного роста СССР с 9,5% мирового ВВП стал не четвертой, а второй экономикой мира, но только потому, что к этому моменту Германия была повержена, а Британская империя развалилась.



К 1920 году промышленное производство составляло всего 14% от уровня 1913-го. Вскоре начался быстрый восстановительный рост. Советская статистика утверждала, что промышленность СССР вышла на уровень 1913 года к 1926-му. Это совершенно не так

При этом структура промышленности Российской Империи сильно отличалась от советской и современной — при царе обрабатывающая промышленность значительно опережала добывающую. Крупная обрабатывающая промышленность России была на уровне мировых лидеров Германии и Великобритании, а добывающая промышленность и черная металлургия — только на уровне Франции. Русская промышленность в значительной мере использовала импортное сырье, она импортировала чугун из Германии, хлопок-сырец из США, уголь из Англии. Были, конечно, и сферы, в которых перед войной мы отставали, например, в создании высокоточных металлообрабатывающих станков, радиоэлектронных компонентов, авиационных двигателей, оптического стекла, некоторых важных химических полупродуктов. До войны все это импортировалось. Но Первая мировая заставила осуществить «импортозамещение», в 1914–1916 годах при участии ведущих русских ученых была создана передовая радиотехническая, оптическая промышленность, приборостроение, точное станкостроение, авиационное, производство двигателей. Почти вдвое выросли и без того мощные машиностроительная и электротехническая индустрия.

Если говорить о советской индустриализации 1920–30-х годов, то это была скорее «реиндустриализация» — постепенное восстановление, а потом и расширение промышленности, разрушенной революцией.

К 1920 году промышленное производство составляло всего 14% от уровня 1913-го. Вскоре начался быстрый восстановительный рост. Советская статистика утверждала, что промышленность СССР вышла на уровень 1913 года к 1926-му. Это совершенно не так. Во-первых, не учитывался колоссальный процент брака и падение качества на советских предприятиях, во-вторых, данные советской статистики банально сфальсифицированы. Это видно из простого расчета: по производству электроэнергии СССР вышел на уровень 1916 года только в 1929 году, по производству чугуна и стали — в 1930–1931-м. При этом подвижной состав железных дорог вышел на дореволюционный уровень в середине 1930-х, а ведь мы знаем, что электроэнергии, стали, вагонов и паровозов в последние годы империи не хватало на то, чтобы обеспечить бурный рост промышленного производства в обрабатывающих отраслях.

Рост советской промышленности в 1920–30-е годы был обеспечен в значительной степени благодаря перевооружению царских заводов силами кадров, подготовленных в царских институтах. Попытка советского руководства в первую пятилетку заместить неблагонравных «буржуазных спецов» немецкими и американскими «товарищами» и совершить скачок за счет импорта технологий во многом провалилась. На рубеже 1930-х годов тысячи американцев и немцев работали на советских заводах, одновременно с этим тысячи русских специалистов работали в «шарашках» или копали Беломорканал... В 1934 году их выпустили на свободу, поскольку изменилась политика партии — ставка отныне делалась на собственные кадры. Однако полная реабилитация специалистов старой школы произошла только в годы Великой Отечественной войны, когда стало ясно, что без них невозможно победить врага.

ДМИТРИЙ САПРЫКИН, кандидат философских наук, эксперт РАН, Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН

Центральную догму биологии, сформулированную Фрэнсисом Криком в конце 1950-х, изучают в классическом виде: ДНК → РНК → белок. Но данных достаточно, чтобы усомниться в буквальном понимании этого главного принципа жизни.

## МИР РНК, ИЛИ ЧТО ЕСТЬ ЖИЗНЬ

Последний пример: в июньской публикации Scientific Reports российские ученые из Института биоорганической химии и Федерального научно-клинического центра физико-химической медицины показали, что разнообразие изоформ белков в клетках значительно меньше теоретически возможного. Журналисты поспешили сообщить, что меняется представление о центральной догме молекулярной биологии. Однако догма меняется уже 70 лет, потому что изначально была всего лишь гипотезой. Словом «догма» ее создатель Крик назвал потому, что нравилось это слово! Важно другое: как и почему меняется главная гипотеза молекулярной биологии.

### Слишком много РНК

Генетическая информация считывается с кодирующих последовательностей генома, представленных генами. Только малая часть генома эукариот (растения, животные, грибы) содержит гены, а основная часть представлена протяженными нуклеотидными последовательностями с малоизученными функциями. В геноме человека только четверть покрыта генами и только 1% последовательностей ДНК кодирует информацию, записываемую в функциональных молекулах РНК (часть догмы «ДНК → РНК»). То есть 1% геномной ДНК содержит информацию обо всех молекулах РНК. Зачем нужны оставшиеся 99%?

В последние годы стало понятно, что межгенные участки ДНК несут в себе регуляторную функцию: в них заложены системы и элементы, обеспечивающие тонкую настройку работы генов, их включение или выключение в определенных тканях организма или на конкретных стадиях развития. С такими элементами связываются различные комплексы, которые содержат молекулы регуляторных белков и РНК. Уже на этом уровне очевидно, что модель «ДНК → РНК → белок» полноценно не работает, так как основная масса ДНК не дает начала РНК, а несет другие функции.

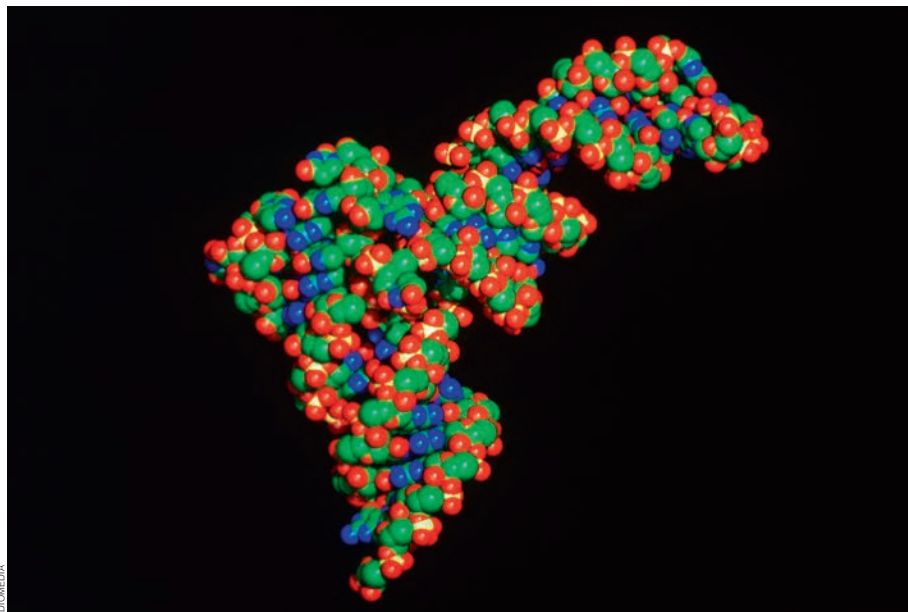
Часть генов кодирует РНК с регуляторными функциями. Эти РНК не содержат информации о последовательности белка, а преимущественно организуют синтез белка в клетке. Основная часть таких РНК — компоненты рибосом (рибосомальные РНК), комплексы, осуществляющие трансляцию, а также молекулы-переносчики аминокислот (транспортные РНК), необходимые участника процесса синтеза белка на матрице РНК (трансляции). 90% всей РНК клетки относится к перечисленным типам.

Среди оставшихся 10% молекул РНК представлены все белок-кодирующие РНК, но даже среди этих РНК найдены некодирующие молекулы, в частности, малые ядерные РНК. Эти РНК — необходимые компоненты комплекса сплайсинга. Сплайсинг — процесс удаления из первичной молекулы РНК некодирующих участков (интронов) и последовательного соединения кодирующих (экзонов); в итоге получается матричная РНК (мРНК), содержащая готовую к считыванию информацию о последовательности белка.

Именно этот комплекс готовит предшественников мРНК к синтезу правильных белков — путем вырезания из середины РНК последовательностей, не несущих в себе информации о составе белка, но содержащих регуляторные элементы. Так что и часть догмы «РНК → белок» имеет свои ограничения.

### Молекулярный «контроль качества»

А что мы знаем про так называемые «белок-кодирующие» гены? В клетках прокариот (бактерии) для такого типа генов все просто: на матрице ДНК транскрибируются молекулы РНК, на их базе идет синтез белковых молекул. Чаще всего молекулы РНК готовы для синтеза уже во время транскрипции. В клетках эукариот все гораздо сложнее: синтезирующиеся в процессе транскрипции молекулы РНК не готовы к трансляции (синтезу белка), прежде они должны претерпеть ряд изменений. Определенный набор модификаций вносится на концы молекул РНК (и РНК становится стабильной, а также попадает в определенные зоны клетки — «фабрики белка»), из середины молекулы вырезаются интроны. Без сплайсинга и объединения экзонов правильную белковую молекулу не синтезировать.



С развитием полногеномных технологий появляется все больше работ о не кодирующих белки РНК

работают в разных типах клеток, транспортироваться в разные компартменты или формировать разные поверхности узнавания для лигандов и т. д.

### О чем «шумят» гены

Далеко не для всех изоформ белков известны функции, а во многих случаях для альтернативно сплайсированных молекул РНК не удается обнаружить белковый продукт. Авторы указанной статьи в Scientific Reports, изучавшие продукты альтернативного сплайсинга на модели мха, не обнаружили белков для большей части альтернативно сплайсированных молекул мРНК. В работах, выполненных на других модельных организмах, для многих альтернативно сплайсированных вариантов мРНК белковые молекулы также не были найдены.

Возможно, такие молекулы — побочный продукт регуляции «количества» генной экспрессии, «генный шум»; либо некоторые изоформы белка нужны в крайне ограниченных количествах.

Кроме этого, во многих интронах генов находятся регуляторные элементы, управляющие процессами сплайсинга, и там же могут находиться некодирующие РНК, участвующие в клеточном метаболизме. Так что и многообразие изоформ, и даже экспрессии белка могут контролироваться непосредственно молекулами РНК, без участия ДНК.

С развитием полногеномных технологий появляется все больше работ о некодирующих молекулах РНК. В геноме человека описан огромный пул таких РНК — «длинных» и «коротких»: они осуществляют важные регуляторные функции в клетке. Эти РНК следят за стабильностью белок-кодирующих РНК, активируют или репрессируют гены, являются сенсорами при разных стрессах. Функции основной части некодирующих РНК еще не описаны, это целый мир, без которого клетка и организм не могут существовать.

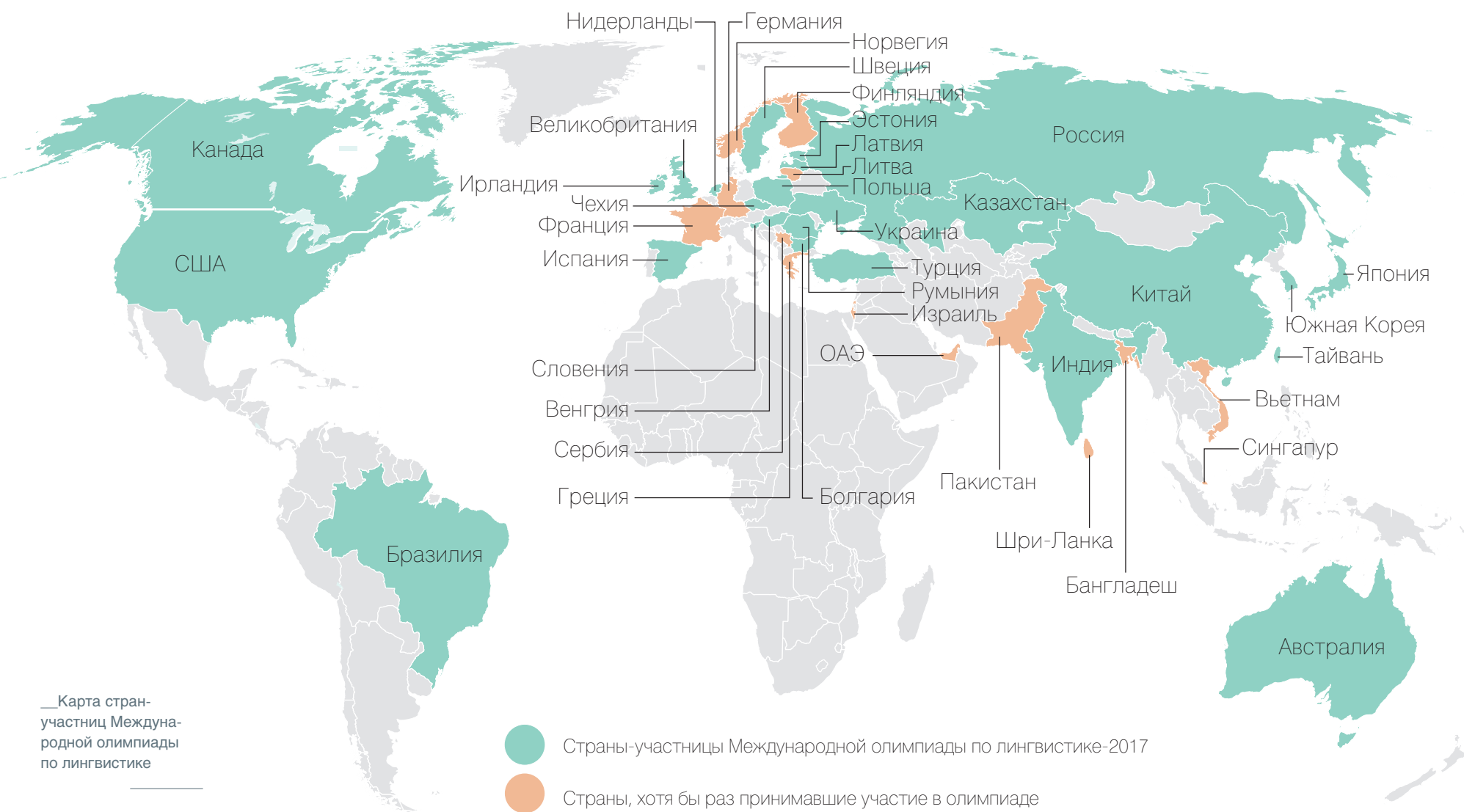
Накопленные на сегодня данные наталкивают на мысль, что на молекулярном уровне жизнь — это форма реализации функций РНК. ДНК хранит информацию, белок отвечает за клеточный метаболизм, а жизнь клетки (и организма) организуется и контролируется на этапе функционирования молекул РНК.

Существуют даже предположения, что именно РНК на заре эволюции была первым биополимером, способным к самовоспроизводству. РНК, с одной стороны, подобно ДНК, способна быть хранилищем генетической информации (геномы огромной группы вирусов представлены РНК). С другой — известны и РНК с каталитической функцией, способные выполнять часть функций белков. Сторонники РНК-мира считают, что свойства РНК, позволившие им воспроизводить за счет собственной ферментной активности записанную в последовательностях нуклеотидов информацию, сыграли решающую роль в становлении генетического аппарата живых организмов. Время для подобных обобщений еще не пришло. Ученые только начинают понимать, что система, которую они изучают уже 100 лет, гораздо сложнее, чем казалось даже 20 лет назад.

ОКСАНА МАКСИМЕНКО, кандидат биологических наук, Институт биологии гена РАН

Пел ли я? Человек встретил колдуна и друга на площади. В Луанде есть колдуны — такие предложения переводили на язык кимбунду школьники из 27 стран, которые этим летом приняли участие в XV Международной олимпиаде по лингвистике в Дублине (Ирландия). Правда, на кимбунду никто из них не говорит — но так и должно быть, потому что это вовсе не олимпиада по знанию иностранных языков.

## ПЕРЕВЕДИТЕ НА КИМБУНДУ



В мире 7000 языков, и владеть ими всеми невозможно. Однако обладая навыками логического мышления и лингвистического анализа, можно разобраться в том, как устроен даже совершенно незнакомый язык. Именно такое умение и требуется от участников Международной олимпиады по лингвистике. Она состоит из двух туров: индивидуального и командного. В этом году на индивидуальном состязании школьникам предстояло на основе данных примеров понять, как устроена система числительных в языке биром (Нигерия), лексика и грамматика языка абуи (Индонезия), грамматика и фонетика языка кимбунду (Ангола), письменность и система счета предметов в языке лавен (Лаос), а также словообразование языка мадак (Папуа — Новая Гвинея). А на командном туре участники сопоставляли эмодзи с их описаниями на индонезийском языке.

### От Москвы до Дублина

Идея олимпиады по лингвистике зародилась в СССР в 1960-х годах. Выдающийся лингвист Андрей Зализняк в 1963 году опубликовал статью «Лингвистические задачи», которая произвела большое впечатление на научную общественность. «Предназначается для лиц, незнакомых с баскским языком. Дан текст из 12 фраз на незнакомом языке (баскском). Известно, что одна из фраз грамматически неправильна из-за ошибки в одном слове. <...> Задание. Найти грамматически неправильную фразу и сделать ее грамматически правильной, изменив (или заменив) в ней только одно слово» — на первый взгляд сделать это кажется невозможным. Математик Владимир Успенский вспоминает: «Тут какая-то чушь, подумалось мне. Ведь может слу-

— Представители России на XV Международной олимпиаде по лингвистике (слева направо): Антон Сомин (руководитель команды), Даниил Веденеев, Ирина Ницевич, Мария Ершова, Светлана Баранова, Екатерина Волошинова, Ксения Шагал (руководитель команды), Татьяна Романова, Арсений Олейник, Алексей Старченко



читаться, что в этом таинственном баскском языке именно так и положено сказать. Как же можно такое опровергнуть? С тем большим удивлением я обнаружил через некоторое время, что решил задачу: и ошибку нашел, и исправление предложил».

В 1965 году в Москве прошла Первая традиционная олимпиада по языковедению и математике, на которой школьникам предлагались именно такие задачи. Сочетание «первая традиционная» может показаться неуместным, но оно возымело магический эффект: олимпиада действительно стала традиционной, и в 2017 году состоялась уже Сорок седьмая традиционная олимпиада по лингвистике, которая теперь проводится по всей России. С 1984 года подобные ей соревнования организуются в Болгарии, с 2000 года — в Нидерландах, а в 2007 году возникла Североамериканская олимпиада по компьютерной лингвистике, которая за несколько лет охватила почти весь англоязычный мир. Постепенно и во многих других странах появились масштабные лингвистические состязания. Например, в Словении олимпиада по лингвистике входит в состав олимпиады по логике, и в 2016/2017 учебном году в ней принимали участие 25 000 человек — это в три раза больше, чем участников Традиционной олимпиады по лингвистике в России!

Международная олимпиада возникла в 2003 году, и за ее 15-летнюю историю в ней хотя бы раз принимала участие 41 страна. В Дублин в этом году приехали школьники из 27 стран, которые представляют все обитаемые части света, кроме Африки. К сожалению, не всем участникам удается добраться до места проведения состязаний: нередки случаи, когда мешают визовые или финансовые проблемы. Например, в этом году должны были приехать команды из Армении и Бангладеш, но не смогли — хотя комплекты задач по-армянски и по-бенгальски для них уже были заготовлены.

## Японский, турецкий и все-все-все

Действительно, задания олимпиады переводятся на все языки участников — это сделано для того, чтобы все находились в равном положении и каждый мог писать работу на своем родном языке: для задач по лингвистике, имеющих дело с тонкими языковыми материями, это очень существенно. В этом году школьники заказали у задачной комиссии 20 языков: английский, болгарский, венгерский, испанский, китайский, корейский, латышский, нидерландский, польский, португальский, румынский, русский, словенский, турецкий, украинский, французский, чешский, шведский, эстонский, японский. Задачная комиссия составила и перевела задачи, а члены жюри проверили решения, написанные школьниками на всех этих языках.

## КАК РЕШИТЬ ЛИНГВИСТИЧЕСКУЮ ЗАДАЧУ

Даны слова на языке муйув и их переводы на русский язык:

1. atok	Я стою около него
2. kuton	Ты стоишь в стороне
3. isiw	Он остаётся около тебя
4. kusim	Ты остаёшься около меня
5. iw	Он идёт к тебе

Задание 1. Переведите на русский язык с языка муйув: asin, itom, ak.

Задание 2. Переведите на язык муйув: ты уходишь.

Примечание. Муйув — один из австронезийских языков, на котором говорят 6 тыс. человек, живущих на островах Вудларк (Папуа — Новая Гвинея).

Источник: XVII Традиционная лингвистическая олимпиада (Олимпиада по языковедению и математике). Задачи первого тура. М.: Издательство Московского университета, 1981. Автор задачи — Владимир Беликов.

## Решение

Разобьем слова языка муйув на части. Видно, что по два раза встречаются to и si, а значит, можно первые четыре слова можно поделить так: a-to-k, ku-to-n, i-si-w, ku-si-m. Тогда пятое слово состоит из i и w, которые уже выделены в i-si-w. Легко заметить, что первая часть соответствует подлежащему русского предложения, вторая — сказуемому, а третья — второстепенному члену. При этом глагол 'идти' выражается отсутствием второй части, а значения местоположения ('около тебя') и направления ('к тебе') выражаются одинаково.

a 'я'	to 'стоять'	m 'около меня / ко мне'
ku 'ты'	si 'оставаться'	w 'около тебя / к тебе'
i 'он'	- 'идти'	k 'около него / к нему'
		n 'в стороне / в сторону'

Зная это, мы можем выполнить задания. asin — 'Я остаюсь в стороне'; itom — 'Он стоит около меня'; ak — 'Я иду к нему'. Предложение 'Ты уходишь' можно переписать как 'Ты идёшь в сторону', а значит, его перевод — kup.

Примерно такие задачи (только, конечно, гораздо сложнее) и предлагаются на Международной олимпиаде по лингвистике.

Конечно, в жюри берут не только полиглотов (для проверки работ на лингвистической олимпиаде гораздо важнее большой опыт в такой необычной деятельности), но обязательно необходимо, чтобы любым из языков хорошо владели по крайней мере два человека, которые могли бы помогать в переводе своим коллегам. Этим Международная олимпиада по лингвистике отличается от олимпиад по другим предметам: там жюри при переводе обычно прибегает к помощи руководителей команд, и это может оказывать некоторое влияние на результаты.

## Результаты

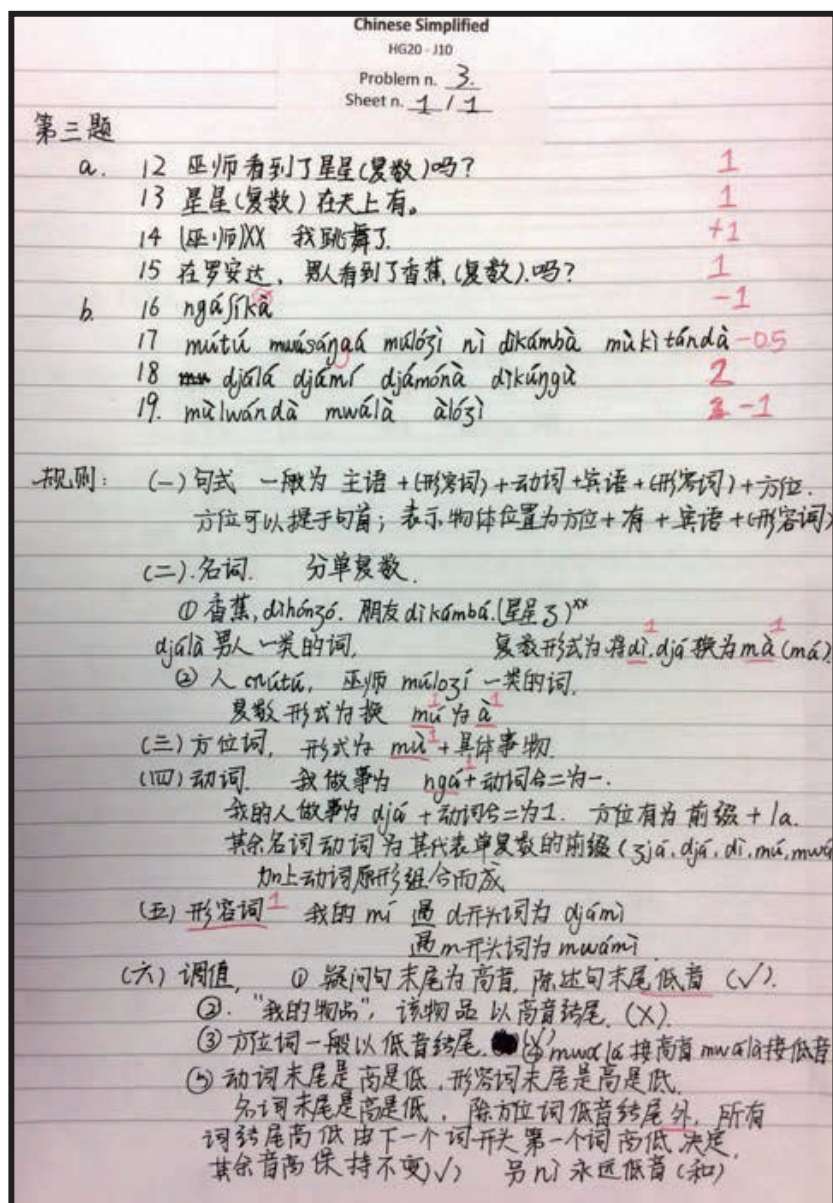
Страны с сильной олимпиадной традицией, достигающие заметных успехов, обычно отправляют на олимпиаду по две команды из четырех человек, а менее опытные участники — по одной. Россию в этом году представляли восемь школьников из Москвы, Долгопрудного и Санкт-Петербурга. Состав команд определялся по результатам Традиционной олимпиады по лингвистике и последующего специального отборочного тура для победителей олимпиады. Результаты команды, как обычно, оказались высокими: Даниил Веденеев (Санкт-Петербург) завоевал серебряную медаль, Екатерина Волошинова (Санкт-Петербург), Татьяна Романова (Москва) и Алексей Старченко (Москва) — бронзовые медали, а Светлана Баранова (Москва), Мария Ершова (Москва) и Арсений Олейник (Санкт-Петербург) — похвальные отзывы.

Абсолютным победителем в индивидуальном зачете стал британский школьник Самуэль Ахмед, который набрал 92 балла из 100. Это уже третья его золотая медаль на Международной олимпиаде по лингвистике. Кроме него, золотые медали достались еще двум британцам, а также трем болгарам, поляку, американцу, тайваньцу и румыну. Особую ценность этим медалям придает тот факт, что их вручается меньше, чем на других международных олимпиадах: например, из участников математической олимпиады медали получает примерно половина, а вот у лингвистов доля награжденных составляет около 30%. Переходящий приз за лучший средний результат в индивидуальном состязании в этом году достался британцам: это и неудивительно, ведь у них целых три золотых медалиста. В командном туре победу праздновали тайваньцы, серебро досталось полякам, а бронза — словенцам.

Кроме этого, на олимпиаде есть еще один приз, который присуждают сами участники: уходя с индивидуального тура, они сдают анкету, в которой отмечают, какая задача понравилась им больше всего. Автору задачи, победившей в голосовании, присуждается традиционный приз «решательских симпатий». В этом году его лауреатом стал кореец Тэхун Ли, автор задачи про язык лавен (см. таблицу на стр. 15). Участникам пришлось по душе необычная система письма, в которой каждый слог обозначается двумя знаками. Первый из них передает начальные согласные, а второй — гласный и конечный согласный, если он есть: например, в слове pгај 'будить' первый знак обозначает рг, а второй знак — ај.

## Лингвисты всех стран, соединяйтесь

Международная олимпиада — возможность не только порешать задачи, но и познакомиться с молодыми и взрослыми лингвистами из самых разных стран. Руководят командами обычно профессиональные лингвисты (хотя это и необязательно), так что школьники получают хорошую возможность



\_\_Проверенная олимпиадная работа на китайском языке

𑀧𑀺𑀢𑀺𑀓𑀲𑀺𑀓	praj trie	будить жену
𑀧𑀺𑀢𑀺𑀓𑀲𑀺𑀓	ca:k caj	от души/сердца
?	taw be:	видеть плот
𑀧𑀺𑀢𑀺𑀓𑀲𑀺𑀓	kriət blaw	царапать бедро
	plaj priət	банан
?	?	три банана
𑀧𑀺𑀢𑀺𑀓𑀲𑀺𑀓𑀲𑀺𑀓	?	шесть носорогов
𑀧𑀺𑀢𑀺𑀓𑀲𑀺𑀓	?	четыре кисти бананов



расспросить специалистов о том, как устроены разнообразные области науки о языке: компьютерная лингвистика, полевая лингвистика, синтаксис, фонология и многое другое. По традиции на олимпиаде проводятся и вечерние лекции о современных задачах лингвистики.

Поскольку лингвистика находится на стыке самых разных научных дисциплин, многие участники олимпиады достигают успехов и в других предметах. На олимпиаде обычно бывает несколько школьников, которые приезжают с Международной математической олимпиады. В этом году несколько участников перед Дублином побывали на Международной физической олимпиаде, что всерьез обеспокоило жюри: дело в том, что физики ездили в Индонезию, а на командном туре как раз предлагалась задача на индонезийский язык. К счастью, на физической олимпиаде люди все-таки больше занимаются физикой, чем индонезийским языком, и никаких языковых знаний, которые ставили бы их в неравное положение с другими, у этих участников не оказалось. А, например, болгарский лингвист Иван Держанский, который трижды был председателем задачной комиссии и жюри Международной олимпиады по лингвистике, еще в 1989 году был членом жюри первой Международной олимпиады по информатике.

Даже после выпуска из школы есть много возможностей не расставаться с Международной олимпиадой по лингвистике. Например, можно стать руководителем команды своей страны и возить новые поколения школьников. Можно стать волонтером и помогать организовывать олимпиаду в разных местах. А можно заняться сочинением задач и войти в международную задачную комиссию, а затем и в жюри олимпиады: собственно говоря, в этом году авторами трех из пяти задач индивидуального тура были бывшие участники олимпиады, а в жюри они составляли почти половину — восемь человек из восемнадцати.

Вокруг Международной олимпиады по лингвистике уже сложилось целое международное сообщество. Анонимный участник олимпиады ведет в фейсбуке группу «Мемы для эргативно-абсолютивных подростков»: сложные термины в названии уже подсказывают, что речь будет идти о лингвистике. В этой группе постят веселые картинки, связанные с задачами олимпиады, а также размещают новости с сайта «Новостная сеть лингвистической олимпиады» — еще одного шуточного ресурса, который ведут участники олимпиады. Там публикуют фейковые новости на олимпиадные темы: например, в одной из них сообщалось, с каким облегчением задачная комиссия восприняла тот факт, что на олимпиаде опять не будет команд из Африки — ведь именно на африканские языки часто составляются задачи, потому что предполагается, что никто из участников их не знает. Хотя на самом-то деле организаторы очень жалеют, что ни одна африканская страна за 15 лет так и не добралась до олимпиады — а языков для задач хватило бы, все равно их в Африке больше двух тысяч.

## Есть ли жизнь после олимпиады?

Критики школьных олимпиад нередко спрашивают: а связаны ли они на самом деле с наукой? Что если это просто спорт высоких достижений, и те, кто хорошо решает олимпиадные задачи, в настоящей науке ничего не добиваются? Ведь никакой ученый не решает за шесть часов пять проблем, связанных с совершенно разными языками. Однако итоги Международной олимпиады по лингвистике показывают, что связь между успехами на олимпиаде и успехами в лингвистике налицо.

Международная олимпиада существует уже 15 лет, а значит, уже можно оценить научные результаты первых ее участников. Взгляда на достижения одних только россиян достаточно, чтобы убедиться, что олимпиада проводится не зря. Игорь Виноградов, который в 2005 году решал на олимпиаде

— Фрагмент олимпиадной задачи про язык лавен

## САМЫЕ НЕОБЫЧНЫЕ ЗАДАЧИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО ЛИНГВИСТИКЕ

Самодостаточные лингвистические задачи появились в 1960-е годы, когда лингвистика развивалась в тесной связи с семиотикой — наукой о знаках и знаковых системах. Методы лингвистики применялись к анализу самых разных знаковых систем — от фольклорных текстов до методов регулирования движения на перекрестке. Поэтому и на олимпиадах по лингвистике иногда предлагаются задачи не только про естественные языки, но и про совсем необычные знаковые системы.

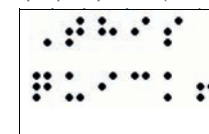
### Трансцендентная алгебра (2003)

$$\boxtimes \sqrt{\quad} - t = -\Delta_3$$

$$\left(\frac{\Delta \Delta i \Delta}{\Delta i \Delta}\right) - \heartsuit = \square$$

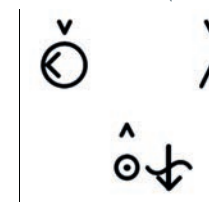
Универсальный язык на основе математической нотации, разработанный в 1916 году российским исследователем Яковом Линцбахом.

### Шрифт Брайля (2007)



Шрифт Брайля, предназначенный для слепых людей, во многом опирается на порядок букв латинского алфавита — именно эту закономерность и должны были обнаружить школьники.

### Блиссимволика (2010)



Пиктографическое письмо, которое разработал австралиец британского происхождения Чарльз Блисс после Второй мировой войны, вдохновившись китайскими иероглифами.

### Матричная РНК (2010)

AUGUCGAGA  
GAAUGAGGU

Нуклеотиды матричной рибонуклеиновой кислоты преобразуются в полипептиды по особым правилам, которые вполне можно анализировать лингвистическими методами.

### Штрихкоды (2011)



Штрихкод с упаковки печенья, произведенного в Великобритании. Это даже не первая задача про штрихкоды, которая предлагалась на лингвистических олимпиадах: некоторые более простые закономерности предлагалось открыть участникам Московской олимпиады еще в 1995 году.

задачу про мексиканский язык цоциль, благодаря этому заинтересовался языками Мексики и стал известным специалистом по грамматике языков майя. Его товарищ по команде Никита Медянкин, трехкратный участник международной олимпиады, занимается математикой и компьютерной лингвистикой; в 2016 году он разработал автоматический грамматический анализатор для русского языка, который существенно упрощает работу компьютерных лингвистов. Ксения Шагал (Крапивина), которая участвовала в олимпиаде в 2004–2005 годах, а сейчас является руководителем одной из российских команд, в этом году получила престижную премию Ассоциации лингвистической типологии за лучшую диссертацию: ее работа посвящена причастиям в языках мира.

Нынешние участники российской команды тоже не собираются прекращать занятия лингвистикой: в их числе в этом году было четыре выпускника, и все они по результатам олимпиад уже зачислены без вступительных испытаний в школу лингвистики Высшей школы экономики.

## Планы на будущее

Когда Международная олимпиада по лингвистике только зарождалась, найти место для ее проведения было большой проблемой. Не случайно она целых три раза проводилась в Болгарии и два раза — в России, то есть в странах, где давно налажено олимпиадное движение. Но олимпиада растет, а значит, увеличивается количество стран, готовых ее принять. Сейчас уже известны планы на три года вперед: в 2018 году олимпиада состоится в Чехии, в 2019 году — в Южной Корее, а в 2020 году — в Латвии. В 2020-е годы на роль хозяев олимпиады собираются претендовать Канада и Бразилия. А вот австралийцы жалуются на то, что проводить олимпиаду в июле-августе им неудобно: это самый разгар учебного года, и лучше бы все приехали к ним в нормальное время — летом, в январе.

АЛЕКСАНДР ПИПЕРСКИ, кандидат филологических наук, научный сотрудник лаборатории лингвистической конфликтологии НИУ ВШЭ, доцент РГГУ, член задачной комиссии и жюри Международной олимпиады по лингвистике

Подробная информация об олимпиаде доступна на ее официальном сайте: [www.ioling.org](http://www.ioling.org).

В 2018 году олимпиада состоится в Чехии, в 2019 году — в Южной Корее, а в 2020 году — в Латвии. В 2020-е годы на роль хозяев олимпиады собираются претендовать Канада и Бразилия

АННА КУДРЯВЦЕВА — лауреат Премии президента России в области науки и инноваций для молодых ученых. Премия присуждена ей за объяснение специфического метаболизма злокачественных эпителиальных опухолей.

# «ВРАЧИ НЕ ДО КОНЦА ПОНИМАЮТ, ЧТО ПРОИСХОДИТ С КЛЕТКОЙ И ПОЧЕМУ»

— Анна, как у вас возник интерес к биологии?

— Интерес появился не к биологии, а к медицине, во втором классе — я это четко помню. Я любила рассматривать медицинские атласы, я заучивала название костей, сосудов, нервов на латыни.

Еще в дошкольном возрасте я поняла, что хочу лечить людей, и в голове довольно быстро возник план, что для этого нужно сделать. Прежде всего, нужно было понять, как устроен организм человека. Когда общее представление появилось, медицина стала казаться еще большим искусством. Стало очевидно, что набор исходных данных, с которыми имеет дело врач, когда к нему приходит больной, настолько велик и при этом настолько неполон, что оперировать им практически невозможно — фатальную ошибку можно сделать в любой момент. Наиболее простой областью казалась хирургия, потому что независимо от причин, приведших к патологии, выполнить стандартную операцию, следуя четким протоколам, выглядело проще, чем поставить диагноз.

Но семья хотела, чтобы я стала музыкантом. В пять лет я начала играть на фортепиано, а в девять — на флейте. Училась я в школе при консерватории в Санкт-Петербурге. Главное требование там — хорошо играть, а уровень общеобразовательных предметов, конечно, отставал. Так что было тяжело, я не оставляла желания учиться в медицинском институте. Подтягивала нужные предметы на первых порах самостоятельно, а затем начала заниматься на малом биологическом факультете СПбГУ, где преподаватели вуза раз в неделю читали лекции, и два раза в неделю студенты этого факультета детально разбирали с нами пройденный материал. Это были волшебные занятия, которые вели люди, влюбленные в свое дело. Они передали эту любовь нам, своим ученикам.

Первая же лекция была посвящена простейшим — она мне так понравилась, что я вместо медицины пошла на биологический факультет, чтобы изучать одноклеточные организмы на кафедре зоологии беспозвоночных.

К тому времени я уже понимала общие принципы функционирования органов и систем органов и обнаружила, что этим все не ограничивается, что очень важные процессы происходят на более тонком уровне — клеточном. Это оказался огромный волшебный мир! Клетки — это совершенно удивительное творение природы! Они многообразны и прекрасны, смотреть на них можно часами и сутками. Именно на уровне отдельных клеток — единицы живого — природа оттачивала варианты различных клеточных структур и процессов.

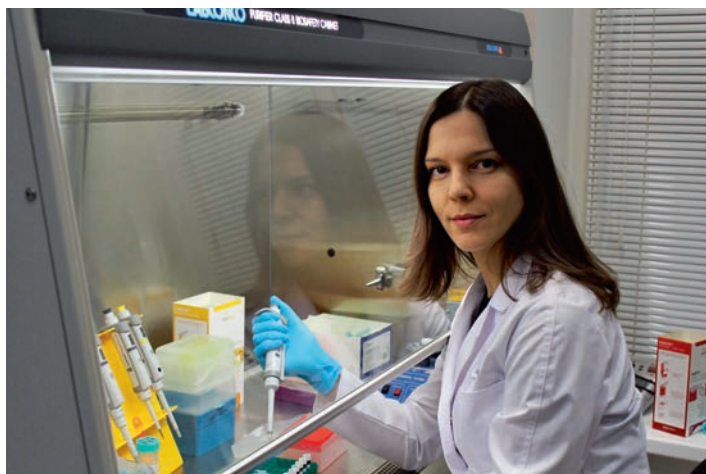
И наибольшее разнообразие можно обнаружить на том уровне, когда клетка еще была самостоятельной, а не частью тканей в составе многоклеточных организмов: на уровне простейших. Эта красота и великолепие поглотили меня на несколько лет.

Потом пришло понимание, что это субто фундаментальная тематика, слишком далекая от обычной жизни. А я хотела большего: вокруг люди болеют, им нужна помощь — так жизнь меня снова вернула в медицину. Мощное развитие молекулярной биологии и генетики показало, насколько они важны для понимания причин развития патологических состояний, в том числе рака. А понимание причин и путей развития — это первый шаг к поиску способов лечения.

Я продолжила обучение на кафедре цитологии и гистологии. Меня стало интересовать поведение клетки при возникновении и развитии рака. Я окончила университет и переехала в Москву, где поступила в аспирантуру Института молекулярной биологии имени В.А. Энгельгардта, в лабораторию известного академика Льва Львовича Киселева. Под его руководством я начала заниматься формированием и развитием онкологических заболеваний. Так мой научный интерес перешел от фундаментальных исследований одноклеточных организмов, амёб, к фундаментальным и прикладным вопросам онкологии.

— Расскажите о вашей исследовательской группе, какова ваша роль в ней?

— С другим лауреатом Премии президента, Алексеем Дмитриевым, мы пришли в лабораторию Киселева одновременно, я аспирантом, а он студентом МФТИ. Мы оба защитили диссертации, и Алексей остался в лаборатории проводить независимые исследования, а я стала руководить научной группой постгеномных исследований — это очень важно для молодого ученого, нам дали шанс проявить себя. Мы доказали, что в состоянии проводить научные исследования и публиковать статьи, писать заявки и получать



— Анна Кудрявцева родилась 4 декабря 1981 года в Ленинграде, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Института молекулярной биологии имени В.А. Энгельгардта РАН

логического института имени П.А. Герцена. Мне стало понятно, как совместить фундаментальный и прикладной аспекты современной онкологии.

В Институте имени Герцена я руковожу молекулярно-генетическим тестированием пациентов. Общение с врачами помогло мне понять, в какую сторону идти, какие задачи наиболее актуальны в лечебной практике. В лаборатории мы занимались расшифровкой клеточных механизмов, а теперь стало понятно, на каких именно из них нужно было сфокусировать внимание, какие из них могут найти клиническое применение. Наша группа стала своеобразным мостом между фундаментальными работами и медицинской практикой.

Моя лаборатория и центр коллективного пользования «Геном» оснащены самым современным оборудованием, позволяющим проводить исследования на уровне высочайших мировых стандартов. К нам обращаются и кардиохирурги, и экологи, и гастроэнтерологи, и даже специалисты по генетике растений; мы всегда рады новому сотрудничеству, новым направлениям работы, которые зачастую совершенно неожиданно помогают нашим основным исследованиям в области онкологии.

— Расскажите об исследовании, которое удостоено Премии президента.

— Наше исследование одновременно и фундаментальное, и прикладное. Мы занимались созданием научных основ для разработки лекарств и методов диагностики. Как правило, исследователи рассматривают только один из аспектов онкогенной трансформации клеток. Например, специалисты по белкам изучают поведение только белков в опухоли: как они изменяются, чем различается белковый состав нормальной клетки и клетки опухоли и так далее. Это, несомненно, важно, но клетка состоит не только из белков, есть еще ДНК, РНК и еще множество регуляторных процессов, участвующих в цепи от гена к его продукту и функции. Устройство клетки максимально сложно, поэтому необходимо рассматривать не отдельную молекулу или отдельный механизм, а все в комплексе. Здесь помогает и экспериментальная работа, и биоинформатический анализ.

Что сделали мы? Существует база данных, в которую со всего мира вносятся результаты высокопроизводительных платформ, такие как, например, секвенирование генома или методы, которые позволяют все белки в клетке исследовать одновременно. Подобные данные мы можем получать и самостоятельно, у нас есть геномные секвенаторы, которые расшифровывают геном человека. Все эти массивы данных сложно обрабатывать стандартными методами, вручную, —

нужны биоинформатики. Мы создали программное обеспечение, которое позволяет не только анализировать по отдельности различные уровни организации клетки, но и смотреть регуляторные механизмы, которые связывают между собой основные процессы в клетке. Например, можно проследить процессы, которые регулируют экспрессию генов, то есть эффективность, с которой РНК считывается с ДНК.

Подобные исследования позволили выявить механизмы, которые специфически нарушаются в опухоли, и сравнить различные опухоли между собой. Когда получаешь такую информацию, можно отличить более агрессивные формы

Пока мы знаем клетку, которая была до опухоли, и знаем больную клетку. Сам же процесс трансформации еще предстоит изучить



рака от менее агрессивных, и на основании этого уже врачи могут давать рекомендации пациентам, следует ли, например, после операции проводить дополнительную терапию или как часто следует ходить на профилактический осмотр. В совокупности это все приводит к персонализированной медицине: к каждому пациенту применяется индивидуальный подход в зависимости от его молекулярно-генетических особенностей. Медицина активно идет по этому пути, и наша работа позволяет еще более приблизиться к цели.

Но разработанное нами программное обеспечение — только один пункт исследования, за которое мы удостоены Премии президента. Мы также получили действительно большое количество экспериментальных данных. Наши результаты опубликованы в десятках статей в высокорейтинговых научных изданиях.

— Анна, какие цели, и быстро достижимые, и фундаментальные, стоят перед вами сейчас?

— Мы исследуем редкие, малоизученные опухоли. Одна из них — каротидная параангиома, ее также называют опухолью каротидного тельца, или каротидной хемодетомой. Опухоль расположена в зоне, где сонная артерия раздваивается, и оперировать ее крайне тяжело: можно задеть сонную артерию, операции сопровождаются большой кровопотерей, есть риск повредить нервы, отвечающих за речевую, глотательную функцию, велик риск инсульта, часто требуется проводить пластику артерии. Обычно эта опухоль растет медленно, иногда имеет смысл подождать и не проводить операцию. Но это решение за врачами. Мы же должны определить, как развивается эта опухоль, является ли она результатом наследственных мутаций, чтобы можно было вовремя обнаружить наследственную предрасположенность к ней. К тому же отсутствуют иные, кроме хирургического, методы лечения каротидной параангиомы — а мы можем найти новые, например, при помощи таргетной терапии, создаваемой для определенных генетических нарушений. И самое главное, примерно 15% подобных опухолей из потенциально доброкачественных становятся злокачественными: начинают быстро расти, формируют метастазы и рецидивируют после хирургического удаления. Следовательно, лечение может зависеть от того, насколько опухоль агрессивна. Наши исследования дадут методику для более качественной диагностики, ведения болезни и ее лечения.

Фундаментальная же наша цель — понимание механизмов образования и развития раковых клеток. Пока мы знаем клетку, которая была до опухоли, и знаем опухолевую, больную клетку. Сам процесс трансформации, его причины, отношение к ним доброкачественных опухолей, они ведь не всегда промежуточная стадия, предстоит изучить.

— Легко ли получать финансирование? Откуда приходят деньги и хватает ли их?

— Сколько денег ни давай, их всегда мало. Но в целом ситуация в России улучшается. В мои студенческие годы получать финансирование было крайне сложно, его было очень мало. В данный момент нашей лаборатории грешно жаловаться. У нас были и большие проекты Министерства образования и науки, в том числе по поддержке Центров коллективного пользования научным оборудованием, то есть мы могли покупать требующиеся приборы. ФАНО сейчас также способствует закупке оборудования. Наша лаборатория получила гранты от Российского научного фонда для двух проектов: исследования адаптации льна к различным условиям культивирования и исследования опухолей толстой кишки. Также мы получаем финансирование от Российского фонда фундаментальных исследований — это проекты по генетике параангиом, а также совершенно прорывной проект по идентификации пола у тополей, что дает возможность засаживать города только особями мужского пола, не производящими пуха. Это крайне важно для людей, страдающих аллергическими реакциями. Результаты уже получены, и мы надеемся, что нашей разработкой заинтересуются руководители крупных городов и коммерческие партнеры.

Также мы участвуем в международных проектах, получили финансирование от фонда ICGEB. Но они дают деньги только на исследования, зарплаты сотрудников там не предусмотрены, зато они поддерживают поездки на международные научные семинары и другие образовательные мероприятия.

Также наша лаборатория участвует в проекте, поддержанном Российским научным фондом: исследования в области генетики старения и долголетия. Так что если работать много и иметь большое желание развиваться, если уметь проводить качественные исследования на мировом уровне, не бояться конкуренции и верить в успех, деньги на работу всегда найдутся, причем в нашей стране.

— Что есть в вашей жизни кроме науки? Какое место в ней занимает семья? За какими событиями, происходящими в мире, вы еще следите? Где предпочитаете проводить досуг?

— Я всегда была очень увлекающимся и азартным человеком. Поэтому и уходила каждый раз в новую заинтересовавшую меня область с головой. Я занималась таксидермией, то есть изготовлением чучел. Работы с моим участием даже получали призовые места на выставках. Затем меня очень заинтересовал дайвинг. И я, как фанат зоологии беспозвоночных, погружалась все в новые морские глубины, чтобы насладиться ошеломляющими видами подводных пейзажей. Во время одного из отпусков я даже попробовала себя в роли инструктора, погружая желающих поплавать под водой с аквалангом в Черное море.

Самым недавним увлечением были танцы карибского стиля. Когда сын перешел в новую школу, мы с удивлением и радостью обнаружили, что наше с ним увлечение бачатой, сальсой и меренге может перейти с уровня вечеринок до действительно красивых и ярких выступлений. Там размещалась школа танцев «Лагино-клуб», где мы и начали с ним заниматься. Это действительно стоящее занятие, кото-

рое позволяет поддерживать хорошую физическую форму, бороться со страхом сцены и реализовывать свои творческие амбиции.

Когда-то я следила за гонками «Формулы-1». Насколько я боялась скорости — настолько она меня завораживала. Я следила за всеми важными событиями и помнила фамилии участников всех команд. Но это в прошлом. Сейчас регулярным событием для нашей семьи стали поездки на конкурсы танцев, которые организует WADF — Всемирная федерация артистического танца. И теперь наблюдаю за успехами наших собратьев по клубу, наших конкурентов, участников из других категорий. Очень интересно наблюдать, как дети растут на твоих глазах и превращаются из угловатых новичков в шикарных пластичных девушек и юношей. Радостно, что сын тоже делает успехи и частенько становится победителем или призером на крупных международных мероприятиях. Очень интересным событием для меня оказалось посещение Дня России в Кремле. Это было настолько необычно и завораживающе! Я увидела всех тех людей, которые казались далекими и недостижимыми, а тут можно было подойти, выпить с ними бокал шампанского и поговорить. Жалею, правда, что не удалось подойти к Сергею Семеновичу Собянину, его окружили со всех сторон, видимо, расспрашивая о программе реновации. Очень хотелось рассказать, что мы в нашей лаборатории научились точно определять пол тополей еще на стадии саженца. Внедрение нашей разработки в практику могло бы избавить Москву от пуха уже в самое ближайшее время. А вообще, на досуг остается не так много времени, как хотелось бы. Обычно провожу его с любимыми друзьями. Нет ничего важнее общения с теми, кому ты дорог и кто дорог тебе. На свете так мало людей, которые действительно готовы сделать что-то хорошее просто так, от души, — нельзя забывать о них и надо хоть иногда выбираться из лаборатории. Люблю также путешествовать, но, как правило, совмещаю это с посещением конференций. Получаются поездки, где помимо интересных докладов можно познакомиться с новыми местами и культурными особенностями, посетить музеи и почувствовать себя частью совершенно другого мира.

Конечно же, и меня интересуют события, которое важно для России как великой державы. Я слежу за успехами нашей страны и переживаю, когда что-то не удается. Однако для меня совершенно очевидно, что политика представляет собой дело, требующее не только всестороннего образования, но и глубокого понимания психологии, а также врожденного тонкого чутья. И мне кажется, что обычный человек, который просто слушает новости, телевизионные дебаты и иногда читает газеты, не обладает достаточной информацией. Я бьюсь за свою позицию только тогда, когда я искренне и полностью уверена, что права. Поэтому я плохо отношусь к обсуждению политики на кухне и к проведению бесконечных митингов. Как мы можем кого-то осуждать, не зная всех причин решения, и тем более если сами не можем предложить лучшего варианта и не готовы его реализовать? Каждый должен заниматься тем делом, в котором специалист. Поэтому предпочитаю не думать о глобальной политике, заниматься наукой и радоваться тому, что у меня есть возможность делать это на родине. Может быть, когда-то я смогу давать советы руководству, как улучшить ситуацию в российской науке и поднять ее престиж на международной арене.

Семью я всегда считала очень важным компонентом, необходимым для достижения гармонии в душе и ощущения полноты жизни. Именно в общении с родными можно черпать силы и получать каждый день заряд энергии, чтобы придумывать что-то новое и интересное на работе. Именно они помогают забыть о неудачах и начать все с начала, когда все не получается и опускаются руки. Но сейчас я уже не вижу себя частью полноценной семьи в ее классическом виде. Очень сложно найти человека, который бы понимал, почему жена сидит на работе до полуночи и убегает туда опять в шесть часов утра. И возможности растить детей при таком стиле жизни тоже ограничены. Конечно, иногда начинает жгуче хотеться быть как все, но я отчетливо понимаю, что главное для меня — продолжать идти по той дорожке, которую я выбрала. Без этого я никогда не почувствую себя счастливой, наверное, именно для такой жизни я и была создана. К счастью, у меня есть сын, моя радость и гордость, есть родители, которые всегда помогали, есть любимый человек, который понимает, ценит и старается сделать прекраснее каждый день моей жизни. Есть теперь и настоящий друг — черный лабрадор, общение с которым заставляет забыть обо всем, как бы сильно я ни устала за день.

— Анна, а каково хрупкой девушке сражаться с таким врагом, как рак?

— Самый действенный способ помочь людям — это докопаться до истины, до причин возникновения болезни и механизмов ее развития. Бороться с таким врагом непросто. Но с каждым годом появляются все новые лекарства, которые позволяют существенно улучшить результаты лечения онкологических заболеваний. В мире над этой проблемой работают тысячи людей. Все вместе мы, вкладывая по кирпичику в общее дело, решаем сложнейшие задачи одну за другой. Рано или поздно мы найдем способ, как решить и эту тяжелейшую проблему. И совершенно не обязательно уезжать в другую страну. В России мы выросли, она дала нам образование, если все уедут, кто будет помогать своим? Помимо занятий наукой надо уметь грамотно наладить работу диагностических служб, организовывать сбор материала для исследований и многое другое. Даже особенности течения заболевания могут отличаться в зависимости от страны.

Я всегда чувствовала себя чужаком в других странах. И какие бы плюсы ни сулил переезд, всегда было понимание, что без родины мне будет плохо. Привыкнуть и достичь успеха можно везде, но будешь ли счастлив, это совсем другой вопрос.

Интервью подготовила группа «Прямая речь»

полная версия [kommersant.ru/12114](http://kommersant.ru/12114)

## Семью я всегда считала очень важным компонентом, необходимым для достижения гармонии в душе и ощущения полноты жизни



ФОТО ИЗ АРХИВА

# БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА

## БАКТЕРИОЛОГИЯ ОГНЕВКА АДАПТИРУЕТСЯ К ЯДУ



Ученые из Новосибирского государственного аграрного университета совместно с коллегами из Германии (Университет Гиссена) установили, что устойчивость к биологическим инсектицидам, со временем вырабатываемая у насекомых-вредителей, обуславливается не только мутациями, но и механизмами эпигенетического наследования — без изменения ДНК.

Бактерии вида *Bacillus thuringiensis* давно признаны одним из лучших средств защиты растений от вредителей. С одной стороны, они более безопасны для окружающей среды, чем химпрепараты; с другой стороны, считалось, что и резистентность к их воздействию, закрепляющаяся за счет мутационных изменений, вырабатывается у вредителей гораздо хуже.

Сибирские ученые провели эксперимент на вошине огневке (вредителе пчеловодства): они три года выращивали вредителей, подсеяя к каждому поколению бактерии *Bacillus thuringiensis*. Трехлетние наблюдения за тем, как бактерии воздействуют на огневку, показали, что вредителю хватает всего 30 поколений, чтобы выработать устойчивость к биопрепарату. При заражении бактерией в организме насекомого с выработавшейся устойчивостью немедленно запускаются эпигенетические механизмы: у насекомых возникают микроРНК, которые переориентируют иммунную систему вредителя, участвующую в формировании устойчивости.

Исследователи также предположили, что если найдется способ ослабить или вовсе упразднить этот процесс в формировании резистентности, иммунитет насекомого уже не будет с тем же успехом справляться с бактерией — мутационных изменений может не хватить для защиты от них. У ученых есть надежда на новый тип биопрепарата, который бы воздействовал на эпигенетические процессы и мешал бы развитию у насекомых иммунитета.

## АЭРОБИОЛОГИЯ ПРОГНОЗ ДЛЯ АЛЛЕРГИКОВ



В России появился сайт для аллергиков, где любой желающий может узнать, пыльца каких растений и в какой концентрации присутствует в атмосфере — [allergotop.com](http://allergotop.com). Данные мониторинга и прогноз содержания пыльцы публикуются каждый день около 12:00. Они представлены в интуитивно понятной форме и сопровождаются комментариями палинолога.

Аллергику подобная информация необходима: от этого зависит, сможет он выйти из дома или ему придется сидеть в четырех стенах, наглухо задрав окна и двери. Знание уровня аллергенов помогает скорректировать свой образ жизни на сезон цветения и попытаться обойтись без лекарств. В мире давно созданы целые сети пыльцевого мониторинга. В США, например, такая сеть появилась в 1928 году. К середине 1970-х годов аналогичная система была создана в большинстве европейских государств. В Японии аллергенную пыльцу отслеживают 120 ловушек. История российской аэробиологии началась в МГУ и насчитывает чуть больше 20 лет.

Актуальность аэробиологической информации с летом не проходит. Аллергологи отмечают осенью второй пик поллиноза, то есть сезонной аллергии. Причиной тому — опавшая листва и споры грибов, которые активно размножаются в сырую погоду.

Пыльцу собирают особые ловушки. Внутри ловушки установлен барабан с липкой лентой, на которой оседает пыльца. Раз в сутки ленту вынимают, и опытный лаборант под микроскопом подсчитывает пыльцевые зерна и споры. Результаты анализа пыльцы всегда отражают данные за последние сутки: вести мониторинг в режиме онлайн пока технически невозможно. На основании этих данных с учетом метеопрогноза и фазы цветения можно сделать прогноз максимальной концентрации пыльцы на ближайшие 24 часа.

## ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ОРГАНИЗМ УЧИТ ПАТОГЕННЫЕ БАКТЕРИИ УСТОЙЧИВОСТИ К ЛЕКАРСТВАМ



Группа ученых из Института общей генетики имени Н.И. Вавилова РАН и МФТИ провела анализ ДНК обитающих в кишечнике человека безвредных микроорганизмов, которые препятствуют лечению от бактериальных инфекций, сообщая патогенным микробам гены устойчивости. Результаты исследования опубликованы в журнале «Вестник РГМУ».

К примеру, не так давно выявленные бактериальные ферменты аминокликозидфосфотрансферазы (арН), сами по себе безвредные, содержат такие гены, которые при обычном для кишечной микрофлоры обмене генетической информацией делают опасные виды резистентными к известным типам антимикробной терапии. «Так, анализ метагеномной ДНК кишечника новорожденных показал, что уже в это время в нем присутствуют многочисленные гены устойчивости к двум из наиболее широко используемых классов антибиотиков в клинике и в сельском хозяйстве — β-лактамам и аминокликозидам», — рассказывает один из авторов исследования, аспирант кафедры биоинформатики МФТИ А.С. Ковтун. Анализ метагеномов кишечника у семи из одиннадцати здоровых обследованных россиян обнаружил наличие трех генов арН бактериального фермента аминокликозидфосфотрансферазы. Выявленные гены встречались у условно-патогенных бактерий микоплазмы хоминис (*Mycoplasma hominis*), клостридий (*Clostridium difficile*), энтерококков (*Enterococcus faecium*), кишечной палочки (*Escherichia coli*), стрептококка (*Streptococcus pyogenes*) и стафилококка (*Staphylococcus epidermidis*). Некоторые из этих бактерий причислены Всемирной организацией здравоохранения к 12 опаснейшим бактериям.

Сопоставление данных с аналогичными исследованиями зарубежных коллег показало, что содержание бактериальных ферментов с арН-генами обуславливается не возрастом, не полом, а в первую очередь географией. Руководитель исследования, профессор МФТИ и зав. отделом генетических основ биотехнологии ИОГен РАН В.Н. Даниленко комментирует: «Редкая встречаемость арН-генов в российских метагеномах указывает на региональную специфичность и более редкое использование антибиотиков аминокликозидов в лечебных целях у людей, чей микробиом был использован. Важным результатом исследования является обнаружение в микробиоме здорового человека условно-патогенных бактерий, содержащих арН-гены». Следующий этап исследования — разработка так называемых диагностикомов, составление наборов генов для идентификации наиболее опасных видов бактерий с устойчивостью к наибольшему количеству лекарственных средств.

# ВИРУСЫ ПРОТИВ РАКА

В мире интенсивно идет разработка лекарств от онкозаболеваний на основе вирусов. В нашей стране такие работы ведутся в Новосибирском университете, ГНЦ «Вектор», Институте химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН и Институте молекулярной биологии РАН. Нами получены рекомбинантные штаммы различных вирусов, показавшие перспективность их использования для уничтожения раковых клеток. Проблема сейчас в получении финансирования на доклинические исследования и клинические испытания.

Прогнозы писателей-фантастов редко сбываются буквально. Но с рассказом Игоря Росохватского «Шутка госпожи природы» именно так и произошло. В нем бедняк излечился от рака, съев батат, зараженный вирусом батата, в то время как богач умирает, хотя его лечили самыми современными методами. Рассказ был опубликован в 1962 году. А в 2015 году Управление по контролю пищи и лекарств США (FDA) разрешило применение рекомбинантного герпесвируса для лечения рецидивирующей меланомы (рака кожи) и рекомбинантного ортопоксвируса для лечения опухолей печени. Да, конечно, нынешние онколитические вирусы — не вирусы растений. Но мы видим начало сознательного использования вирусов против онкозаболеваний: к списку методов лечения рака официально добавился метод разрушения опухолей с помощью вирусов.

## Сомнения и перестраховка

Метод нельзя назвать новым, потому что первая посвященная ему научная публикация появилась еще в 1904 году. В ней было описано использование так называемого «фиксированного» (ослабленного) штамма вируса бешенства для лечения онкобольных. Но широкого распространения метод не получил как из-за непредсказуемости результатов, так и весьма значительной реактогенности тогдашней вакцины против бешенства.

Тем не менее в течение всего XX века к этому методу неоднократно возвращались. В частности, начиная с 1950-х годов в разных странах применялись слабо- или вообще не патогенные штаммы вирусов лихорадки Западного Нила, желтой лихорадки, вируса бешенства, аденовирусы, вирус болезни Ньюкасла, энтеровирусы, парамиксовирусы и некоторые другие непатогенные или слабопатогенные вирусы. При этом порой онкобольные полностью выздоравливали, наблюдались и временные улучшения. Но опять же отсутствие предсказуемости результатов, научно обоснованных принципов действия вирусов на опухоли и предубеждение контролирующих органов привели почти к полному прекращению применения этого подхода.

У нас работы в данном направлении были начаты в 1970-х годах профессором М.К. Ворошиловой в Институте полиомиелита и вирусных энцефалитов под Москвой. Она применяла для лечения онкозаболеваний вакцинные штаммы вируса полиомиелита и другие штаммы непатогенных энтеровирусов и в ряде случаев добилась серьезных успехов (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2555836>). Но предубеждения руководящих онкологов привели к запрету ее работ.

Начиная с 1950-х годов в разных странах применялись слабо- или вообще не патогенные штаммы вирусов лихорадки Западного Нила, желтой лихорадки, вируса бешенства, аденовирусы, вирус болезни Ньюкасла, энтеровирусы, парамиксовирусы и некоторые другие непатогенные или слабопатогенные вирусы

И в нашей стране, и в ряде других стран недоверие к потенциально полезным противораковым вирусам до недавнего времени превалировало из-за боязни их патогенных свойств. При этом врачи хорошо знают, что многие химиотерапевтические препараты для борьбы с онкозаболеваниями дают массу вредных побочных реакций. Но их применяют, и никакого предубеждения у врачей к ним нет. Между тем механизм действия большинства таких препаратов рассчитан на разницу в метаболизме раковых и нормальных клеток. Так что поражают эти препараты и раковые, и некоторые здоровые, но активно метаболизирующие, делящиеся клетки.

## Первые официально испытанные вирусные онколитики

С 1990-х годов появилась теоретически намного более обоснованная концепция специальных онколитических вирусов. Впервые был выяснен, как тогда считали, механизм противораковой специфичности делеционного варианта аденовируса пятого серотипа с названием ONYX-015.

Дело в том, что в клетках человека и практически всех млекопитающих есть белок p53, который при начале каких-либо необычных процессов в клетке (в том числе при появлении в ней вирусов) запускает процесс апоптоза (запрограммированной клеточной смерти), чтобы не дать вирусу или вообще всей этой вдребезги ставшей необычной клетке размножиться. Однако во многих опухолевых клетках ген белка p53 поврежден, а сам белок становится дефектным по этой своей функции, и в таких клетках ничто не сдерживает размножение вируса.

Но у аденовируса, в свою очередь, есть белок E1B-55K, который связывает p53 и не дает ему запускать апоптоз. Таким образом, если из генома вируса удалить часть гена E1B, где закодирован белок 55K, то такой вирус будет размножаться только в опухолевых клетках, где p53 и так не работает, а в нормальных он этого делать не сможет, так как клетки будут уходить в апоптоз и саморазрушаться.

Однако, как выяснилось позднее — в 2004 году, удаление части или целого гена E1B приводит к тому, что белок E1B-55K не выполняет еще ряд функций для размножения аденовируса. В опухолевых же клетках в его отсутствие эту функцию берет на себя не установленный до сих пор фактор. Также выяснилось, что есть много и других дефектов в клетках, которые приводят к их перерождению в раковые, и тогда такие аденовирусы не работают как лечебные препараты. В конце 1990-х эта тематика по ряду причин пошла на спад. Тем не менее аналог ONYX-015, названный H101 (онкорин), был официально разрешен для лечения больных с опухолями головы и шеи в Китае (<http://science.sciencemag.org/content/314/5803/1232>). Другой полученный в Китае рекомбинантный аденовирус, также с делецией гена E1B, но с дополнительной вставкой человеческого гена p53 сейчас там также применяется для лечения онкобольных под названием гендицин.

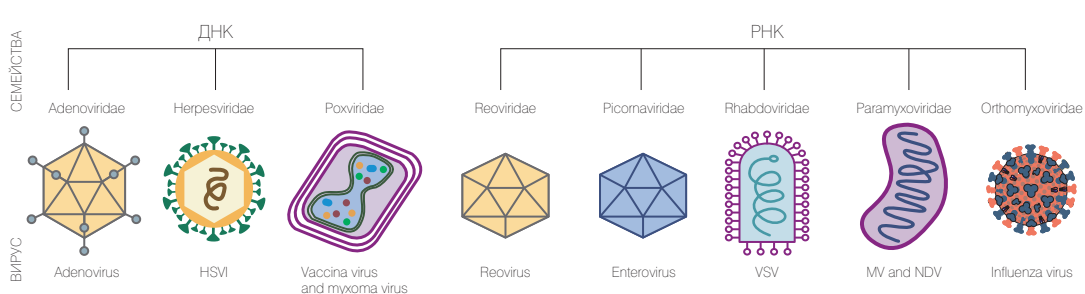
С 1998 по 2003 год в ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор» силами лаборатории автора этой статьи был получен вариант аденовируса пятого серотипа с полностью удаленным геном E1B и частично геном E1A. Препарат на его основе был назван канцеролизин, было показано, что он обладает сходными с американским штаммом ONYX-015 и китайским онкорин-ом онколитическими свойствами.

Данный штамм был проведен через полный цикл доклинических испытаний под руководством профессора ГНЦ ВБ «Вектор» А.Н. Сергеева (<http://eugorpmc.org/abstract/med/17214082>). На основе их результатов канцеролизин был допущен к клиническим испытаниям первой фазы, которые в 2007 году прошли в РОНЦ им. Н.Н. Блохина с участием восьми пациентов-добровольцев. Испытания показали хорошую переносимость пациентами канцеролизина, а в двух случаях наблюдался и лечебный эффект, несмотря на то что у всех больных добровольцев была четвертая стадия развития болезни. К сожалению, финансирования на последующие испытания выделено в те годы так и не было, а позднее это потеряло актуальность из-за публикаций по разработкам вирусных онколитиков следующих поколений.

## Препараты нового поколения

В 2010 году Новосибирский государственный университет получил мегагрант на исследования под руководством известного российского молекулярного биолога П.М. Чумакова, одним из ведущих исполнителей которого стал и автор настоящей статьи. В НГУ фактически с нуля была создана хорошо оборудованная научно-исследовательская лаборатория в комплексе с

## ОНКОЛОГИЧЕСКИЕ ВИРУСЫ



— Известные на сегодня семейства вирусов, убивающих раковые клетки

## Онколитические препараты на основе вирусов, которые разрабатываются и уже применяются

**Канада:** рекомбинантные аденовирусы и вирусы осповакцины.

**Китай:** препараты на основе рекомбинантных аденовирусов онкорин и гендицин.

**Латвия:** энтеровирусы.

**Россия:** рекомбинантные поксвирусы и аденовирусы, парамиксовирусы, энтеровирусы.

**США:** вирусы болезни Ньюкасла, природный и рекомбинантный вирус миксомы кроликов, рекомбинантный аттенуированный герпесвирус, рекомбинантные аттенуированные поксвирусы и аденовирусы, реовирус, вакцинный штамм вируса кори, рекомбинантный вирус везикулярного стоматита, вакцинные штаммы вирусов гриппа.

**Финляндия:** рекомбинантные аденовирусы.

**Япония:** рекомбинантные герпесвирусы.

практикумом по микробиологии, подготовлен и опубликован ряд обзорных статей по онколитическим вирусам, и еще в 2012 году были получены и охарактеризованы первые кандидатные онколитические штаммы.

К настоящему времени уже вне рамок мегагранта усилиями неформального коллектива из сотрудников НГУ, ГНЦ ВБ «Вектор» и ИХБФМ СО РАН получен ряд рекомбинантных штаммов вируса осповакцины с высокими онколитическими характеристиками, которые на моделях *in vivo* показали хорошую перспективность ([https://www.researchgate.net/journal/2073-8099-Russian\\_Journal\\_of\\_Biopharmaceuticals](https://www.researchgate.net/journal/2073-8099-Russian_Journal_of_Biopharmaceuticals)). Кроме того, были охарактеризованы и паспортизованы онколитические штаммы парамиксовируса Сендай и сконструированы бактериальные плазмиды с полноразмерным геномом аденовируса 6 серотипа, крайне перспективные для получения новых рекомбинантных онколитических штаммов со встройками усиливающих онколизис генов (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4463408/>).

Таким образом, имеются все основания для проведения дальнейших работ и особенно — для полноразмерных доклинических исследований, а впоследствии и клинических испытаний этих и подобных им перспективных онколитических вирусных штаммов. Сейчас наступило время преодолеть предубеждения и дать зеленый свет для финансирования разработок этих крайне перспективных препаратов, разработанных в России.

Работы в этом направлении продолжаются не только в НГУ, профессор П.М. Чумаков развивает эти исследования на энтеровирусах и парамиксовирусах в своей лаборатории в Институте молекулярной биологии РАН имени В.А. Энгельгардта в Москве. Заинтересовались ими и в ряде клиник России.

## Могут ли вирусы быть полезными

Данное направление работ за рубежом в последние десять лет получило очень мощное развитие. В октябре 2015 года в США произошел кардинальный сдвиг в отношении этого направления разработок: как уже было сказано, FDA разрешило широкие клинические испытания третьей фазы генно-инженерного штамма герпесвируса с названием имлиджик (Imlygic) для лечения больных с рецидивирующей меланомой.

Исходный штамм герпесвируса, который содержит аттенуирующие (снижающие его патогенные свойства) мутации в геноме и экспрессируемый ген гранулоцит-макрофаг-колониестимулирующего фактора человека (ГМ-КСФ или GM-CSF), был разработан американской компанией BioVex Inc. В 2011 году эту компанию вместе с правами на препарат купил фармгигант Amgen. Этот же препарат был официально разрешен к применению и в Европе в конце 2015 года, информация о нем регулярно обновляется на сайте [www.imlygic.com](http://www.imlygic.com).

В том же 2015 году аналогичное разрешение на проведение третьей фазы клинических испытаний было получено для препарата на основе рекомбинантного штамма вируса осповакцины пекса-век (Pexa-Vec), или JX-594, в отношении лечения гепатоцеллюлярной карциномы (рака печени). Данный препарат сконструирован на основе исходного штамма вируса осповакцины Wyeth, у которого для уменьшения реактогенности удален ген тимидинкиназы и встроены ген ГМ-КСФ человека. Его сейчас интенсивно исследуют на добровольцах (<http://www.pexavetrials.com>). Результаты нескольких независимых клинических испытаний первой и второй фазы уже известны, они положительны, и поэтому клинические испытания третьей фазы для этого препарата проходят уже в нескольких десятках стран в 86 больницах, что говорит о его большой перспективности.

На последнем, 17-м Международном конгрессе по вирусологии в Сингапуре онколитическим вирусам была посвящена пленарная лекция профессора Гранта Макфадена из США и две секции: «Вирусы как тройские кони» и «Вирусы и рак». Так что интерес к этому направлению возрос колоссально, и финансируется оно, как никогда ранее, в Канаде, США, Японии, Финляндии и других странах.

В этой связи возникает вопрос: а не может ли быть такого, что роль по крайней мере некоторых из вирусов для человеческого организма как раз и состоит в защите от раковых клеток, и лишь иногда они вызывают заболевания, выходя из-под контроля?

Такое предположение заслуживает внимания. Человечество уже очень много полезного создало из весьма вредоносных, на первый взгляд, веществ и микробов. А вирусы как лекарства очень интересны, поскольку являются высокоспецифичными микромашинами. Некоторые из них люди уже приспособили для своих нужд и применяют в качестве живых вакцин, лечебных препаратов (например, бактериофаги — вирусы бактерий вместо антибиотиков) и для избирательной борьбы с вредными насекомыми.

**СЕРГЕЙ В. НЕТЁСОВ,**  
член-корреспондент РАН, Новосибирский государственный университет

## СУЩЕСТВУЮЩИЕ НА СЕГОДНЯ ПОДХОДЫ К ЛЕЧЕНИЮ ОНКОЗАБОЛЕВАНИЙ

1. Хирургическое удаление опухоли.
2. Радиотерапия — направленное разрушение опухоли специально введенными в клетки радиоактивными препаратами или направленным лучевым воздействием.
3. Химиотерапия — уничтожение опухолевых клеток специфичными к особенностям метаболизма опухолевых клеток химиопрепаратами.
4. Терапия с помощью высокоспецифичных к опухолевым антигенам или к определенным клеточным белкам моноклональных антител, которые отличают клетки с этими маркерами от нормальных клеток, метят их собой и привлекают к ним клетки иммунной системы, которые благодаря этим меткам разрушают раковые клетки.
5. Терапия с помощью антител, ингибирующих блокаторы иммунной системы (immune check-points). При этом выключаются «тормоза», не позволяющие иммунной системе бороться с опухолью, и начинает развиваться противоопухолевый иммунный ответ.
6. Иммунотерапия с помощью своих же Т-клеток, активированных особым образом.
7. Различные варианты лечения комбинациями упомянутых выше методов.

# ЗАЧЕМ ПРОВОДЯТ ПОСТРЕГИСТРАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ?

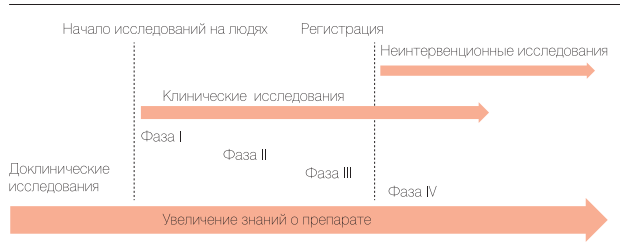
## Подтверждаем эффективность и безопасность лекарственных средств

После доклинических исследований на животных каждый препарат проходит клинические испытания, чтобы получить разрешение на государственную регистрацию. Успешно пройдя исследования, которые требуют регуляторные органы, лекарственное средство выходит на рынок, и компания-производитель занимается лишь продвижением своего продукта. При этом сохраняется необходимость в получении информации о результатах применения ЛС в рутинной клинической практике, в уточнении профиля рисков препарата, в изучении его взаимодействия с другими назначаемыми пациенту лекарственными средствами. Такие данные пришлось бы собирать долгие годы, если бы не велись неинтервенционные исследования, которые могут предоставить нужные сведения об использовании препарата в массовом порядке.

Неинтервенционные исследования лекарственных препаратов могут проводиться компаниями-производителями или научными коллективами в рамках проведения научно-исследовательских работ. Несмотря на то что эти исследования имеют важное медико-социальное значение, далеко не каждый производитель препарата готов оправдать доверие своих потребителей и выступить в качестве инициатора и спонсора такого рода исследований, так как этого не требуют регуляторные органы, а продукт уже выведен на рынок. Но в чем же научная значимость и преимущества наблюдательных исследований?

Неинтервенционные исследования – исследования без вмешательства, т.е. лекарственное средство назначается врачом обычным способом в соответствии с инструкцией к препарату. Применение препарата в реальной жизни, в рутинной клинической практике и в рамках разрешенной терапии предоставляет наиболее достоверные данные об эффективности и безопасности ЛС. Также появляется возможность оценить отношение пациентов к схеме приема и самому препарату, что более точно отражает результаты исследования.

### МЕСТО НЕИНТЕРВЕНЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИЗУЧЕНИИ ПРЕПАРАТОВ



В регистрационных клинических исследованиях эффективность изучаемого препарата определяется на пациентах, которые были выбраны согласно строгим критериям включения. Неинтервенционные исследования позволяют изучить ЛС на большой популяции пациентов без возрастных ограничений, что нивелирует фактор случайности при изучении вариаций оцениваемых параметров. В том числе дается возможность изучения эффективности и безопасности препарата у пациентов с сопутствующими заболеваниями и патологиями. Также необходимо учитывать, что сроки наблюдения за пациентами определяются спонсором исследования, поэтому за больными можно наблюдать длительное время, соответственно легче отследить процесс лечения по некоторым дополнительным параметрам, например по сезонности заболевания.

Еще одна ключевая особенность неинтервенционных исследований – возможность оценить использование в комплексной терапии, т.е. в сочетании с другими лекарственными средствами и процедурами, что не предусматривается в клинических исследованиях. Это позволяет собрать не только информацию о конкретном препарате, но и проследить течение заболевания и оценить существующие методики лечения. Также в пострегистрационном периоде могут быть обнаружены и новые положительные свойства препарата, которые в дальнейшем потребуют дополнительных клинических исследований и могут стать основой для расширения показаний для лекарственного средства.

Для реальной клинической практики огромное значение имеет комплаентность пациента, т.е. приверженность пациента к лечению, на которую напрямую влияют факторы информированности, скорости ожидаемого эффекта и удобства приема лекарственного препарата. Неинтервенционные исследования позволяют наладить обратную связь с пациентами: получить оценку назначаемой терапии, соблюдения курса лечения и определить степень удовлетворенности лекарственным препаратом.

Примером того, как компания-производитель ЛС сама инициирует и проводит пострегистрационное исследование для подтверждения эффективности, безопасности своего препарата и получения новых данных о течении заболевания, является международное многоцентровое проспективное когортное наблюдательное исследование «Лечение ОРВИ и гриппа в рутинной клинической практике» (FLU-EE). Результаты этого проекта уже вызвали интерес у профессионального сообщества, так как данные, полученные в исследовании FLU-EE, позволяют более точно прогнозировать течение и исход ОРВИ, улучшить результаты лечения и повысить качество жизни пациента в целом. Неинтервенционное исследование компании «Ниармедик» не только подтвердило эффективность и безопасность противовирусного препарата «Кагоцел», но и предоставило новые научные и статистические данные, которые крайне важны для понимания течения гриппа и ОРВИ, а также анализа применяемых в повседневной клинической практике схем терапии.

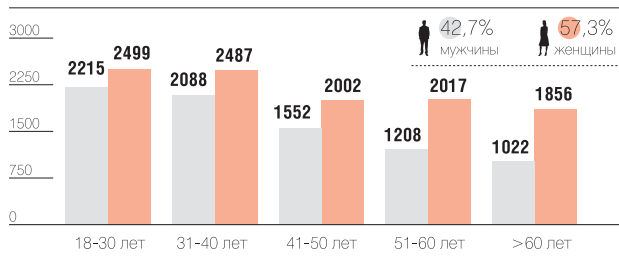
В исследовании FLU-EE приняли участие 18 946 пациентов в возрасте от 18 до 93 лет с установленными диагнозами ОРВИ и грипп. Компания сотрудничала с 262 медицинскими центрами России, Молдовы, Армении и Грузии. Врачами-исследователями стали специалисты первичного звена, терапевты, семейные врачи и врачи общей практики. К проекту также привлекли специалистов из Первого МГМУ им. И. М. Сеченова, которые проводили статистическую обработку данных и их клиническую интерпретацию.

### ГЕОГРАФИЯ И УЧАСТНИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Страна	Выборка для отчета	
	Абс.	%
4 страны:		
Российская Федерация		
Республика Молдова	15 722	82,98
Республика Армения		
Грузия	2 117	11,18
	845	4,46
	262	1,38
Всего	18 946	100,0

262 центра  
18 946 пациентов

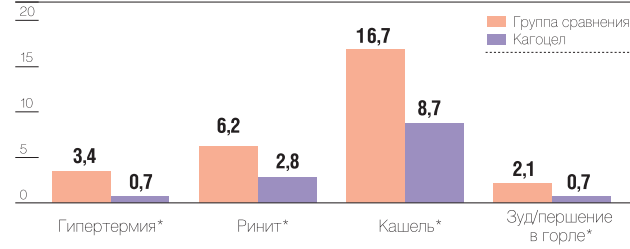
### ВОЗРАСТНО-ПОЛОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЦИЕНТОВ



В исследовании FLU-EE было предусмотрено три визита пациента к врачу, промежутки между визитами не регламентировались, и врачи придерживались принятой в каждой стране клинической практики лечения больных ОРВИ и гриппом. Общее количество получаемых пациентами препаратов на протяжении всего исследования варьировалось от 1 до 11, в среднем – 3 препарата. Наиболее часто назначали противомикробные средства для системного использования (это и противовирусные препараты, и антибактериальные) – 93,3%, а также лекарственные средства для лечения патологии дыхательной системы – 58,8%. Так как это неинтервенционное исследование, дополнительные процедуры не проводились. Врачи сами назначали необходимые, на их взгляд, препараты, в том числе и «Кагоцел».

По окончании исследования для анализа результатов пациентов разделили на две группы, одной из которых в составе комплексного лечения был назначен противовирусный препарат «Кагоцел». Исследование FLU-EE доказало, что применение этого препарата в составе комплексной терапии улучшает клиническую картину заболевания: регистрировалось более быстрое купирование клинических симптомов (как интоксикации, так и катаральных) и происходила нормализация температуры, а также сокращались сроки выздоровления больных, в том числе с тяжелым течением заболевания. «Кагоцел» продемонстрировал эффективность у пациентов разного возраста и степени тяжести заболевания вне зависимости от времени назначения, в том числе при запоздалом лечении, на фоне высокого уровня безопасности.

КЛИНИЧЕСКАЯ СИМПТОМАТИКА НА ТРЕТЬЕМ ВИЗИТЕ У ПАЦИЕНТОВ, ПОЛУЧАВШИХ И НЕ ПОЛУЧАВШИХ КАГОЦЕЛ (\* - для различий между группами P<0,05; X<sup>2</sup>) %



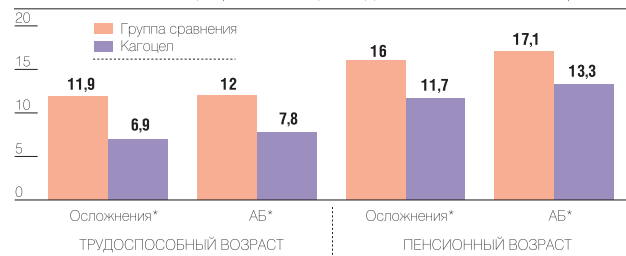
В ходе исследования FLU-EE удалось получить очень важные для специалистов данные. Например, для борьбы с бактериальными осложнениями в клинической практике используют антибиотики, но они не рекомендуются при легком и среднетяжелом течении ОРВИ, так как это грозит развитием лекарственной устойчивости возбудителей и замедлением процесса выздоровления организма. Даже возможно ухудшение исхода заболевания из-за побочных свойств антибактериальной терапии. В исследовании FLU-EE сравнили количество пациентов с зарегистрированными осложнениями и количество пациентов, которым были назначены антибактериальные препараты для терапии бактериальных осложнений, развивающихся на фоне ОРВИ и гриппа. Исследование FLU-EE наглядно показало, что антибактериальную терапию врачи рекомендовали 9,3% пациентов, при этом осложнения, действительно требующие назначения препаратов этой группы, зарегистрировали только у 8,3%. Учитывая огромный размер исследуемой популяции (почти 19 тысяч пациентов), за этим 1% разницы стоят реальные больные, т.е. такому большому количеству пациентов необоснованно прописали антибактериальную терапию. Некоторые пациенты получали антибиотики с профилактической целью. Были также зарегистрированы осложнения, которые требовали назначения антибактериальных препаратов, но пациенты не принимали их, в основном по причине добровольного отказа.

Эти данные наглядно демонстрируют, что, несмотря на растущую резистентность к антибиотикам и доказанную нецелесообразность их применения при ОРВИ, они активно рекомендуются врачами для лечения пациентов,

ИМЕЮТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ. НЕОБХ

что может ухудшить исход заболевания. Также исследование FLU-EE доказало, что «Кагоцел» в составе комплексного симптоматического лечения ОРВИ и гриппа достоверно способствует сокращению числа осложнений и, как следствие, снижает частоту назначения антибиотиков на 51%.

ЧАСТОТА БАКТЕРИАЛЬНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ И ЧАСТОТА НАЗНАЧЕНИЯ СИСТЕМНЫХ АНТИБИОТИКОВ В ГРУППАХ ПАЦИЕНТОВ РАЗНОГО ВОЗРАСТА, ПРИНИМАВШИХ И НЕ ПРИНИМАВШИХ ПРЕПАРАТ КАГОЦЕЛ (%; \* - РАЗНИЦА МЕЖДУ ГРУППАМИ ПРИ P<0,05; X<sup>2</sup>)

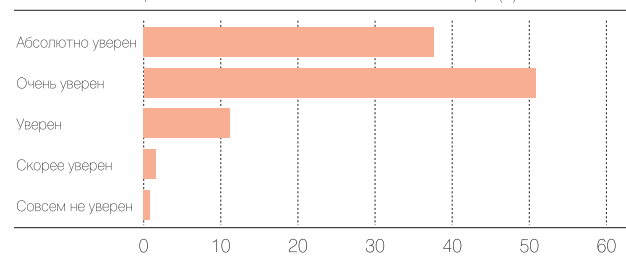


Кроме того, исследование показало, что применение «Кагоцела» сокращает частоту и длительность употребления жаропонижающих средств в 1,5 раза и позволяет справиться с лихорадкой нелекарственными методами. В группе «Кагоцела» существенно уменьшилась частота приема парацетамола (в 3,5 раза) и ибупрофена (в 3,7 раза), что, несомненно, положительно влияет на качество жизни пациентов и является весомым аргументом в пользу включения в комплексную терапию ОРВИ и гриппа индукторов интерферонов.

Для реальной клинической практики огромное значение имеет комплаентность пациента (приверженность пациента к лечению), на которую напрямую влияют факторы информированности, скорости ожидаемого эффекта и удобства приема лекарственного препарата, поэтому в ходе исследования была организована обратная связь с пациентами.

На третьем визите к врачу пациентам было предложено заполнить опросник удовлетворенности лечением TSQM (Treatment Satisfaction Questionnaire for Medication). В результате получены уникальные данные: 99% пациентов, получивших «Кагоцел», были уверены в пользе препарата. Более того, по результатам анализа субъективной оценки удовлетворенности терапией по таким параметрам, как результаты лечения, купирование симптоматики, сроки выздоровления, пациенты, которые получали в составе терапии «Кагоцел», были на 70% более довольны результатами лечения. Большинство пациентов отметили удобство формы, времени и схемы приема. Как мы видим, сами пациенты очень высоко оценивают эффективность препарата.

УВЕРЕННОСТЬ ПАЦИЕНТОВ В ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕПАРАТА КАГОЦЕЛ (%)



Доказанная эффективность в реальной клинической практике для врача, порой, может иметь большее значение, чем эффективность, показанная в ходе чистых клинических исследований. Зачастую неинтервенционные исследования, как продолжение клинических испытаний, служат единственным методом изучения редких нежелательных явлений препарата и дают максимально подробную информацию об эффективности ЛС в реальных условиях. Полученные данные в ходе исследования FLU-EE очень важны для понимания течения гриппа и ОРВИ, а также особенностей применения препарата «Кагоцел» в рутинной клинической практике. Исследование компании «Ниармедик» позволит более точно прогнозировать течение и исход ОРВИ, что, разумеется, существенно скажется на качестве жизни пациентов.

## Научно доказанная безопасность

Рынки обращения лекарственных средств стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС) объединяются и начинают работу в формате единого пространства. Создается единая фармакопея ЕАЭС. До 2025 года досье всех лекарственных препаратов стран-участниц необходимо привести в общий формат в рамках экономического союза. Компания «Ниармедик» уже сейчас начала подготовку к переходу на новый стандарт и актуализирует данные о противовирусном препарате «Кагоцел».

«Кагоцел» – противовирусный препарат компании «Ниармедик» для лечения и профилактики гриппа, ОРВИ и герпеса. Он способствует образованию в организме человека так называемых поздних интерферонов (ИНФ), которые обладают противовирусной активностью.

В настоящее время «Кагоцел» является одним из самых назначаемых в России противовирусных лекарственных средств. Эффективность и высокий профиль безопасности «Кагоцела» отмечают как врачи, так и пациенты. Несмотря на то что препарат имеет в полном объеме все необходимые для подтверждения эффективности и безопасности препарата доклинические и клинические исследования, проведенные согласно требованиям Министерства здравоохранения Российской Федерации, компания «Ниармедик» продолжает заниматься дополнительными пострегистрационными исследованиями «Кагоцела». Так как препарат разрешен к применению у детей с 3 лет, особое внимание уделяется маленьким пациентам: значительное количество научно-исследовательских работ компании «Ниармедик» посвящено изучению различных аспектов безопасности препарата на половозрелых животных. Вопрос репродуктивной безопасности любого лекарственного средства является важнейшим и масштабным, так как определяет развитие страны на десятилетия вперед.

Действующее вещество противовирусного препарата «Кагоцел» является продуктом химического синтеза, в котором к полимерной полисахаридной матрице (карбоксиметилцеллюлозе) ковалентно присоединены молекулы госсипола (природного полифенольного пигмента хлопчатника). В многочисленных исследованиях, проводимых в ведущих исследовательских лабораториях в различных странах мира, доказано, что в результате прочной химической связи госсипола с различными веществами по его альдегидным группам он утрачивает свои токсические свойства, но при этом сохраняется его противовирусная и иммуномодулирующая активность.

Именно этот метод был использован при разработке препарата «Кагоцел». Ковалентное связывание молекулы госсипола с полимерным носителем – карбоксиметилцеллюлозой – позволило создать эффективный и безопасный лекарственный препарат. В разработанной технологии синтеза за счет использования избытка окисленной карбоксиметилцеллюлозы и проведения многократных стадий очистки продукта обеспечивается максимально полное удаление остаточных примесей свободного госсипола в препарате.

Сейчас в мировой практике фармацевтического производства для контроля конкретной примеси рекомендуется метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), который позволяет проводить одновременное разделение сложных проб на составляющие их компоненты и измерение концентрации одного или нескольких соединений.

Для контроля примесей свободного госсипола в лекарственном препарате «Кагоцел» компания «Ниармедик» совместно с МГУ имени М. В. Ломоносова разработала и валидировала собственную высокочувствительную методику ВЭЖХ, которая отвечает современным требованиям и обладает высокой чувствительностью. С помощью данного метода подтверждено, что содержание остаточных примесей свободного госсипола в препарате после изготовления, а также после хранения в течение установленного срока годности находится на уровне от 0,0002 до 0,0030% от массы субстанции. Для сравнения: основные мировые фармакопеи установили максимальный порог, при котором необходимо строго контролировать содержание примесей в веществе при производстве лекарственных средств – 0,05%. Соответственно, такой низкий уровень содержания примесей госсипола гарантирует отсутствие неблагоприятных воздействий препарата «Кагоцел» на организм человека.

Научное подразделение компании «Ниармедик» совместно со специалистами ФИЦ Биотехнологии РАН провели исследование на предмет исключения высвобождения свободного госсипола из препарата «Кагоцел» в среде, которая имитирует физико-химические условия пищеварительного тракта. В ходе проведенных работ доказано, что содержание микропримесей свободного госсипола в среде после 24-часового инкубирования в известных стандартных имитаторах желудочного и кишечного соков не увеличивается. Более того, количество примесей госсипола уменьшается, что говорит об их деградации. Важно, что при применении препарата по инструкции поступление в организм госсипола в виде содержащихся в препарате остаточных примесей не превысит 0,0007 мг в сутки. А это практиче-

ски в 10 000 раз ниже допустимой суточной дозы госсипола, поступающего с некоторыми продуктами питания (согласно постановлениям Европейской комиссии по безопасности питания для взрослого человека негативные эффекты в отношении репродуктивной сферы способны вызвать дозы, превышающие 7–8 мг в сутки).

Для очередного подтверждения этих выводов о безопасности препарата в отношении репродуктивной функции в случае его применения у детей были проведены эксперименты на животных с использованием как терапевтических доз, так и многократно их превышающих. Все дополнительные научно-исследовательские работы были проведены в ведущих научно-исследовательских учреждениях нашей страны под руководством специалистов высокой квалификации в области оценки репродуктивной функции.

В ходе экспериментов были разработаны уникальные дизайны исследований, призванные еще раз убедительно показать полную безопасность препарата для репродуктивной системы организма, в том числе для развития потомства.

В рамках исследования на тему «Экспериментальная оценка влияния препарата «Кагоцел» на генеративную функцию крыс-самцов пубертатного возраста» было доказано отсутствие токсического действия противовирусного препарата «Кагоцел» на репродуктивную систему половозрелых крыс-самцов ювенильного возраста. Препарат «Кагоцел» вводился в терапевтической дозе и в дозе, в 10 раз ее превышающей, ежедневно в течение 48 дней (период сперматогенеза у крыс), что не привело к статистически значимому снижению способности животных к оплодотворению и зачатию. Морфологический анализ половых желез крыс-самцов установил, что в семенниках крыс всех групп отмечалось наличие активного процесса созревания мужских половых клеток. Полученные данные подтвердили, что препарат не вызывает в мужских половых клетках генетических нарушений.

Аналогичное исследование проведено также на крысятах самого маленького возраста. «Кагоцел» в течение 12 дней вводили в инфантильном периоде развития (начиная с 10-дневного возраста, что соответствует возрасту 1–2 года у человека) в терапевтической дозе и в дозе, в 10 раз превышающей. Введение препарата в таких дозах не привело к нарушению репродуктивной функции по достижении половой зрелости: индексы фертильности (способность к оплодотворению и зачатию) крыс-самок и крыс-самцов в экспериментальных группах находились на уровне групп контроля, морфологических патологических изменений не обнаружено. Число новорожденных, один из родителей которых получал «Кагоцел», соответствует группам контроля.

Противовирусный препарат «Кагоцел» рекомендуется не только для лечения, но и для профилактики ОРВИ и гриппа, поэтому был разработан специальный дизайн эксперимента на животных, моделирующий длительный профилактический прием, например, для категории часто болеющих детей, начиная с раннего детского возраста и до периода полового созревания. В ходе эксперимента «Кагоцел» вводили половозрелым животным (в том числе в дозе, в 10 раз превышающей норму по инструкции) короткими курсами в течение всего периода полового созревания – это можно считать экспериментальной моделью применения препарата «Кагоцел» у детей раннего детского возраста (2–3 года) и до периода полового созревания. Способность животных к зачатию не изменилась. Применение «Кагоцела» такими повторными курсами не приводит к нарушению морфологического состояния половых желез и не оказывает токсического действия на потомство.

В заключение отметим, что противовирусный препарат «Кагоцел» обладает широким профилем репродуктивной безопасности и может быть использован в педиатрической практике для детей раннего возраста, что было в очередной раз подтверждено циклом пострегистрационных экспериментальных работ.



НИАРМЕДИК

ОДИНА КОНСУЛЬТАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТА

# АЛТАЙСКАЯ ГОРНАЯ СТРАНА — КЛЮЧ К СТАНОВЛЕНИЮ ФАУНЫ В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ

Алтай уникален. Он доступен для изучения, но обладает полным набором высотных поясов, богатой геологической историей и почти не подвержен антропогенному прессу. Ни одна другая горная система не может похвастаться таким набором идеальных для исследования качеств. В 2017 году коллектив зоологов Алтайского госуниверситета получил грант Минобрнауки РФ «Комплексное изучение биоразнообразия, фауногенеза и зоогеографии горных стран Голарктики (на примере Алтайской горной страны)».

— Лагерь энтомологов в горах Увход-Уул в Юго-Западной Монголии





— Аспирант Александр Фомичев у ледника гор Цэнгел-Хайирхан



— Пески в Гоби-Алтайском аймаке

### Почему Алтай

Выбор этой горной системы в качестве модельной территории для выявления закономерностей становления фауны в Голарктике (умеренном поясе Евразии и Северной Америки) объясняется как минимум тремя причинами.

Алтай чрезвычайно разнообразен с точки зрения ландшафтов. Мы видим здесь пустыни Юго-западной Монголии, бесконечные горные степи, непроходимую тайгу и разнообразное по своим условиям высокогорье. Это граница больших биогеографических выделов: Бореальной и Тетической областей, отличающихся биотой. Хребты Северо-западного Алтая с тайгой, заливаемой дождями, и горы Южной Монголии, где и выше 3000 м не найти увлажненного участка, — это как две разные планеты.

Алтай пережил эпохи оледенений, причем ряд участков не был затерт льдами. Эти небольшие территории представляют собой рефугиумы, природные убежища, где сохранились реликтовые элементы фауны доледниковых эпох.

И наконец, Алтай еще остается практически заповедным, антропогенный пресс здесь пока незначителен. Другие возможные варианты проигрывают. Урал низок и подвержен сильному антропогенному прессу, Памир слишком высок, Саяны более однородны с точки зрения биогеографии, и так далее. Алтай же безупречен и по относительной сохранности природы, и по полному набору высотных поясов, и по богатой геологической истории.

### Почему АлГУ

В университете работают сильные специалисты по разным группам насекомых, многоножек и пауков. Сейчас не нужно доказывать, сильный или слабый тот или иной коллектив, достаточно зайти на сайт [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com) — и все становится ясно. Для регионального университета более 100 статей, индексированных Web of Science (причем не менее трети в журналах, входящих во вторую квартиру по зоологии), на пять человек за последние пять лет — немало. К тому же руководство университета систематически помогает активным ученым, что позволило не только не растерять людей, но и привлечь сильных специалистов из Новосибирска. Обычно текучка кадров у нас в Западной Сибири обратная: из Барнаула — в Томск, Новосибирск... В нашем случае получилось наоборот.

— Старший научный сотрудник, к. б. н. Елена Гуськова в горах Адж-Богдо на юге Монголии



Мы все, в той или иной мере, занимались фауной Алтая, Сибири, сопредельных регионов Центральной Азии, то есть задел был весьма основательным.

Второе — у нас очень удобная география. Проект предполагает значительную экспедиционную активность. Без серьезных полевых работ с поставленными задачами справиться невозможно. А Барнаул — удобное место для научных исследований в области классической биологии, организации экспедиционных выездов. За один день на автомобиле можно добраться и до высокогорий Российского Алтая, и до Монголии, и до Восточного Казахстана. Совсем рядом и страны Средней Азии, и Китая.

Сейчас многие ученые, даже биологи, отрицают необходимость продолжения активных полевых исследований. Часто звучат слова о том, что все объекты уже найдены и ждут систематиков в музеях. Это не так. Работа на отдельных высокогорных хребтах, где никогда не ступала нога энтомолога, является необычайно перспективной. Десятки принципиально новых видов членистоногих животных еще никто никогда не обнаруживал в альпике Алтая и других горных систем.

### Задачи и первые результаты

На основании филогеографического анализа различных групп членистоногих животных нам предстоит установить пути становления биоты Алтайской горной страны. Секвенировать геномы эндемиков Алтая — для подавляющего большинства видов это будет сделано впервые. Провести инвентаризацию локальных фаун особо охраняемых природных территорий, часть из которых, особенно в Монгольском Алтае, совершенно не изучены. Подробно исследовать распространение модельных таксонов животных в пределах региона. Все это вместе поможет нам разработать алгоритм исследования биоты других горных стран. Главная задача на этот сезон — исследование фауны экстремальных высокогорий, которое выявит новые,



— Перламутровка евгения — один из видов бабочек, обитающих в высокогорьях Южной Сибири и Арктике



— Плато Укок в Республике Алтай



— Сольпуга (фаланга) в песках Южной Монголии



—Хребет Жаргалант-Хайирхан в Западной Монголии

АЛЕКСАНДР СОМНИЧЕВ



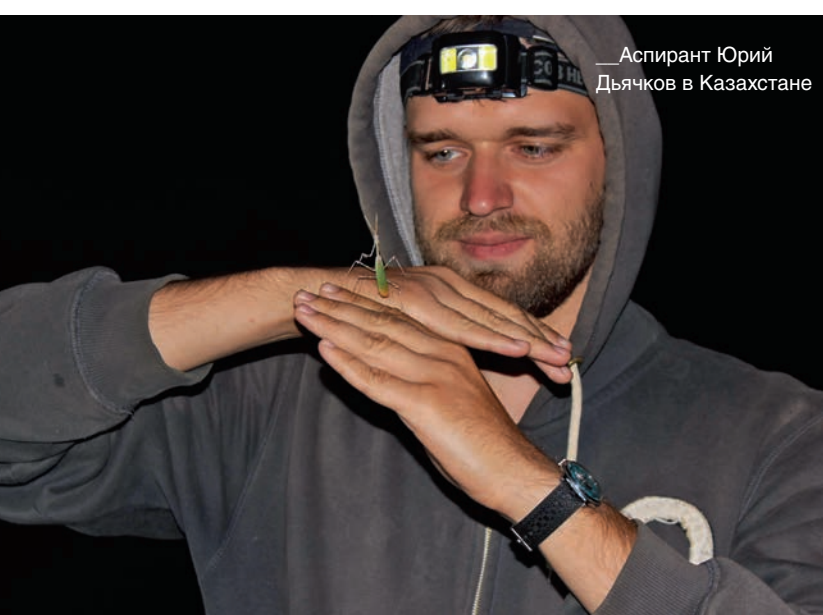
—Лагерь энтомологов на хребте Саур

ВЯЧЕСЛАВ ГОРЮШКИН



—Сотрудники Алтайского университета вместе с монгольскими студентами в приграничье с Китаем хребте Байтаг-Богдо

ПЕТР КОСАКОВ



—Аспирант Юрий Дьячков в Казахстане

Ю.В. ДЬЯЧКОВ

## В рамках проекта уже сделано 6 докладов на XV съезде Русского энтомологического общества и 17-м Интернациональном съезде по мириаподологии

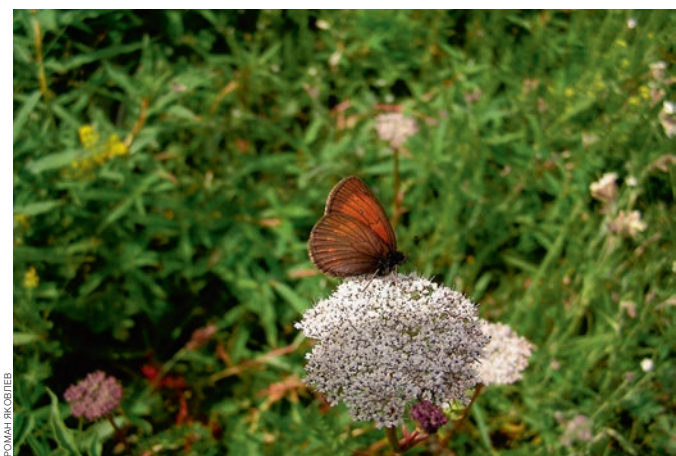
еще не открытые связи альпийского пояса Алтая и Арктики. Мы уже посетили окраины региона на территории Республик Алтай и Тыва, Монголии (преимущественно в аймаке Говь-Алтай) и Восточно-Казахстанской области (Катон-Карагайский национальный парк). Нашли живые объекты на высотах почти 4000 м, — скорее всего, они относятся к новым для науки видам. Например, для пауков это рекорд высотного распространения в наших широтах. Особенно интересной представляется обработка сборов на специально обследованных изолированных горных хребтах: Адж-Богдо, Байтаг-Богдо, Жаргалант-Хайирхан, Хасагт-Хайирхан, Саур, Тарбагатай. В альпийском поясе этих высоких гор (выше 2800–3200 м) обитают достаточно сходные виды членистоногих (и бабочек, и жуков, и паукообразных). Но от ближайших высокогорий они отсечены десятками или даже сотнями километров пустынных низменностей, совершенно непреодолимых сейчас для высокогорных таксонов. До сих пор возраст пустынь в Центральной Азии является дискуссионным вопросом (есть версии необычайной древности, другие склоняются к совсем недавнему происхождению). Молекулярно-генетические исследования абсолютно изолированных друг от друга популяций бабочек, пауков, жесткокрылых позволяют найти правильное решение. Фауна паукообразных, например, в Западной Монголии, совершенно не изучена, кругом белые пятна. Каждый новый горный хребет, хотя бы незначительно изолированный от других высокогорий, — это новые виды. Налицо классический для биологической географии островной эффект. У ряда видов ареалы обитания оказались дизъюнктивными (разорванными) вследствие потепления климата. Они встречаются в долине Колымы и на Алтае. Или, например, бабочка, которая встречается только в Исландии и на высокогорном плоскогорье Укок (Кош-Агачский район Республики Алтай).

Эти виды чрезвычайно интересны для генетических изысканий. Мы знаем, когда произошли эти разрывы в их ареалах. А как модифицировался генотип, как быстро накапливаются генетические изменения в молодых группах, как ведут себя консервативные древние таксоны — эти вопросы еще предстоит решить. Попутно, несомненно, будут описаны новые для науки виды членистоногих. Важным направлением нашего проекта является параллельная обработка совершенно разных объектов модельных групп животных: активно летающие/малоподвижные; филогенетически древние/продвинутые; хищники/фитофаги. Таким образом, мы стараемся охватить все возможное многообразие беспозвоночных. Наш коллектив ставит амбициозную задачу — стать безусловным лидером не только в России, но и в мире по исследованию ряда групп беспозвоночных животных Юга Сибири и Центральной Азии. Интерес русских биологов к центральноазиатской тематике был и остается традиционно значительным. Находясь в тени таких колоссов, как уже, к



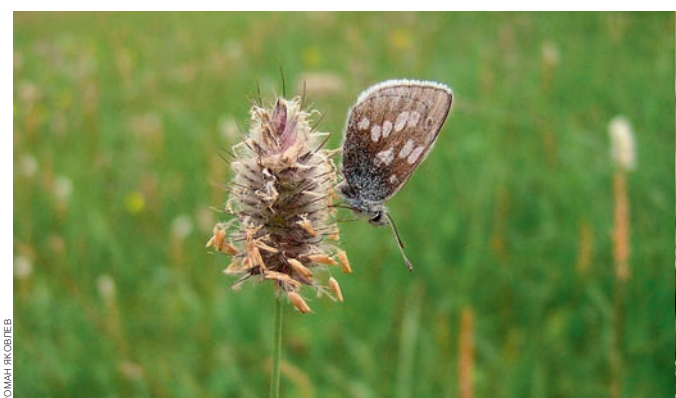
РОМАН ЯКОВЛЕВ

—Листоед Яковлева — редкий эндемик становой части Монгольского Алтая



РОМАН ЯКОВЛЕВ

—Эребия ценгельская — эндемик Западной Монголии



РОМАН ЯКОВЛЕВ

—Голубянка орбитуля встречается и в высоких Альпах, и на Алтае



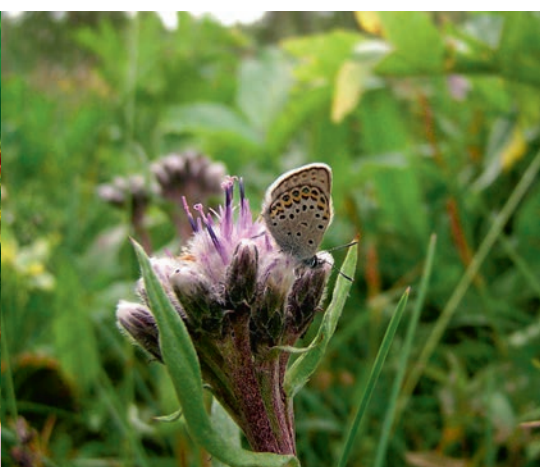


\_\_Старший научный сотрудник, к.б.н. Павел Нефедьев в долине реки Чулышман (Республика Алтай)

\_\_В верховьях реки Елт-Гол в Западной Монголии



## Обнаружено 5 новых видов чешуекрылых, 2 вида пауков, дан обзор по жукам-листоедам Монгольского Алтая, собран материал для молекулярно-генетических исследований эндемичных видов в Республиках Алтай, Тыва, а также в Монголии и Казахстане



\_\_Голубянка идас — один из интересных объектов для молекулярно-генетических исследований



\_\_Перламутровка алтайская — типичный вид среднегорий и высокогорий Алтая



\_\_Муха-журчалка в Западной Монголии

сожалению, ушедшие от нас А.А. Юнатов, Р.В. Камелин, И.М. Кержнер, Г.С. Медведев, О.Л. Крыжановский, И.К. Лопатин и др., мы ставим задачи по усилению позиций российской биологической науки в центральноазиатском регионе.

Помимо решения фундаментальных задач не стоит забывать и о прикладной составляющей проекта. Большинство объектов нашего исследования могут выступать хорошими моделями для мониторинга все более возрастающего антропогенного пресса. Немало видов насекомых являются вредителями сельского и лесного хозяйства, причем распространение некоторых, например, в Монголии, совершенно не изучено. Мало кто знает, что в пустыне Гоби встречается тот же страшный вредитель, что и в сибирской тайге, — непарный шелкопряд (*Lymantria dispar*). Как он развивается, что является его кормовыми растениями в жесткой пустыне, пока неизвестно. И это для вида — карантинного объекта, наносящего хозяйству разных стран многомиллионный экономический ущерб!

Обрабатывать материал мы собираемся в нашем ведущем депозитории — Зоологическом институте РАН в Санкт-Петербурге, планируем сотрудничать и с другими научными центрами России и стран Европейского союза (Австрии, Германии, Великобритании). Обработка колоссальных массивов информации невозможна без качественной математической обработки: мы планируем зарегистрировать несколько баз данных, в том числе и с применением ГИС. Важным (особенно в свете центральноазиатского вектора развития нашего университета) представляется привлечение к исследованиям активных научных работников из сопредельных стран, особенно с целью выполнения совместных работ и подготовки кадров высшей квалификации. Сейчас к нам в университет (под мое руководство) поступили в аспирантуру два талантливых ученых из Казахстана, оба по квоте федерального агентства «Росотрудничество». Они занимаются сходной проблематикой.

Уже можно говорить о первых результатах: нам удалось обнаружить пять новых видов чешуекрылых, два вида пауков, дать обзор по жукам-листоедам Монгольского Алтая (все в серьезных международных журналах). Собран материал для молекулярно-генетических исследований эндемичных видов в Республиках Алтай, Тыва, а также в Монголии и Казахстане. Появились значительные дополнения для кадастра Катон-Карагайского национального парка (Восточно-Казахстанская область), а для заповедника Хасагт-Нуруу (в Гоби-Алтайском аймаке) мы получили первые данные о фауне членистоногих.

Наши сотрудники представили доклады о полученных результатах на XV съезде Русского энтомологического общества и 17-м Интернациональном съезде по мириаподологии, а также опубликовали десять статей, индексированных Scopus и Web of Science.

РОМАН ЯКОВЛЕВ, профессор, главный научный сотрудник Алтайского государственного университета



\_\_Автор статьи Роман Яковлев у вершины горы Тас (хребет Саур, Восточный Казахстан)



\_\_Добровольный помощник



# ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ ЭВОЛЮЦИИ ЛИСЫ БЕЛЯЕВА ПРОШЛИ ЗА НЕСКОЛЬКО ЛЕТ

В августе в Новосибирске прошли «Беляевские чтения», международная конференция, посвященная столетию со дня рождения выдающегося советского ученого, академика Дмитрия Беляева. Генетические эксперименты Беляева — это ускорение эволюции в тысячи раз.



История о том, как знаменитый советский генетик Дмитрий Беляев организовал в Сибири эксперимент по одомашниванию (одомашниванию) лисиц, за полвека облетела весь мир. Первые снимки «беляевских» лисиц и краткие заметки про них начали выходить еще в 1970-е годы. Преданные глаза животных, по-собачьи дружелюбно закрученный хвост, появление пятен (пегость), укороченные лапы, вислухость, характерная белая отметина («звездочка») на лбу и ряд других внешних признаков резко отличали одомашнированных особей от их диких сородичей. Всего несколько поколений искусственного отбора по одному-единственному признаку лояльности к человеку изменили не только внешность и повадки дикого животного, но и целый комплекс других признаков, вплоть до сезона брачного периода. Так впервые в мировой генетике была выдвинута концепция дестабилизирующего отбора.

## Эксперимент века

Гипотеза Беляева заключалась в том, что гены, отвечающие за развитие поведения, выполняют в организме особую, регуляторную функцию по

— Памятник академику Дмитрию Беляеву в новосибирском Академгородке в окружении ближайших коллег, детей, внуков и правнуков ученого

отношению ко многим другим генам, и поэтому отбор по таким генам вызывает, вместе с изменением поведения животного, дестабилизацию развития и появление целого комплекса новых признаков, не имеющих отношения к поведению. Именно отбор на усиление дружелюбия к человеку, по мнению Д.К. Беляева, и вызвал изменения практически у всех видов животных, исторически одомашненных человеком. Те же самые изменения были получены и у лисиц в процессе их экспериментальной одомашнивания, что подтвердило его гипотезу.

— Этот эксперимент рассказывает о том, чего Дарвин не знал об одомашнивании, о побочных эффектах селекции и, что наиболее важно, о схожести процессов естественного и искусственного отбора (а это он отлично понимал), — писал о работах Беляева всемирно известный генетик Ричард Докинз в своей книге «Самое грандиозное шоу на Земле». — Эти «собачьи» признаки являются побочными эффектами. Беляев и его коллеги отбирали животных не по ним, а только по прирученности. Все прочие «собачьи» признаки воспользовались эволюционным покровительством генов при-



Беляевские лисы и связанные с ними научные работы получили огромную популярность сначала за рубежом, а уж потом, спустя десятки лет, и в нашей стране

рученности. Это широко известное явление, при котором один ген может вызвать несколько эффектов, на первый взгляд, не связанных между собой. Развитие эмбриона — крайне сложный процесс. Возможно, гены, вызывающие появление висячих ушей и пегой шкуры, сцеплены с генами, ответственными за прирученность как у лис, так и у собак. Прекрасная иллюстрация вещи, очень важной с эволюционной точки зрения. Если мы берем один признак и задаем вопрос, в чем его значение для выживания организма, то этот вопрос неверен: возможно, значим совсем не тот признак, который мы выбрали. Тот, другой, может просто «путешествовать за компанию».

Про лисиц академика Беляева снимали научно-популярные фильмы. Пытались даже писать художественную литературу. За 50 лет цитируемость научных статей сотрудников Института цитологии и генетики СО РАН (ИЦиГ) о доместикации животных удвоилась, даже если сравнивать с цифрами тех лет, когда тема была на пике славы, и работа получила мировой резонанс. Это связано с тем, что, во-первых, изучение процессов генетической изменчивости одомашненных животных никогда не прекращалось, а в последние годы оно ведется уже не только в России. Ученики Дмитрия Беляева живут и работают в Австралии, Англии и США. И некоторым из них удалось продолжить дело своего учителя, сотрудничая с ИЦиГ с привлечением зарубежных ресурсов и финансов.

## Памятник к столетию Беляева

Как все новое в науке, беляевские лисы и связанные с ними научные работы получили огромную популярность сначала за рубежом, а уж потом, спустя десятки лет, и в нашей стране. Такова судьба многих новаторов, особенно русских. Например, теория симбиоза была признана на Западе спустя 80 лет после ее появления в России. Причем период переосмысления идей Беляева прошел как-то незаметно. В 1970-е годы советские биологи и генетики их не воспринимали, а в 1990-е на его открытия уже ссылались как на бесспорные истины, которые нужно преподавать в школе.

— Первые отклики на концепцию дестабилизирующего отбора сходны с теми, которые вызвала идея эволюции посредством естественного отбора, — считает ученик Дмитрия Константиновича, доктор биологических наук Павел Бородин. — Как писал Дарвин, «на заседании Линнеевского общества единственный отзыв был: все новое в вашей работе — неверно, а все верное — не ново». Но Дарвину было легче — он не был директором института. Печальная сторона драмы идей ДК (так называли Дмитрия Константиновича Беляева все друзья и сотрудники) в том, что он не имел ни времени, ни сил на то, чтобы оставить все остальные дела и изложить свои взгляды в полной форме. Дарвин пришел к идее естественного отбора в 1838 году, а его главная книга вышла на 20 лет позже. И именно она завоевала мир, а не его статья, изложенная на заседании Линнеевского общества. «Из этого я заключаю, что всякая идея, чтобы быть понятой, должна быть подробно и пространно изложена», — писал Дарвин в конце жизни. ДК свою главную книгу так и не написал. Все некогда было.

Нигде в мире никто не пытался осуществить что-либо подобное доместикационному эксперименту Беляева. Преданная ученица и последовательница Дмитрия Константиновича — Людмила Николаевна Трут, которая работала под началом ДК 27 лет, а после ухода своего учителя уже более 30 лет курирует данные работы, — вместе с американским ученым Ли Дугаткиным недавно опубликовала книгу «Как приручить лису (и сделать из нее собаку)». Два пятитысячных тиража оказались раскуплены в считанные дни, уже печатается третий. Книгу удалось издать точно к 100-летию юбилею академика Беляева. К сожалению, на ее перевод и выпуск на русском языке найти средства пока не удалось. Зато в новосибирском Академгородке к столетию ДК открыли памятник этому величайшему генетику. Скульптура изображает ученого, сидящего на скамейке рядом с лисой, которая дружески протягивает ему лапу.



Сейчас в питомнике Института цитологии и генетики живут около 700 одомашненных лис

— Людмила Трут проработала под началом Дмитрия Беляева 27 лет, а после ухода своего учителя уже более 30 лет курирует доместикационный эксперимент

## 15 тысяч лет эволюции за полвека

Когда Дмитрий Константинович в 1950-е годы впервые выдвинул идею о воспроизведении исторического процесса доместикации дикого животного на примере лисицы, никто из его окружения не считал ее серьезной и реализуемой. Ведь собаку от волка отделяют около 15 тысячелетий эволюции. Попытка сократить этот период на многие порядки выглядела утопической. Сам ДК понимал, что при естественном дарвиновском отборе эволюция происходила крайне медленно. Кроме того, на каком-то этапе в этот отбор вмешался древний человек. Между тем для практического звероводства этот эксперимент имел огромное значение. Ведь в отличие от волка, собака размножается несколько раз в году. Заставив лисицу приносить приплод несколько раз в год, можно было значительно улучшить показатели работ на звероводческих фермах.

— Первые скрещивания толерантных к человеку лисиц ДК провел еще в начале 1950-х, когда он жил и работал в Эстонии. В 1958 году он привез этих лисиц в новосибирский Академгородок, в котором почти ничего еще не было построено, даже здания самого института. Зато неподалеку находился зверосовхоз «Лесной», где работали опытейшие сотрудники, которые восприняли идеи ДК с большим энтузиазмом. Они выделили несколько помещений и клетки для животных, куда первым делом и перевезли наших эстонских лисиц, а потом мы стали отбирать туда дружелюбных к человеку лис со всех зверосовхозов. Удивительно вели себя потомки эстонских лисиц: они быстро привыкали к работницам и в общем вольере были дружелюбны не только к людям, но и друг к другу, затевали игры с мячом, — пишет в своих воспоминаниях Светлана Аргутинская, жена ученого.

## Секрет генетической трансформации

— Наблюдая за постепенным превращением лисицы в собаку, Дмитрий Константинович все больше убеждался в том, что происходит именно генетическая трансформация поведения, — рассказывает Людмила Трут. — Чтобы доказать это в эксперименте, мы трансплантировали беременной агрессивной лисице несколько зародышей ручных лис возрастом семь-девять дней. Когда щенята подросли и перешли от ползания к ходьбе, Беляев приехал посмотреть на результат. Подсаженные ручные эмбрионы было легко отличить по черной окраске. Мать предварительно отсадили из клетки. И вот выбегают сначала цветные лисята, рычат, скалятся, кидаются на сетку, где стоит человек. А за ними выходят три черных лисенка, которые при виде человека начинают жалобно скулить и вилять хвостиками. Трудно было придумать более красноречивые доказательства генетической трансформации поведения лисы в собаку. Точно такие же опыты с успехом проводились и в обратном соотношении — подсаживали агрессивных доноров к ручным эмбрионам в матке ручной лисы.

Если мы берем один признак и задаем вопрос, в чем его значение для выживания организма, то этот вопрос неверен: возможно, значим совсем не тот признак, который мы выбрали



Помню изумление и восторг ДК, когда он впервые увидел вислоухого лисенка, которому было уже три месяца, а уши у него висели, как у щенка собаки, хотя у всех лисят в норме они встают к возрасту 10–14 дней. Спустя некоторое время он рассказывал о своих идеях об эволюционной роли поведения на одном из заседаний физиологического общества в Москве. После его доклада ко мне подошел мой университетский однокурсник и говорит: «Ну что же ваш директор дурачит аудиторию? Показывает нам собачьего щенка и выдает его неосведомленным слушателям за лисенка. Он что, думает, ему поверили?» Мы много обсуждали, почему лиса, проявляя целый ряд признаков собачьего поведения, все-таки остается лисой. Очевидно, что эффективность домостикации сильно зависит от формы взаимоотношений, и условия содержания приручаемого животного отдельно от человека в нашем случае играло большую роль. Ведь при естественной домостикации животное не было искусственно ограничено в общении с человеком. Оно при желании само могло идти на контакт и осваивать новую экологическую нишу рядом с человеком. Здесь же правила диктовали только мы, что определенно мешало чистоте эксперимента. Мы понимали, что даже в самой грубой форме невозможно воспроизвести условия ранней домостикации, но все-таки организовали опыт полудомашнего содержания лисят. Эффект такого содержания максимален, если в условиях постоянных контактов с человеком животные находятся с рождения. Поэтому сначала мы поселили в наш дом двухмесячную очень ручную самочку, чтобы затем выращивать в этих условиях ее будущих потомков. По документам наш домик проходил под названием «домостикационная установка».

## Быть рядом с человеком

— Мы выбрали самую ласковую лисичку из тысячного поголовья и назвали ее Пушинка, поскольку вся она была похожа на комочек пуха, — продолжает Людмила Трут. — За время нашего совместного проживания Пушинка проявляла много новых качеств. Когда к нам пришел знакомиться новый сторож, она встретила его практически лаем. Ничего подобного лисы-агрессоры и тем более ручные лисы в клетках не производят. Пушинка демонстрировала охранный инстинкт во всей красе. Но самое потрясающее проявление домостикации с ней произошло в ночь, когда она родила лисят. Я немного волновалась, ведь даже домашние собаки после родов могут бросаться на людей, поскольку в это время ими управляет материнский инстинкт. Комната, в которой находилась Пушинка, и мой кабинет сообщались, дверь между ними была не закрыта. Я не беспокоила ее и была готова к тому, что первое время она ограничит со мной контакт и займется лисятами. Каково же было мое удивление, когда она сразу принесла первого новорожденного голого лисенка и положила на холодный пол прямо к моим ногам! Морозным мартом пол в доме был очень холодный. Я осторожно взяла детеныша, поругала ее и отнесла лисенка к ней в комнату на ее подстилку. Но на всякий случай постелила теплую подстилку и у своих ног, если она опять придет. Пушинка вела себя беспокойно, металась, постоянно убегая от щенков ко мне, и снова возвращалась к ним. Я не могла понять причину ее беспокойства. Ближе к утру она принесла мне уже всех пятерых своих лисят, улеглась вокруг них, успокоилась и начала кормить. Я поняла, что всю ночь в ней боролись две мотивации — оставаться со своими детьми или быть рядом с человеком. И она решила совместить оба решения.

## Неисправимый романтик

К первому объекту домостикационных исследований, серебристо-черным лисицам, присоединились успешно селекционируемые дикие крысы-пасюки и норки. Замечательно простая модель была создана на овцах. — Иногда доходило до курьезов. Заместитель директора института по хозяйственной части привык ждать всего от «этих» ученых, и когда по телефону его спросили: «Львов заказывали?» — «Нет, — закричал он в трубку, — мне их некуда девать!». А это был всего лишь вопрос телефонистки из города Львова



— Академик Дмитрий Беляев с домостикационными лисами на звероферме экспериментального хозяйства СОАН СССР

— Лиса, проявляя целый ряд признаков собачьего поведения, все-таки остается лисой

о заказе междугородного разговора, — вспоминала Светлана Аргутинская. При тестировании овец на присутствие человека обнаружилось многообразие вариантов поведения, тем более поразительное, что домостикация овец насчитывает по крайней мере 8 тыс. лет. Исследования особенностей поведения этих животных позволили совершенно по-новому взглянуть на процессы, превратившие дикое агрессивное животное в радикально отличающееся от дикого предка по поведению и физиологическим функциям. Впервые было установлено, что селекция на домостикационный тип поведения сопровождается изменениями обмена регулирующих агрессивность классических медиаторов мозга — серотонина и катехоламинов, меняет реакцию на стресс и функциональную активность половых гормонов. — При всем кажущемся прагматизме и трезвости суждений ДК был неисправимый идеалист и романтик, — уверен профессор Павел Бородин. И в науке, и, как сейчас говорят, по жизни. Весь его великий эксперимент с лисицами — ну не романтика ли это была с самого начала? Взяться за то, чтобы воспроизвести эксперимент, который человечество проводило в течение тысячелетий. Кто-то сказал, что великий писатель отличается от обычного тем, что пока обычный размышляет, писать ему короткий рассказ или не писать, да в какой журнал, да напечатать ли, великий садится за стол и пишет «Войну и мир». Вот так и ДК, взял и начал эксперимент. И до сих пор он продолжает и еще долго продолжаться будет и приносить плоды.

## Можно ли повторить эволюцию человека?

— А ведь он еще один эксперимент замыслил. И почти всерьез, — вспоминает Павел Бородин. — Как-то он позвал нас и предложил подумать, что будет, если отбирать шимпанзе на экстраполяцию по профессору Крушинскому и на гуманность по князю Кропоткину. (Известные тесты на оценку мыслительных способностей животного.) Уж на что мы ко всему были привычные, но и у нас дух захватило. Однако что же, задача есть, и страшно занятая задача. Стали обсуждать. Оказалось, что лет через 100 уже будут первые результаты, а через 300 уже возникнут морально-этические проблемы. И знаете, кого он нашел себе в единомышленники? Саму Джейн Гудолл — директора знаменитого исследовательского центра в Гомбе (Танзания). Вот что она писала в своем письме к ДК: — Я сама довольно часто думала об этой идее, и именно потому, что шимпанзе так сильно отличаются друг от друга по интеллектуальным способностям, так же, как и по характеру. Тот проект, о котором Вы думаете, будет фантастически дорогим и долгим. Как Вы знаете, самки шимпанзе начинают размножаться не раньше, чем достигнут десятилетнего возраста, даже в неволе. А в природе — это ближе к 13–14 годам. Кроме того, для того чтобы их интеллектуальные способности (а именно они интересуют нас, прежде всего, в плане очеловечивания) проявились в полной мере, животные должны расти в очень хороших условиях — несколько лет с матерью, в богатой и разнообразной среде. Как я все это понимаю, такой проект может быть только начат при нашей жизни, но чтобы он продвинулся, мы должны быть уверены в наших последователях. Насчет последователей у ДК, похоже, никаких сомнений не было. И кто знает, может, и верно, придет время, когда человечество решится на этот эксперимент.

АНТОН СИВКОВ, кандидат биологических наук, Институт цитологии и генетики СО РАН

В статье использованы цитаты из выступлений сотрудников ИЦиГ СО РАН на международной конференции «Беляевские чтения» и «Книги воспоминаний» о Д.К. Беляеве.



# Исследования и университетская наука

КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ 51-КУБИТНЫЙ КВАНТОВЫЙ КОМПЬЮТЕР  
БЬЕТ РЕКОРДЫ



АРТЕМ КОРОТКОВ/ТАСС

Российские и американские ученые из Гарвардского университета, работающие в группе Михаила Лукина, создали квантовый компьютер из 51 кубита, самый мощный в мире. Об этом сооснователь Российского квантового центра профессор Лукин сообщил в докладе на Международной конференции ICQT-2017, которая прошла в июле в Москве. В отличие от классических компьютеров, построенных на двоичном коде (0 или 1, «да» или «нет»), квантовые компьютеры строят на основе кубитов — квантовых битов. Кубит допускает не только

два состояния, но и их суперпозиции, то есть массу промежуточных состояний между двумя основными. Поэтому мощность и быстродействие квантового компьютера гораздо выше. Идею квантовых вычислений предложил еще в 1980 году Юрий Манин из Института имени В.А. Стеклова, а год спустя Ричард Фейнман сформулировал принцип построения квантового компьютера. Но прошли десятилетия, прежде чем появились подходящие технологии. Главной проблемой было создать устойчивые кубиты. Группа Лукина использовала так называемые «холодные атомы», которые удерживаются в лазерных ловушках при сверхнизких температурах. Это позволило построить квантовый вычислитель из 51 кубита и обойти группу Кристофера Монро из университета Мэриленда (5-кубитное устройство) и группу Джона Мартиниса из Google (22-кубитное). Используя набор кубитов на основе «холодных атомов», команда Лукина уже смогла решить несколько физических задач, чрезвычайно сложных для моделирования при помощи классических компьютеров. Профессор Лукин не исключает, что в ближайшее время его команда попытается реализовать знаменитый квантовый алгоритм Шора, перед которым бессильны существующие системы шифрования. Но и других практических областей, где новое поколение компьютеров могло бы произвести революцию, множество. Например, метеорология, где для повышения точности прогноза погоды не хватает мощности существующих вычислительных устройств.

АСТРОФИЗИКА МИКРОВСПЫШКИ РАЗОГРЕВАЮТ КОРОНУ СОЛНЦА

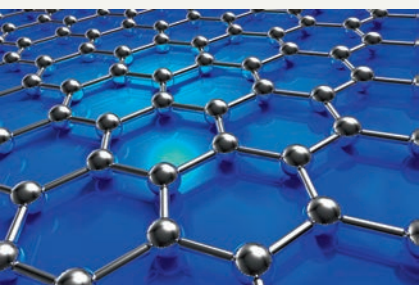


АНДРЕЙ МОРИНОВ/ТАСС

Авторы публикации в Astrophysical Journal, ученые ФИАН — главный научный сотрудник, доктор физико-математических наук Сергей Богачев и младший научный сотрудник Алексей Кириченко — пересмотрели изображения солнечных вспышек, зафиксированных российской космической обсерваторией «Корона-Фотон». Она была выведена на орбиту 30 января 2009 года, а уже 1 декабря того же года всю научную аппаратуру пришлось выключить — из-за неполадок с электропитанием. 18 апреля 2010 года Лаборатория рентгеновской астрономии Солнца констатировала окончательную смерть аппарата. Продолжительность научной работы спутника — от включения аппаратуры до последнего получения информации — составила 278 дней. Однако за это время рекордные по чувствительности телескопы, разработанные в ФИАНе, зафиксировали, как теперь выяснили исследователи, более 500 микровспышек на Солнце. Некоторые из них были в 1000 раз слабее, чем те, что фиксировались прежними инструментами наблюдений. Сергей Богачев и Алексей Кириченко отвечали на вопрос, откуда берется энергия для разогрева короны — внешней атмосферы Солнца — до температуры порядка 1 млн градусов. Для этого требуется

гораздо больше энергии, чем выделяется во время вспышек, фиксируемых телескопами. Очевидно, должны происходить другие энергетические события, которые приносят недостающую энергию. Такими событиями, по мнению исследователей, и являются зафиксированные с помощью давно испортившихся телескопов микровспышки. Полученные результаты имеют практический смысл: они позволят сделать прогноз солнечной активности более точным, в частности, улучшить предсказание интенсивности и продолжительности магнитных бурь.

НАНОФИЗИКА ДЫРЫ В ГРАФЕНЕ



DEPOSITPHOTOS/PHOTOPRESS/РИ

Международная исследовательская группа, включающая ученых НИТУ МИСиС, а также исследователей из Финляндии, Англии, Германии и Франции, провела серию бомбардировок графена тяжелыми ионами и пробила в графене нанопоры диаметром от 1 до 4 нанометров. Бомбардировка велась ионами кальция, кислорода, кремния, золота, тантала и ксенона с большими энергиями — до 91 МэВ. Получена информация о зависимости размера нанопор от энергии ионов. Как рассказал автор исследования, руководитель проекта «Минимизация деградации двумерных неорганических материалов с использованием атомистических расчетов»,

приглашенный профессор НИТУ МИСиС, к. ф.-м. н. Аркадий Крашенинников, экспериментально и теоретически изучен процесс появления отверстий в графене, изучена зависимость размера отверстий от типа и энергии ионов, объяснена природа появления этих дефектов. «Сегодняшнее развитие исследований графена связано с изучением возможности контролируемого изменения его свойств», — объяснил Крашенинников, — например, путем внесения в его структуру дефектов. Создание дефектов в графене может существенным образом изменить его электронные и проводящие свойства и даже может привести к индуцированию магнетизма. Одним из возможных способов внесения дефектов в структуру графена является его бомбардировка ионами». Графен с отверстиями давно интересует исследователей. По мнению профессора Крашенинникова, полученные после бомбардировки наноструктуры могут найти применение, в частности, в качестве материалов для очистки жидкостей, секвенирования ДНК и в других высокотехнологических областях. «Можно ожидать, что при регулярном расположении отверстий в графене его спектр перестроится в полупроводниковый, что позволит использовать его и в электронике», — заключил профессор Крашенинников.

# ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ БЕЛКА МОЖЕТ БЫТЬ ЭФФЕКТИВНЫМ ИНДИКАТОРОМ ХИМИЧЕСКОЙ И РАДИАЦИОННОЙ ТОКСИЧНОСТИ

Красноярские ученые предложили использовать для изучения и регистрации токсичности простейшую биологическую систему — целентерамид-содержащие флуоресцентные белки.



БИОМЕДИА

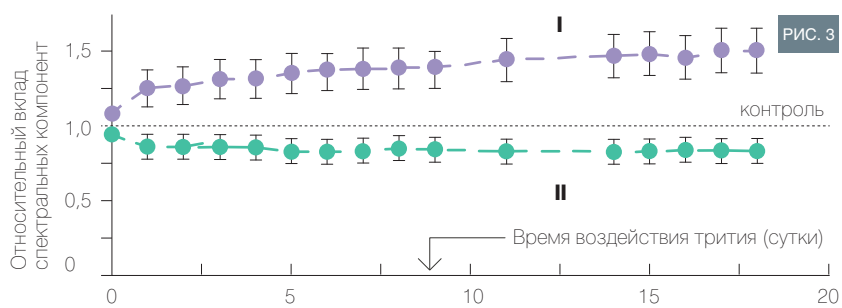
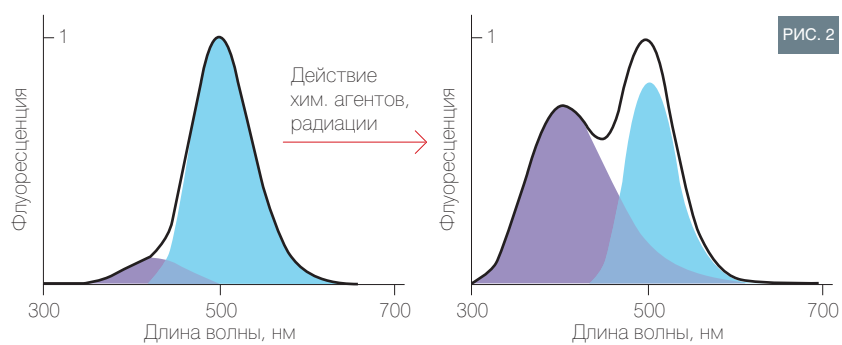
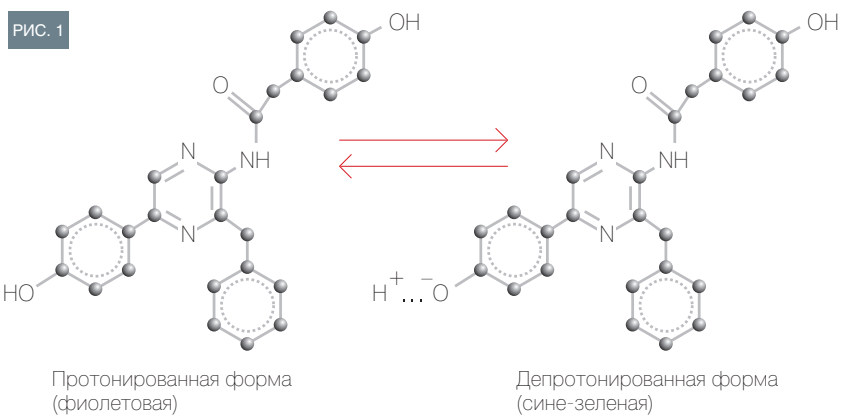
Белки некоторых морских светящихся кишечнополостных могут служить индикатором токсичности среды

Механизмы токсических эффектов представляют собой наиболее злободневный предмет фундаментальных исследований в области токсикологии. Известно, что токсичность — биологическое понятие; оно означает подавление физиологических функций организмов под действием химических агентов или радиации. Количественно токсичность определяется с помощью биотестовых систем; в качестве таких систем возможно использование организмов различной сложности — начиная от высших и заканчивая клеточными.

Обычно наибольший интерес вызывает токсическое воздействие на сложные биосистемы, такие как человеческий организм или высшие животные. Вместе с тем, изучение токсических эффектов с использованием более простых «кирпичиков» этих организмов — клеток или ферментативных реакций — позволяет понять механизмы токсических эффектов, соответственно, на клеточном или биохимическом уровне. Так, например, понимание биохимических механизмов токсичности дает возможность создавать лекарственные препараты направленного действия.

Недавно красноярские ученые предложили использовать для изучения токсичности еще более простую биологическую систему — особые флуоресцентные белки. Они полагают, что использование этих белков способно перевести понимание токсических эффектов на базовый уровень — уровень элементарных физико-химических процессов.

Сотрудники Института биофизики КНЦ СО РАН и Сибирского федерального университета (Красноярск) давно изучают токсические эффекты с помощью биотестовых систем, способных испускать свет — люминесцировать. Люминесценция — физическое явление, ее интенсивность регистрируется с помощью простых физических приборов. Именно поэтому люминесцентное биотестирование токсичности широко распространено в мировой практике. Наиболее часто используются люминесцентные морские



\_\_Химическая структура молекулы целентерамида

\_\_Изменение спектров флуоресценции целентерамид-содержащих белков под действием химических реагентов и радиации

\_\_Вклады фиолетовой (I) и сине-зеленой (II) компонент в спектры флуоресценции целентерамид-содержащего белка («разряженного обелина») при различных временах воздействия трития (200 МБк/л)

## ТРИТИЙ И ЕГО БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

Тритий в малых количествах всегда присутствует в окружающей среде, в основном в виде тритиевой воды, так как он постоянно образуется под действием космического излучения в верхних слоях атмосферы. До начала ядерной эры концентрация трития в природной воде была достаточно низкой — один атом трития на  $10^{18}$  атомов нерадиоактивного изотопа водорода, протия. Однако после проведения испытаний термоядерного оружия в атмосфере (конец 50-х — начало 60-х годов XX века) концентрация трития повысилась почти в 1000 раз. И хотя после прекращения испытаний концентрация трития снижалась, в последние годы наблюдается локальное увеличение содержания трития в окружающей среде как результат работы атомных электростанций.

В процессе распада тритий ( $^3\text{H}$ ) превращается в положительно заряженный изотоп гелия-3 с испусканием электрона и антинейтрино. Максимальный пробег образующихся при распаде бета-частиц (электронов) в воздухе 5,8 мм при 20°C, в биологической ткани — 6,5 мкм. Бета-частицы трития полностью поглощаются роговыми слоями кожи, так что внешнее облучение организма тритием и его соединениями не представляет опасности. Опасно его попадание в организм через кожу, легкие или при приеме пищи и воды и распад уже в организме. Являясь изотопом водорода, тритий химически ведет себя так же, как и нерадиоактивный водород (протий), и поэтому способен замещать его во всех соединениях с кислородом, серой, азотом, легко проникая в протоплазму любой клетки. В этом случае распад трития способен серьезно повредить внутриклеточные структуры, включая генетический аппарат клеток.

Важную роль в физико-химических процессах, сопровождающих распад трития, играет перераспределение электронной плотности в среде. При распаде трития возникает бета-частица и положительно заряженный ион гелия-3. Последняя частица чрезвычайно активна, она склонна к акцептированию электрона из окружающей среды (например, ближайшей органической молекулы) с образованием устойчивой оболочки инертного газа. При этом инициируются катион-радикалы различной активности. Таким образом, продукты бета-распада трития способны запускать (или активизировать) цепи переноса заряда/электрона в биохимических процессах. В результате описанных процессов локальное воздействие при распаде трития может быть достаточно эффективным. Поэтому изучение биологических эффектов трития является одной из актуальных задач современной биофизики и радиобиологии и имеет практическое значение для безопасного развития атомной индустрии.

бактерии — одноклеточные организмы, которые встречаются в море как в свободном виде, так и в светящихся органах рыб. В последние десятилетия набирают популярность ферментативные люминесцентные биотесты, то есть ферментативные реакции светящихся бактерий. Недавно сибирскими учеными предложено использование целентерамид-содержащих флуоресцентных белков, которые являются продуктами биолюминесцентных реакций некоторых морских светящихся кишечнополостных — медуз, полипов. В отличие от «зеленых» флуоресцентных белков, которые в настоящее время широко используются в качестве флуоресцентных меток в медицинских и биологических исследованиях, целентерамид-содержащие белки не получили широкого признания, и их потенциал явно недооценен. Спектры флуоресценции этих белков могут варьироваться за счет формирования различных флуоресцентных форм. Соотношение между этими формами определяется эффективностью фотохимического переноса протона, а она, в свою очередь, зависит от воздействия токсичных веществ на белковый комплекс.

Известно, что флуоресцентные белки состоят из ароматического флуорофора и полипептида. Флуорофором целентерамид-содержащих белков, как следует из их названия, является молекула целентерамида, образующая комплекс с полипептидом. Входящая в состав комплекса молекула целентерамида, фотохимически активна; при возбуждении светом она способна к отдаче протона, как показано на рис. 1.

Перенос протона меняет цвет флуоресценции целентерамида: форма целентерамида, содержащая протон, характеризующаяся «фиолетовой» флуоресценцией, депротонированная форма характеризуется «сине-зеленой» флуоресценцией.

Ученые Красноярска показали, что термические, химические и радиационные воздействия изменяют спектры флуоресценции целентерамид-содержащего белка. В качестве примера такого белка они использовали «разряженный обелин» — продукт биолюминесцентной реакции морского кишечнополостного обелина. На рис. 2 представлены спектры флуоресценции этого белка. Из рисунка видно, что воздействие химических агентов или радиации изменяет вклады цветных компонент — увеличивает вклад фиолетовой и уменьшает вклад сине-зеленой флуоресценции. Токсический эффект оценивается именно по изменению вкладов этих компонент.

Возможность использования целентерамид-содержащих белков для оценки химической и радиационной токсичности обоснована в недавнем обзоре красноярских ученых (Talanta, 2017). Преимущества использования этих белков связаны с их фотобиологической активностью: так как перенос протона в возбужденном состоянии — чрезвычайно быстрый (наносекундный) процесс, скорость одного измерения лимитируется только длительностью

## Предложенный красноярскими учеными подход переводит понимание токсических эффектов на уровень элементарных физико-химических процессов

\_\_Флуорофор — фрагмент молекулы, придающий ей флуоресцентные свойства.

\_\_Пептид, полипептид, белок. Аминокислоты способны соединяться связями, которые называются пептидными, при этом образуется полимерная молекула. Если количество аминокислот не превышает 10, то новое соединение называется пептид; если от 10 до 40–50 аминокислот — полипептид, если аминокислот больше — белок.

\_\_Грей — единица поглощенной дозы ионизирующего излучения в Международной системе единиц. Доза равна одному грею, если в результате поглощения ионизирующего излучения вещество получило один джоуль энергии на один килограмм массы.

регистрации спектра флуоресценции. Причем воспроизводимость этих измерений высока; она соответствует воспроизводимости физических экспериментов. Это важно для решения проблемы воспроизводимости биологических измерений, которая всегда возникает при использовании организмов и ферментативных реакций.

Последнее исследование красноярских ученых было связано с изучением воздействия на флуоресцентный белок низкодозовой радиации. Оно выполнено в сотрудничестве с коллегами из Московского государственного университета (кафедра радиохимии), результаты опубликованы в журнале *Analytical & Biochemical Chemistry*. В качестве радиоактивного элемента в этих экспериментах выбран тритий, бета-излучающий изотоп водорода, который принято считать одним из наименее токсичных радиоизотопов.

На рис. 3 показано изменение вкладов фиолетовой и сине-зеленой компонент спектра флуоресценции белка под действием трития. Тритий входил в состав тритиевой воды, которую добавляли в раствор белка. Наблюдения проводили в течение 18 суток. Максимальная доза радиоактивности, накопленная образцом белка, оказалась равной 0,28 Грей, что близко к условной границе малых доз. Из рисунка видно, что воздействие трития приводит к увеличению вклада фиолетовой и уменьшению вклада сине-зеленой компонент по сравнению с контрольными образцами. Видно также, что даже сутки воздействия трития (соответствующего дозе 0,03 Грей) вызывают заметные изменения вкладов цветных компонент, что указывает на высокую чувствительность белка к низкодозовому излучению.

Таким образом, красноярскими учеными предложен принципиально новый подход к изучению токсичности с использованием простейшей биотестовой системы — флуоресцентного белка, его фотобиологических свойств и регистрации флуоресценции «цветных» компонент фотобиологического процесса. Предлагаемый подход переводит понимание токсических эффектов на уровень элементарных физико-химических процессов.

НАДЕЖДА КУДРЯШЕВА,

доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института биофизики Сибирского отделения РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН

# САМЫЙ МОЩНЫЙ В МИРЕ РЕНТГЕНОВСКИЙ ЛАЗЕР ЗАПУЩЕН ПРИ УЧАСТИИ РОССИИ

Физики, химики и биологи ждали этого дня 15 лет — 1 сентября в пригороде Гамбурга запущен рентгеновский лазер на свободных электронах XFEL (X-ray Free-Electron Laser). Это событие и научное, и политическое. Научное, потому что XFEL открывает возможность исследований в ранее недоступных масштабах — на уровне отдельных атомов. Политическое, потому что в сложный для взаимоотношений России и Евросоюза период Россия стала вторым по объему взноса участником проекта.

XFEL — самый большой рентгеновский лазер в мире. Он будет генерировать до 27 тыс. импульсов в секунду — в 200 раз больше, чем другие рентгеновские лазеры. Такие сверхкороткие — менее 100 фемтосекунд (фемтосекунда — одна квадриллионная доля секунды) — импульсы излучения с длиной волны от 0,05 до 40 нанометров позволят различать отдельные атомы и даже их внутренние структуры и видеть сверхкраткие события, ранее недоступные физическим приборам.

Чтобы получить такую частоту мощных импульсов, электроны необходимо разогнать до скорости, близкой к скорости света. Для этого был построен линейный сверхпроводящий ускоритель длиной 1,7 км, где температура кабелей поддерживается на уровне -271 градус по Цельсию. После разгона частицы попадают в ондуляторы, последовательность магнитов с переменной полярностью. Под действием магнитных полей электроны двигаются по синусоидальным траекториям и излучают в жестком рентгеновском диапазоне с очень высокой интенсивностью. Мощные и крайне короткие импульсы позволят зафиксировать так называемое атомарное кино, необходимое для понимания химических реакций.

На площадке XFEL предполагается проводить три типа экспериментов: во-первых, в области структурной биологии, во-вторых, в сфере материаловедения и кинетики химических реакций, и в-третьих — исследовать поведение вещества в экстремальных условиях.

Высокая разрешающая способность лазера позволяет ожидать прорыва в изучении белковых структур и в области фармакологии. Спецпредставитель НИЦ «Курчатовский институт» в европейских исследовательских организациях Михаил Рычев объясняет: «Сейчас, чтобы получить 3D-изображение белка, его нужно кристаллизовать, но далеко не все белки кристаллизуются. Благодаря высокой мощности импульса мы сможем получить 3D-изображение даже от одиночной молекулы белка. Под действием лазерного импульса молекула разваливается, но это происходит примерно за 100 фемтосекунд, а у нас импульс — 10 фемтосекунд, поэтому мы успеем увидеть образ в дифракционной картине до того, как белок разлетится».

Такие трехмерные изображения белка необходимы, в частности, для разработки эффективных фармпрепаратов, исследования структур вирусов. Чтобы разработать новое лекарство, нужно понимать, например, как выглядит вирус гриппа типа А. И увидеть его трехмерную картинку — это конкретная задача от «бигфармы» (Big Pharma, профессиональное наименование 50 крупнейших фармацевтических компаний), которая уже ждет этих результатов.

XFEL также впервые позволит ученым увидеть ход химических реакций в реальном времени, снимать «кино», в котором можно будет увидеть, как молекулы перестраиваются, реагируют друг с другом — эти процессы протекают как раз за время порядка фемтосекунд. «Кинетика химических реакций интересна ученым, которые разрабатывают новые катали-



— Первые эксперименты на XFEL начнутся сразу после запуска

— Длина тоннелей новой установки более трех километров



заторы, новые материалы, занимаются нанотехнологиями», — говорит об этом втором направлении Михаил Рычев.

Третье направление — это изучение поведения вещества в экстремальных условиях: «При помощи лазера можно моделировать экстремальные условия, похожие на те, что существуют в недрах звезд или были во время Большого взрыва, а другие лазеры, которые смонтированы здесь же, на площадке XFEL, будут исследовать состояние вещества».

По словам Михаила Рычева, первые два направления — это прикладная наука, и именно в возможности проводить прикладные исследования заключается важнейшее отличие XFEL от других мегапроектов, например, Большого адронного коллайдера.

Первые эксперименты на XFEL начнутся уже в сентябре. Всего к началу 2017 года заявки подали более 60 научных коллективов. Уже отобраны 14 групп исследователей, которые с 10 сентября начнут работу на двух первых экспериментальных установках. Отбор прошли, во-первых, не слишком сложные проекты (поскольку эксперименты только начинаются) и, во-вторых, проекты схожей тематики, это в основном структурная биология и новые материалы.

## Российская четверть

Запуск XFEL оказался и важным политическим событием — это случай, когда Россия стала полноправным участником крупного европейского научного проекта.

В ценах 2005 года установка стоила €1,22 млрд, 57% суммы внесла Германия, около 26% — Россия. Остальное поделено между еще десятью странами — участниками проекта (это Дания, Франция, Венгрия, Италия, Польша, Словакия, Испания, Швеция, Швейцария, кроме того, в процессе присоединения к проекту находится Великобритания).

Окончательный объем вклада России в проект станет понятен в этом году, когда будет перечислен последний платеж, но уже можно сказать, что он составит около €400 млн в текущих ценах (и около €306 млн в ценах 2005 года).

Россия участвовала в проекте не только деньгами, российские ученые и институты занимались разработкой проекта, созданием отдельных элементов лазера. «Например, Институт ядерных исследований в Троицке сделал инжектор для ускорителя, который по своим параметрам превзошел начальные плановые показатели», — говорит Михаил Рычев.

В результате российские ученые стали полноправными участниками экспериментов на европейском лазере. Координатором российской научной программы является Курчатовский институт. Под эгидой института сформирована Ассоциация российских университетов, участвующих в проектах в области megascience. В нее вошли Санкт-Петербургский и Московский университеты, МФТИ, Южный Федеральный университет, Калининградский, Томский и другие университеты. Уже в ближайшие недели члены Ассоциации приступят к экспериментам.

НАТАЛИЯ ФЕРАПОНТОВА

# РАЗРУШЕНИЕ ИДЕАЛЬНОСТИ: МАГНИТНЫЕ АТОМЫ В ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОЛЯТОРАХ

Поверхностные состояния электронов известны с 30-х годов прошлого века, косвенное обменное взаимодействие — с 50-х. В XXI веке два этих физических эффекта, объединенные в топологических изоляторах, приводят к совершенно новым свойствам и новым практическим применениям.

Прежде чем рассказывать, что интересного было сделано в недавней работе, написанной совместно со студентами кафедры проблем теоретической физики МФТИ Павлом и Владиславом Куриловичами и опубликованной в журнале *Physical Review B*, стоит напомнить, что такое двумерные топологические изоляторы, магнитные примеси и косвенное обменное взаимодействие.

## Топологические изоляторы

Топологические изоляторы — это открытие физики XXI века. Их существование и свойства были сначала предсказаны теоретически, а затем, через несколько лет, открыты экспериментально. Слово «изолятор» в названии «топологический изолятор» означает, что соответствующий материал, если бы он не имел границы (занимал бы все пространство), был бы диэлектриком, то есть при низких температурах не пропускал бы электрический ток. В реальности любой материал имеет границу, поэтому говорят, что топологический изолятор имеет объемные диэлектрические свойства. Это проявляется в том, что заряженные частицы (электроны и дырки) внутри топологического изолятора, как и в обычных диэлектриках, не могут иметь произвольную энергию — как говорят, у изолятора существует запрещенная зона (рис. 1) — и не проводят электрический ток. Слово «топологический» означает, что у топологических изоляторов, в отличие от изоляторов обычных, на поверхности (в трехмерном случае) или на границе (в двумерном случае), существуют поверхностные/краевые состояния, энергия которых находится в объемной запрещенной зоне (рис. 1), но они проводят ток. Причем сами эти поверхностные/краевые состояния являются топологическими, то есть их существование не связано с какими-то специальными условиями на поверхности/границе материала.

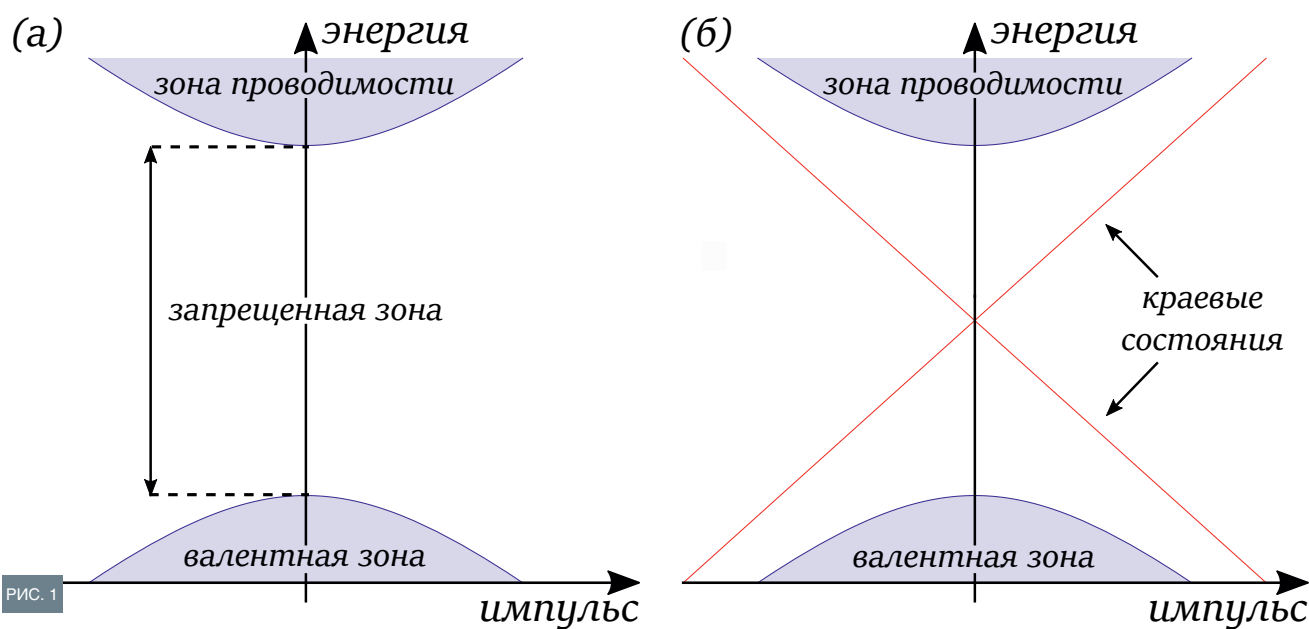


РИС. 1

\_\_ Схематическое изображение зависимости энергии от импульса в обычных (а) и топологических (б) изоляторах

\_\_ Схематическое изображение структуры квантовой ямы CdTe/HgTe/CdTe. Красными линиями изображены краевые состояния, которые переносят электрический ток по краю слоя HgTe

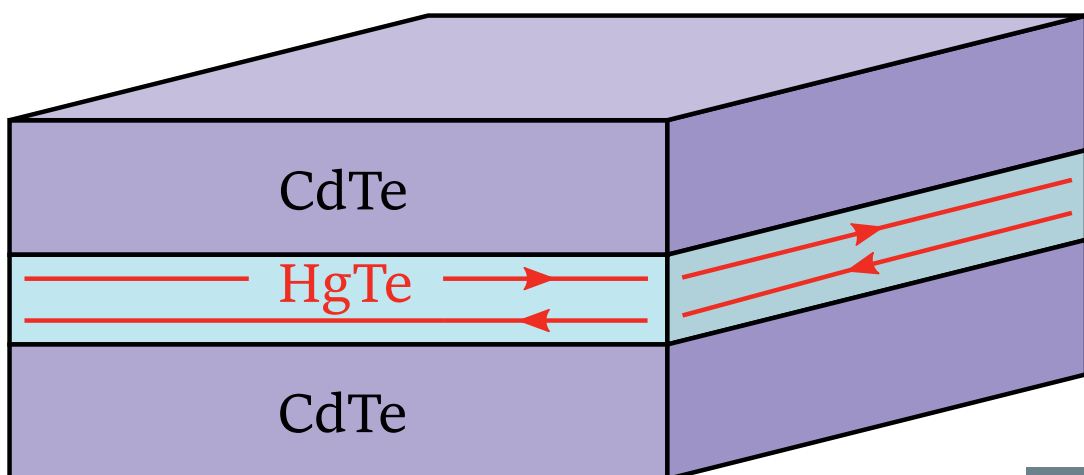


РИС. 2

Заметим, что существование поверхностных состояний в полупроводниках было известно с 30-х годов прошлого века — после работ Игоря Тамма и Уильяма Шокли (W.B. Shockley). Но в отличие от давно известных поверхностных состояний Тамма и Шокли, топологические поверхностные состояния нельзя уничтожить, изменяя свойства поверхности.

Поверхностные/краевые состояния в топологических изоляторах имеют ряд интересных свойств. Например, если к топологическому изолятору поднести электрический заряд, то на поверхности возникает такое распределение электрического тока, какое возникло бы при наличии магнитного монополя в объеме топологического изолятора. Огромный интерес к топологическим изоляторам связан с тем, что есть надежда использовать их необычные свойства для создания электронных схем с минимальными потерями на тепло, а также квантовых компьютеров.

В настоящее время известно более 20 соединений, которые являются трехмерными топологическими изоляторами. Например, такими соединениями являются теллурид и селенид висмута. Примером двумерных топологических изоляторов всего два. Наиболее исследованной экспериментально является структура на основе теллурида кадмия (CdTe) и теллурида ртути (HgTe). Эта структура называется квантовой ямой CdTe/HgTe/CdTe и показана на рис. 2. Из-за различия в свойствах теллурида кадмия и теллурида ртути, согласно законам квантовой механики, электроны оказываются заперты в тонком слое теллурида ртути (обычно около 10 нанометров) и могут свободно двигаться только по слою. О такой ситуации говорят, что электроны эффективно становятся двумерными. Если начать менять толщину слоя теллурида ртути и прикладывать напряжение в плоскости слоя, то при толщине ямы больше критической (около 6 нанометров) потечет электрический ток. Причем оказывается, что ток течет вдоль границы слоя теллурида ртути (рис. 2).

Эксперимент, подтверждающий такую картину, был проведен в 2007 году в группе Лоуренса Моленкампа (L.W. Molenkamp) в Университете Вюрцбурга (Германия). В России аналогичные эксперименты проводят в группе Зе Дон Квона в Институте физики полупроводников в Новосибирске.

Важным свойством краевых состояний в топологических изоляторах является то, что они идеально проводят электрический ток. Слово «идеально» в



этом случае означает, что отношение приложенного напряжения к протекающему току равно кванту электрического сопротивления (постоянной фон Клитцинга). Напомним, что квант электрического сопротивления в системе единиц СИ равен 25812,807 Ом. Идеальное протекание электрического тока вдоль границы двумерного топологического изолятора нарушается в присутствии магнитных атомов, или как говорят, примесей. Такими примесями могут служить, например, атомы железа или марганца. Уединенный магнитный атом, расположенный у границы двумерного топологического изолятора, приводит к отражению краевых состояний назад, из-за чего при низких температурах отношение напряжения к току становится больше, чем квант сопротивления. Если же магнитных атомов много и они могут образовывать упорядоченное состояние, то протекание электрического тока может быть полностью заблокировано и отношение напряжения к току становится бесконечным.

Интересно, что полупроводники теллурид кадмия и теллурид ртути с небольшими концентрациями атомов марганца в начале 1980-х очень активно изучались во всем мире, как теоретически, так и экспериментально. У нас в стране этим активно занимались в лаборатории Исаака Цидильковского в Институте физики металлов в Екатеринбурге. Основной вопрос, который интересовал исследователей, — это поведение магнитных моментов примесных атомов при низких температурах. Например, упорядочиваются ли магнитные моменты, образуя ферромагнитное состояние, при понижении температуры, или нет.

## Есть надежда использовать топологические изоляторы для создания электронных схем с минимальными потерями на тепло, а также квантовых компьютеров

### Косвенное обменное взаимодействие

Возможность упорядочения магнитных моментов примесных атомов определяется характером взаимодействия между ними. Если концентрация примесных атомов невелика (доли процента), так что атомы расположены далеко друг от друга, то основное взаимодействие возникает из-за рассеяния свободных электронов на паре магнитных атомов. Можно сказать иначе — из-за взаимодействия магнитных атомов через посредство свободных электронов, косвенного обменного взаимодействия. В металлах такое взаимодействие носит название взаимодействия Рудермана—Киттеля—Касуи—Иосиды (Ruderman—Kittel—Kasuya—Yosida) в честь теоретиков, которые его впервые изучили еще в середине 50-х годов прошлого века. В полупроводниках косвенное обменное взаимодействие впервые теоретически исследовали Бломберген и Роуланд (Bloembergen, Rowland) в 1955 году. Большой вклад в изучение косвенного обмена внес также Алексей Абрикосов — советско-американский физик, нобелевский лауреат, занимавшийся фундаментальными вопросами физики твердого тела. Оказывается, что в металлах и полупроводниках косвенное обменное взаимодействие ведет себя по-разному с расстоянием между атомами. При низких температурах в металлах косвенное обменное взаимодействие убывает степенным образом, а в полупроводниках — быстрее, экспоненциально. В металлах при рассеянии на магнитной примеси электрон из-под уровня Ферми переходит в свободное состояние прямо над уровнем Ферми. В полупроводниках при рассеянии на магнитной примеси состояние из валентной зоны должно перейти в состояние в зоне проводимости, а это требует большей энергии, равной как минимум ширине запрещенной зоны.

Косвенное обменное взаимодействие в топологических изоляторах теоретически изучалось с момента их экспериментального открытия в середине прошлого десятилетия. Однако при его изучении обычно учитывалось только рассеяние поверхностных (или краевых) состояний на магнитных примесях. Так как эти состояния похожи на состояния в металле, то и косвенное обменное взаимодействие получалось таким же, как в двумерном (или одно-

### МАГНИТНЫЙ МОНОПОЛЬ

У магнита два полюса — северный и южный. Выглядит это так, как будто рядом расположены два противоположных «магнитных заряда». Но разделить их не удастся: если магнит распилить, у половинок снова будет по два полюса. Идея об одиночном магнитном заряде — магнитном монополе — впервые умозрительно-математически была высказана Пьером Кюри еще в 1894 году. В 1931 году Поль Дирак предположил возможность существования реальной квантовой частицы с магнитным зарядом (ее называют монополем Дирака). Все попытки экспериментально обнаружить монополь Дирака пока безуспешны.

мерном) металле. В нашей теоретической работе мы изучили, как на косвенное обменное взаимодействие между магнитными атомами в двумерном топологическом изоляторе влияет наличие не только краевых, но и объемных состояний. Тот факт, что краевые состояния ведут себя как металлические, а объемные — как диэлектрические, приводит к интересной особенности: в зависимости от расположения магнитных атомов они взаимодействуют по-разному (рис. 3). Если оба магнитных атома находятся вдали от границы, то косвенное обменное взаимодействие между ними такое же, как в обычном полупроводнике, в частности, оно на больших расстояниях спадает экспоненциально. Если же оба магнитных атома находятся у границы, то косвенное обменное взаимодействие устроено так же, как в металле, — на больших расстояниях убывает степенным образом. Оба этих результата были известны и до нашей работы.

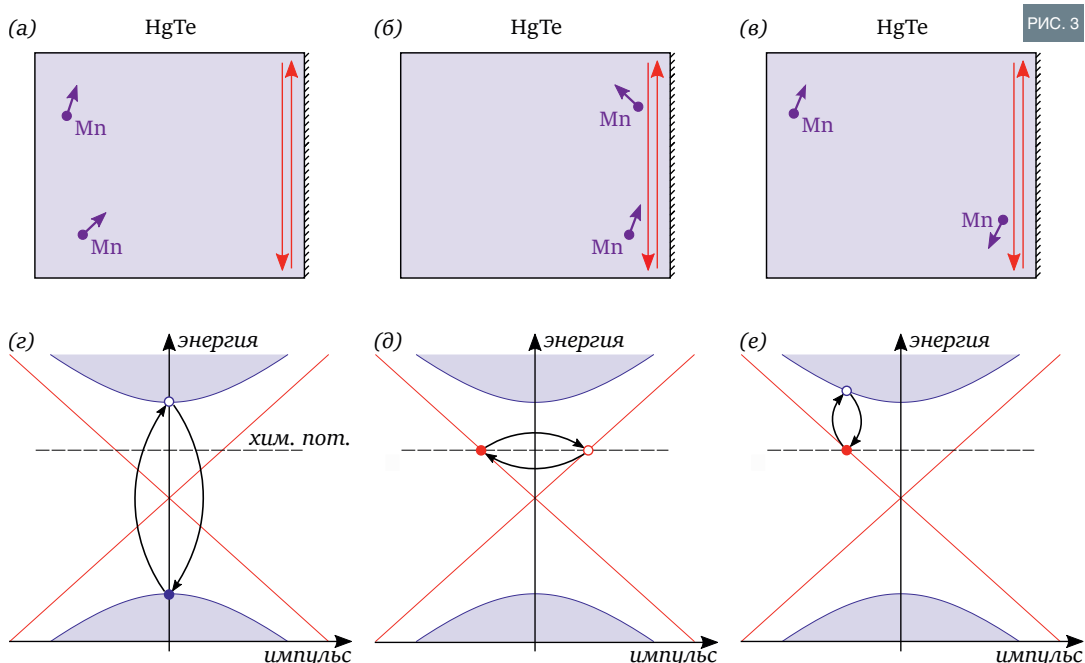
### Напряжение управляет температурой перехода

В нашей работе мы нашли новый тип поведения косвенного обменного взаимодействия, когда оно, с одной стороны, имеет свойства, характерные для металлов, а с другой — свойства, типичные для полупроводников. Такой вид косвенного обменного взаимодействия реализуется в случае, когда один атом находится у края, а второй вдали от него. Такие гибридные свойства косвенного обменного взаимодействия определяются тем, что в этом случае при рассеянии на магнитной примеси краевое состояние переходит в объемное состояние в зоне проводимости. Такой переход требует энергии, меньшей объемной щели на величину химического потенциала краевых состояний (рис. 3). А химический потенциал краевых состояний зависит от приложенного напряжения. Получается, что характерная длина, на которой косвенное обменное взаимодействие затухает, зависит от приложенного напряжения. Такая зависимость косвенного обмена от напряжения является очень интересной. Потенциально она может привести к тому, что температурой перехода в упорядоченное состояние для магнитных примесей, находящихся у границы двумерного топологического изолятора, можно будет управлять приложенным напряжением. Чтобы выяснить, так ли это, требуются дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования.

В заключение можно сказать, что изучение свойств топологических изоляторов — это новая, интересная и активно развивающаяся область современной физики конденсированного состояния, прогресс в которой однажды может привести к появлению новых микроэлектронных устройств.

ИГОРЬ БУРМИСТРОВ, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Института теоретической физики им. Л.Д. Ландау РАН

— Схематическое изображение расположения магнитных атомов марганца (Mn) относительно краевых состояний в слое теллурида ртути (а, б, в). Иллюстрация переходов носителей при рассеянии на паре магнитных атомов при различном их расположении (г, д, е)



Рисунки Павла и Владислава Куриловичей

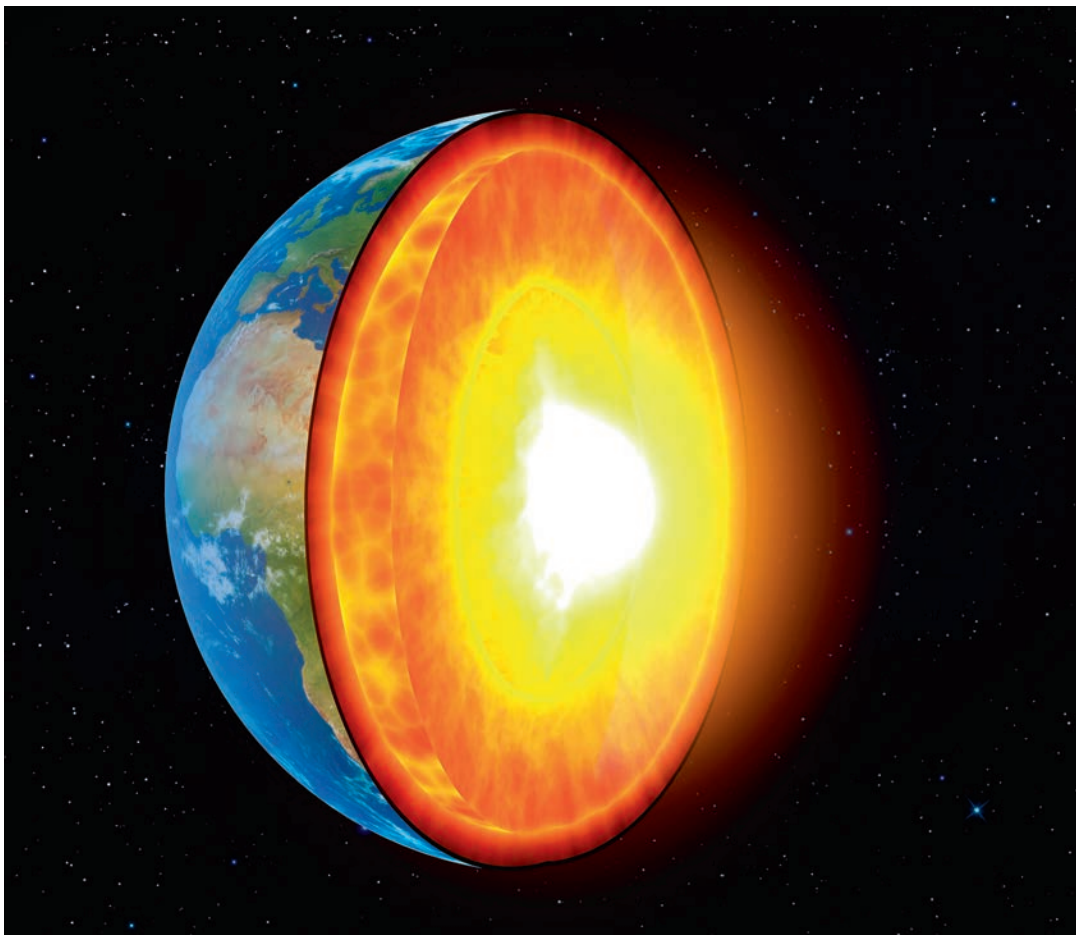
### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗОНЫ В КРИСТАЛЛЕ

В кристаллическом твердом теле электрон не может обладать произвольной энергией. Есть диапазоны разрешенных энергий (разрешенные зоны) и запрещенных энергий (запрещенные зоны). Самая верхняя из разрешенных зон, в которой еще могут находиться электроны, называется зоной проводимости. Перед ней — валентная зона. Если в зоне проводимости есть достаточное количество электронов, то это металл, если она пуста — изолятор, промежуточный случай отвечает полупроводникам.

Уровень энергии, соответствующий самым «верхним» электронам (при низкой температуре), называется уровнем Ферми. В металлах уровень Ферми совпадает с так называемым химическим потенциалом, в изоляторах химический потенциал попадает в запрещенную зону.

# МАГНЕТИЗМ ЖЕЛЕЗА И НИКЕЛЯ — НА ЗЕМЛЕ И ВНУТРИ ЗЕМЛИ

Люди знают о земном магнетизме уже несколько тысячелетий, но его причина пока не выяснена. Теоретические исследования уральских физиков могут ответить на этот вопрос.



**Петр Перегрин** (Petrus Peregrinus) — этим латинским псевдонимом подписывал свою труды французский физик XIII века Пьер Пелерен де Марикур (Pierre Pelerin de Maricourt). Точные даты его жизни неизвестны. Перегрин — автор первого экспериментального исследования и первого детального научного труда по магнетизму.

**Уильям Гильберт** (William Gilbert), 1544–1603 — английский физик и придворный врач, исследователь электричества и магнетизма, автор первой теории магнитных явлений.

**Сэр Невилл Франсис Мотт** (Nevill Francis Mott), 1905–1996 — английский физик, лауреат Нобелевской премии по физике в 1977 г., совместно с Филиппом Андерсоном и Джоном ван Флеком, «за фундаментальные теоретические исследования электронной структуры магнитных и неупорядоченных систем», автор теории индуцированных взаимодействием переходов из металлического в изоляторное состояние.

**Джон Гуденаф** (John Goodenough), род. 1922 — американский ученый, специалист в области физики и материаловедения.

го момента были предложены две различные квантовомеханические картины магнетизма — локализованная и зонная.

Локализованная картина, сформулированная Гейзенбергом, предполагала, что электроны в кристалле не перескакивают с одного атома на соседний, однако между электронами с соседних атомов есть обменное взаимодействие. Это сугубо квантовый эффект, обусловленный разницей энергий параллельного и антипараллельного упорядочения спинов. Зонная картина Стонера, напротив, подразумевала возможность движения электронов, а их взаимодействие в основном осуществлялось в пределах одного атома.

На первый взгляд, зонная картина выглядела более применимой к переходным металлам. Но некоторые явления она объяснить не могла, например, закон Кюри–Вейсса, описывающий линейную зависимость обратной восприимчивости от температуры (восприимчивость — это отклик системы на слабое внешнее магнитное поле). В то же время было совершенно не очевидно, почему картина локализованных электронов, которая, как казалось, не может быть применима к переходным металлам (в частности, к железу), гораздо лучше описывает эксперимент.

В конце 1950-х — начале 1960-х годов Нэвилл Мотт, а за ним Джон Гуденаф предположили, что часть электронов в железе (а именно, электроны, соответствующие так называемым *d*-состояниям, их два из пяти возможных *d*-состояний на атоме) характеризуются «непроводящими волновыми функциями», то есть они не перепрыгивают, являются локализованными.

Хотя к тому времени концепция перехода электронов из зонного, проводящего состояния в локализованное уже возникла (благодаря работам Мотта), предположение Мотта–Гуденафа находилось далеко за гранью существовавших тогда теоретических подходов. Оно соответствует введенным много позже так называемым орбитально-зависимым переходам металл–изолятор (orbital-selective Mott transition).

Разработанные позже (в 1980-х годах) методики расчета обменных взаимодействий в металлах на основе зонной теории позволили получить определенные теоретические указания на существование локализованных моментов в железе, но уже в самом методе этих расчетов был заложен, тем не менее, проводящий, зонный характер электронов.

## Первые шаги к объединенной теории

Ситуация изменилась лишь в конце 1990-х — начале 2000-х годов с появлением и развитием так называемой динамической теории среднего поля. Эта теория приближенно сводит сложную проблему движения электронов в кристалле к рассмотрению изменения их состояния со временем на одном выбранном атоме. Теория позволила описать переходы металл–изолятор в ряде веществ, что, естественно, привело к вопросу о ее способности объяснить магнетизм переходных металлов.

В частности, железо и никель были исследованы в рамках этой теории Михаилом Кацнельсоном, Александром Лихтенштейном совместно с американским физиком Габриэлем Котляром в 2001 году.

Ими впервые из полностью микроскопического (то есть исходящего из первопринципных уравнений) расчета в рамках зонной картины было получено линейное поведение обратной восприимчивости с температурой (закон Кюри–Вейсса), которое обычно интерпретируется как указание на

Магнитные свойства железа были обнаружены за несколько тысячелетий до н. э. Так, в Китае кусочки магнитных материалов использовались для создания компаса. В 1269 году была написана «Книга о магните» Петра Перегрини, а в 1600 году Уильям Гильберт написал трактат «О магните», описывающий основные свойства магнитов и анализирующий магнетизм Земли. Сегодня железо, включая его магнитные свойства, находит множество самых разных технологических применений. Железо — не единственное магнитное вещество, можно отметить никель и кобальт, заинтересовавшие человечество много позже и также широко используемые в настоящее время.

Несмотря на столь долгий срок изучения магнетизма, это явление по-прежнему порождает новые вопросы. В быту мы ощущаем магнетизм как притяжение или отталкивание между телами. В физике же под магнетизмом понимается способность тела сохранять остаточную намагниченность (то есть свое собственное магнитное поле) в отсутствие магнитного поля внешнего. А уже это собственное поле может воздействовать на другие магнитные тела.

## Две концепции магнетизма

Общим свойством большинства магнитных веществ является то, что их магнетизм обусловлен атомами так называемых переходных металлов, содержащих *d*-электроны (индекс *d* относится к определенному виду симметрии электронных состояний атома). Переходные металлы — это не только железо, кобальт и никель, их несколько десятков.

С появлением понятия спина электрона и соответствующего ему магнитно-

\_\_Магнетизм Земли определяется железом и никелем ее ядра. Но пока не до конца ясно, как именно

Под высоким давлением железо становится немагнитным. Но добавление небольшого количества никеля возвращает магнетизм

присутствие локальных моментов. Также ими была найдена слабая зависимость локальной восприимчивости от времени (на оси мнимого времени, которое проще изучать с теоретической точки зрения), свидетельствующая о наличии локальных моментов. В какой-то момент казалось, что проблема железа и других переходных металлов почти решена.

## Развитие классических идей новыми методами

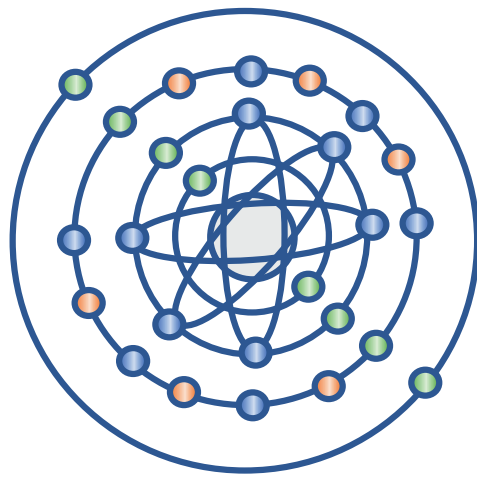
Однако появление в середине 2000-х годов концепции орбитально-зависимых переходов металл-изолятор вновь заставляло пересмотреть и дополнить полученные ранее результаты. Здесь я перехожу к моим, совместно с коллегами, исследованиям. Мой интерес к проблеме железа возник в 2007 году в результате обсуждений в недавно созданном в Екатеринбурге Институте квантового материаловедения, но затем вышел за рамки этого института. В частности, для меня представлял интерес вопрос о том, как идеи Мотта и Гуденафа могут быть далее развиты уже с помощью современных методов анализа электронных корреляций.

В связи с этим возникла идея провести рассмотрение железа в рамках динамической теории среднего поля, обратив внимание на вклад различных электронных орбиталей в наблюдаемые свойства. Уже из зонной структуры следовало, что вклады  $t_{2g}$  и  $e_g$  — электронных состояний в железе должны быть различны. (Здесь обозначения  $t_{2g}$  и  $e_g$  вновь относятся к симметрии электронных d-состояний на кубической решетке, на каждом атоме из пяти возможных d-состояний имеется три  $t_{2g}$ -состояния и два  $e_g$ -состояния — на каждую из двух возможных проекций спина электрона. В твердом теле эти состояния образуют, соответственно,  $t_{2g}$ - и  $e_g$ -зоны). Действительно, две электронные зоны —  $t_{2g}$  и  $e_g$  — устроены совершенно по-разному (точнее, у них разная зависимость энергии электрона от импульса). А оставшиеся менее существенные, так называемые нелокальные эффекты могли быть рассмотрены по теории возмущений.

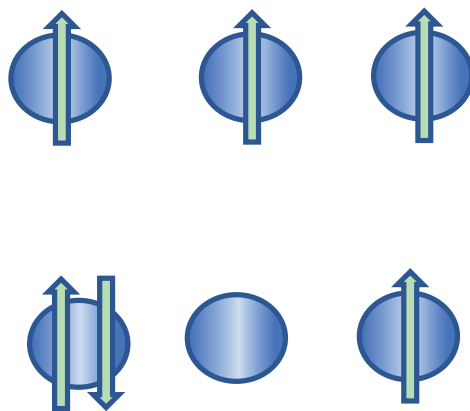
С рассмотрения этой проблемы началось мое сотрудничество с группой Владимира Анисимова в Институте физики металлов УрО РАН. Как показали проведенные расчеты в методе динамической теории среднего поля, поведение  $t_{2g}$ - и  $e_g$ -электронов совершенно различно. В частности, так называемая собственная энергия электронов, описывающая влияние взаимодействия электронов на их движение, имеет различную зависимость от энергии для  $t_{2g}$ - и  $e_g$ -состояний. Причем зависимость, полученная для  $e_g$ -состояний, действительно свидетельствовала о возможности их локализации. Кроме того, были вычислены также орбитальные вклады в локальную (то есть соответствующую реакции одного выбранного атома на приложенное к нему внешнее магнитное поле) восприимчивость. Оказалось, что вклад  $e_g$ -состояний в локальную восприимчивость хорошо описывается законом Кюри (частный случай закона Кюри–Вейсса), что вновь свидетельствовало о сильной локализации этих состояний. В то же время, вклад  $t_{2g}$ -состояний проявляет более сложную температурную зависимость, но за счет смешанных  $t_{2g}$ - $e_g$ -вкладов полная локальная восприимчивость также удовлетворяет закону Кюри. Динамическая локальная восприимчивость, определяемая как отклик уже на зависящее от времени внешнее магнитное поле, демонстрирует характерный для систем с локальными моментами узкий пик.

Строго говоря, в вышеописанном законе Кюри для локальной восприимчивости присутствует также небольшая поправка. Она указывает на существование малой температуры, ниже которой локальные моменты перестают существовать, будучи, как говорят, экранированными подвижными электронами проводимости (это называется эффектом Кондо, по имени открывшего эффект японского физика).

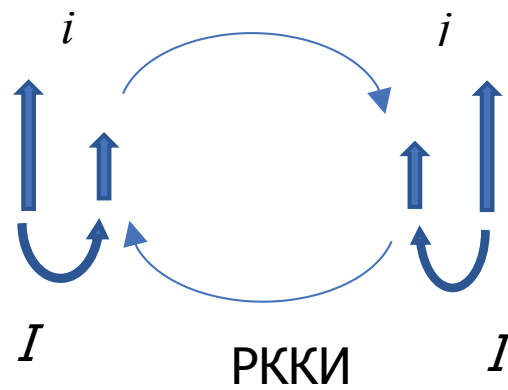
Реальное рассмотрение нелокальных эффектов (в том числе и природы магнитного обмена) в рамках теории возмущений было выполнено значительно позже, в 2015–2017 годах в сотрудничестве с Петром Игошевым, Александром Белозеровым и Владимиром Анисимовым. Для вычисления магнитного обмена можно следовать давней идее, что он обусловлен косвенным обменом через электроны проводимости. Это так называемый



\_\_\_ Схема электронной конфигурации атома железа. Концентрические окружности соответствуют разным энергетическим уровням атома. Зеленые точки изображают электроны на орбиталях s (круговых), синие — на p (вытянутых), оранжевые — на d-орбиталях с более сложным распределением в пространстве



\_\_\_ Локализованная (вверху) и зонная (внизу) картины ферромагнетизма



\_\_\_ Схема возникновения косвенного обмена РККИ между локальными моментами (длинные стрелки) через электроны проводимости (короткие стрелки).  $i, j$  соответствуют двум различным атомам,  $I$  — взаимодействие Хунда, тонкие стрелки показывают направление перескока

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗОНЫ

В атоме уровни энергии электрона дискретны. В кристаллическом твердом теле же образуются целые диапазоны разрешенных энергий (разрешенные зоны) и запрещенных энергий (запрещенные зоны). Несколько упрощая, можно сказать, что разрешенные зоны формируются из атомных уровней при объединении атомов в кристалл, а оставшееся место занято запрещенными зонами.

мый механизм РККИ: Рудермана–Киттеля–Касуи–Иосиды (Ruderman–Kittel–Kasuya–Yosida); в Советском Союзе аналогичные идеи развивались Семеном Шубиным и Сергеем Вонсовским. Косвенный обмен — это взаимодействие локальных моментов через посредство подвижных, свободных электронов. Проблема, однако, в том, что четкое разделение между этими состояниями в переходных металлах отсутствует, так как локальные моменты имеют конечное время жизни, и один и тот же электрон может быть локализованным или делокализованным в разные моменты времени. Эту проблему, однако, удается обойти (по крайней мере, для железа) с помощью математических преобразований — переписав восприимчивость электронной системы в виде, где взаимодействие между эффективными магнитными моментами становится явно выделенным. При этом оно как раз имеет форму РККИ. Полученные «квазилокальные» моменты можно затем связать с наблюдаемыми локальными моментами. Указанный подход дает хорошие результаты, сопоставимые с полученными ранее в рамках чисто зонных теорий, в которых, как уже сказано, понятие локального момента отсутствует.

Таким образом, в железе имеются хорошо определенные локальные моменты, появляющиеся в результате обменного взаимодействия. Одновременно были вычислены нелокальные поправки, позволившие добиться хорошего согласия с экспериментальными данными.

## Железо, никель и магнетизм Земли

Как показали недавние исследования совместно с группой Дж. Сандживованни в Университете Вюрцбурга (Германия), магнитные свойства никеля проявляют черты как сходства, так и отличия от железа. Отличие атома никеля от железа состоит в том, что он имеет восемь, а не шесть d-электронов. Хотя, сходно с железом, локальная восприимчивость никеля подчиняется закону Кюри–Вейсса, в никеле она имеет совершенно иное происхождение, а именно, в значительной мере обусловлена зонной структурой, а не взаимодействием. Кроме того, в никеле локальный момент сравнительно мал и к тому же уже при высоких температурах частично экранирован. Единственная роль взаимодействия состоит в резком уменьшении температуры Кондо, выше которой локальные моменты хорошо определены, с нескольких тысяч до нескольких сотен градусов.

Эти (и некоторые другие, не описанные здесь) интересные особенности никеля получили недавно дальнейшее развитие в сплавах железо-никель под давлением. Под давлением железо оказывается в особой, так называемой эпсилон-фазе, которая кардинально отличается от «обычной» альфа-фазы железа. В частности, эпсилон-железо абсолютно не обладает локальными магнитными моментами. Однако добавление к эпсилон-железу атомов никеля даже в небольшой концентрации качественно изменяет ситуацию.

Особенности электронной структуры никеля и эпсилон-железа таковы, что магнитные свойства их сплава, содержащего даже небольшое количество никеля, оказываются близкими свойствам «обычного» никеля. Указанный факт может иметь важные последствия для объяснения земного геомагнетизма. Внутреннее ядро Земли, как предполагается, как раз содержит железо и никель в концентрации примерно 4:1. Хотя при высоких внутриземных температурах железо жидкое, подвижность атомов железа невелика, и их состояние можно соотнести с одной из кристаллических фаз. При этом немагнитная эпсилон-фаза, по-видимому, наиболее энергетически выгодна. А тогда именно присутствие в ядре Земли никеля может обеспечить появление магнитного поля Земли благодаря так называемому эффекту геодинамо (вращению жидкого ядра), поддерживаемого благодаря низкой теплопроводности сплава железо-никель. Таким образом, абсолютно теоретические исследования сплавов железо-никель могут прояснить одну из пока не решенных задач — задачу о происхождении магнитного поля Земли.

АНДРЕЙ КАТАНИН, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Института физики металлов им. М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, профессор РАН

# ПОТЕПЛЕНИЕ В АРКТИКЕ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ВЫБРОСАМ ДРЕВНЕГО МЕТАНА

Оледенение оставило под дном Арктики огромные скопления парникового газа метана в форме гидратов. Дальше всех в исследовании этих древних структур продвинулась группа ученых Центра по изучению арктических газовых гидратов, окружающей среды и климата Арктического университета Норвегии, в составе которой работает россиянин.



Гидраты метана внешне напоминают спрессованный снег. Как только давление уменьшается, а температура повышается, они распадаются на горячий метан и воду

Ученые продолжают открывать все новые и новые участки континентальных окраин Арктики, где в водную толщу выделяются пузырьки метана. Происхождение газа и геологические процессы, контролирующие его выделение, остаются неясны. Одним из источников поступающего на дно Арктического бассейна метана могут быть разлагающиеся газовые гидраты.

Гидраты метана внешне напоминают спрессованный снег, хотя обладают кристаллической структурой, где молекула метана заключена внутри «решетки», сконструированной из молекул воды. Решетки стабильны при высоком давлении и низкой температуре (как раз такие условия господствуют на многих континентальных окраинах) и распадаются, как только термобарические условия перестают удовлетворять этим критериям. Интервал геологического разреза, в котором температура достаточно низка, а давление достаточно велико для образования и поддержания газовых гидратов, называется зоной стабильности. И если часть геологического разреза выходит из зоны стабильности, гидраты начинают разлагаться, выделяя значительное количество метана (1 см<sup>3</sup> газового гидрата содержит 160 см<sup>3</sup> метана в газообразной форме). Таким образом, газовые гидраты могут быть и эффективным конденсатором метана, и его мощным источником — в зависимости от температуры и давления на морском дне.

Метан — парниковый газ, его вклад в общий парниковый эффект оценивается в 4–9% и по значимости уступает только углекислому газу и парам воды. Исследования [Graves et al., 2015; Myhre et al., 2016; Steinle et al., 2015] показывают, что лишь незначительная часть метана, постепенно выделяющегося из морского дна в водную толщу, при нормальных условиях достигает атмосферы. Метан растворим и активно окисляется в донных осадках и воде. Однако в случае аномально быстрого выброса большого объема газа не исключено, что существенная его часть, не успев деградировать, преодолит водную толщу и достигнет атмосферы.

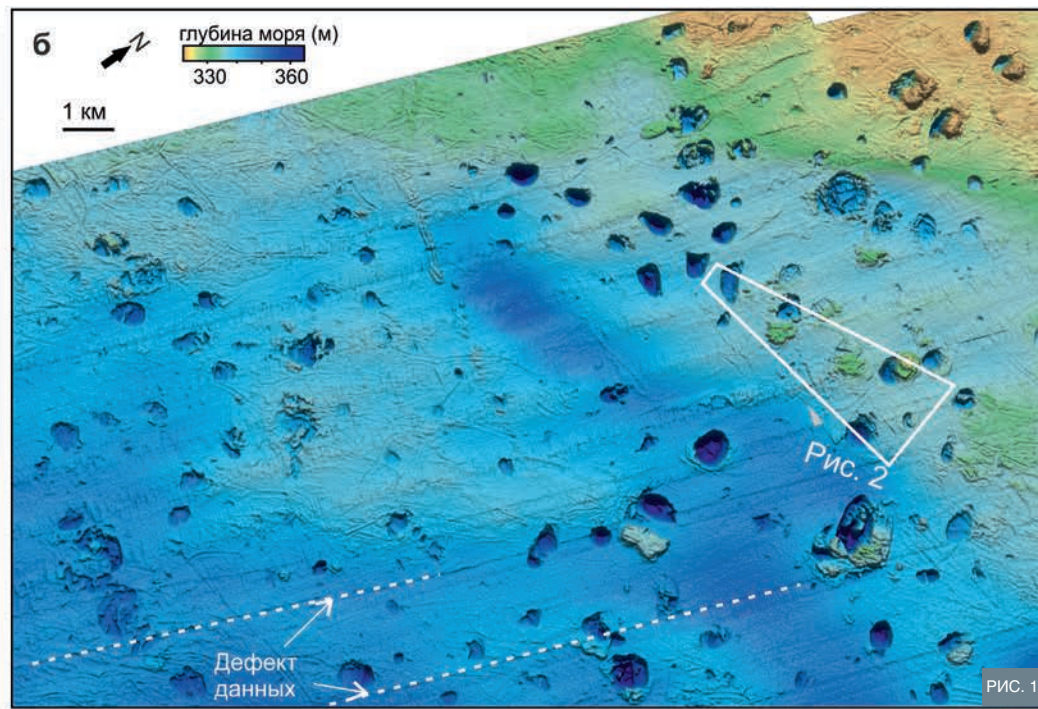
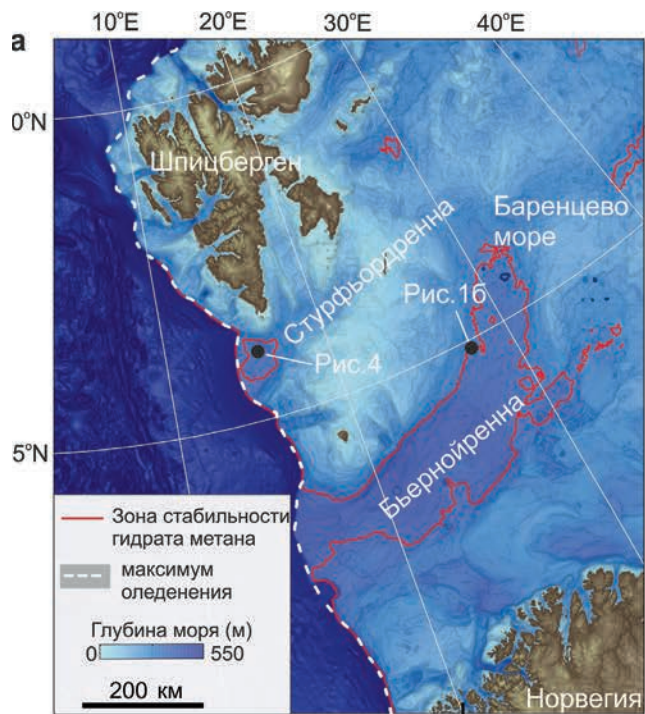
Метан — парниковый газ, его вклад в общий парниковый эффект по значимости уступает только углекислому газу и парам воды

В отличие от постепенных выходов метана на дно (сипов), выбросы крайне сложно наблюдать — они возникают эпизодически. Не исключено, что выбросы метана формируют специфические структуры на морском дне, изучив которые, можно выяснить, когда и при каких условиях выбросы произошли. Понимание времени и масштаба подобных явлений крайне важно для оценки их вклада в прошлые и будущие климатические изменения.

Центру по изучению арктических газовых гидратов, окружающей среды и климата (CAGE) в Арктическом университете Норвегии (UiT) в городе Тромсё удалось обнаружить и изучить два участка Баренцева моря, где геологическая история последних 35 тыс. лет спровоцировала обширные выбросы метана, изменившие морское дно.

## Кратеры в трое Бьернойренна

На глубине 320–340 м морское дно испещрено огромными кратерами (более 100), достигающими 1 км в диаметре и 30 м в глубину (рис. 1). Многочисленные потоки пузырькового метана берут начало как из кратеров, так и из окружающего их дна (рис. 2). На 3D-сейсмических данных прослеживается система раз-



— Кратеры на дне трого Бьернойренна. Расположение районов исследований (а), рельеф дна по данным многолучевого эхолота (б)

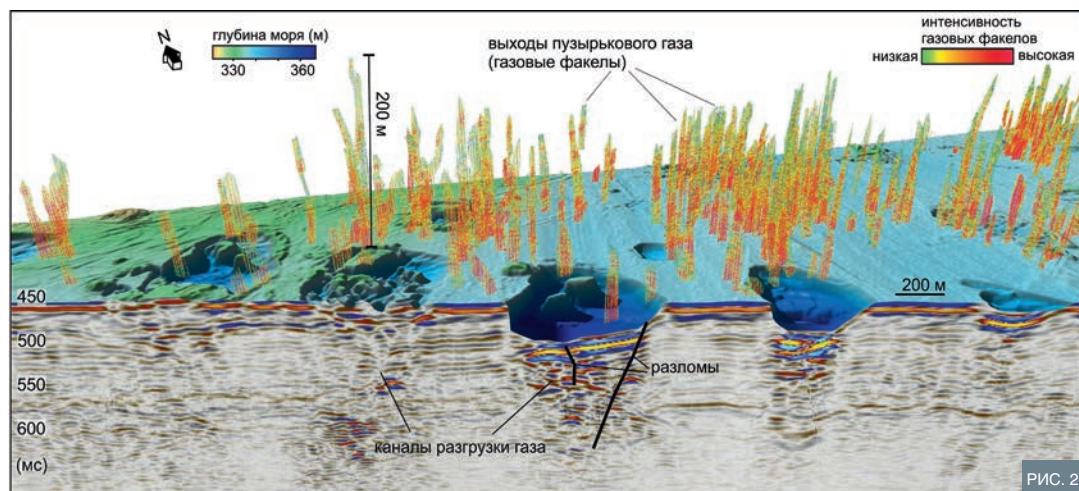
ломов, подводящих к местам выхода газа. Кратеры — структуры уникальные и пока не объясненные. Немаловажно, что они выработаны в твердых коренных породах, крайне непохожих на типично мягкое илистое морское дно. 24 тыс. лет назад современное Баренцево море было покрыто сплошным ледниковым покровом. Баренцевоморский ледниковый покров находился в постоянном движении, аналогично современным ледникам. По мере движения льда из центральной части баренцевоморского шельфа к его периферии замороженные в подошву ледника обломки пород соскребали рыхлый осадочный чехол, обнажая более прочные триасовые коренные осадочные породы. Именно эти породы, локально покрытые тонким (до 0,5 м) слоем морских осадков, отложившихся после таяния ледника, и формируют сегодняшнее морское дно. Во время последнего оледенения под воздействием давления ледника и низкой температуры его подошвы в подстилающих горных породах могла сформироваться зона стабильности газовых гидратов. Последующее таяние баренцевоморского ледника сняло огромную долю давления с морского дна и могло привести к масштабному разложению гидратов. Возник вопрос, не являются ли кратеры последствиями полного или частичного разложения газовых гидратов, ранее образованных и законсервированных под ледниковым покровом.

### Моделирование ледникового покрова и газовых гидратов

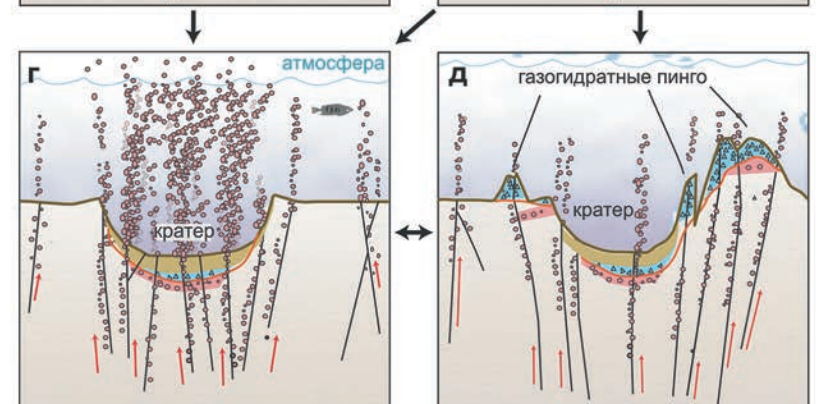
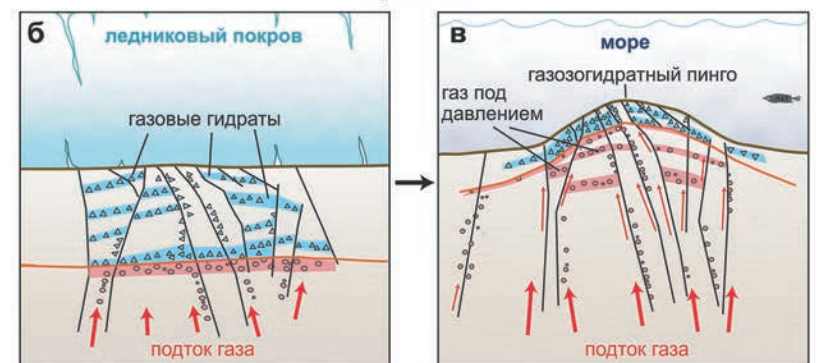
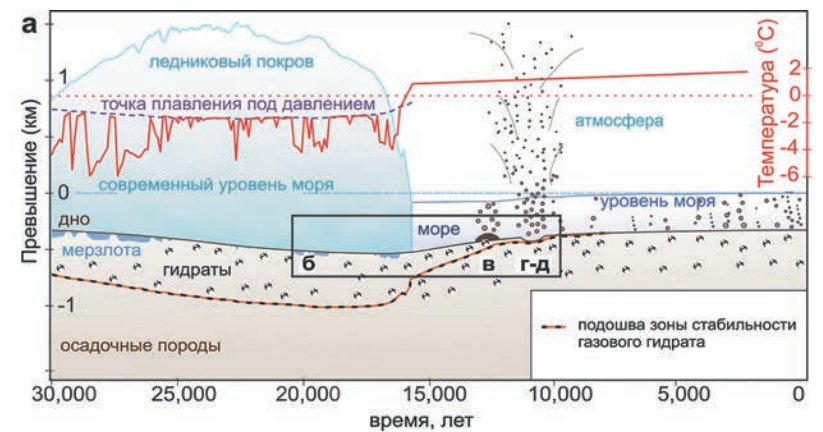
Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо понять, как долго ледник покрывал шельф, какова его мощность, температура подошвы, как изменялась глубина и температура моря после оледенения. Затем необходимо рассчитать изменение толщины зоны стабильности газовых гидратов на протяжении 35 тыс. лет, напрямую зависящей от вышеупомянутых параметров. Для этого мы совместили две численные модели — модель эволюции ледника [Patton et al., 2017], опирающуюся на натурные данные об изостатическом прогибании земной коры и палеоклиматические данные, и модель зоны стабильности газовых гидратов, основанную на расчете теплопереноса и свободной энергии Гиббса. Расчеты показали, что ледник толщиной до 2 км покрывал дно Бьернойренны начиная минимум с 30 тыс. и до 16 тыс. лет назад. Это действительно сформировало зону стабильности газовых гидратов мощностью до 440 м (рисунок 3а). Ледниковый покров в районе, где сейчас располагаются кратеры, исчез примерно 16 тыс. лет назад, ознаменовав резкий переход к морским условиям с более высокой температурой на дне и меньшим давлением водной толщи, едва достигавшей 300 м. Изменение термобарических условий вызвало деградацию зоны стабильности газовых гидратов за счет постепенного поднятия ее

— Модель формирования подводных кратеров: а — изменение толщины ледникового покрова и зоны стабильности газовых гидратов; б — образование газовых гидратов под ледником; в — рост газогидратного пинго в морских условиях; г — прорыв приповерхностных слоев под воздействием аномально высокого пластового давления; е — остаточное выделение метана

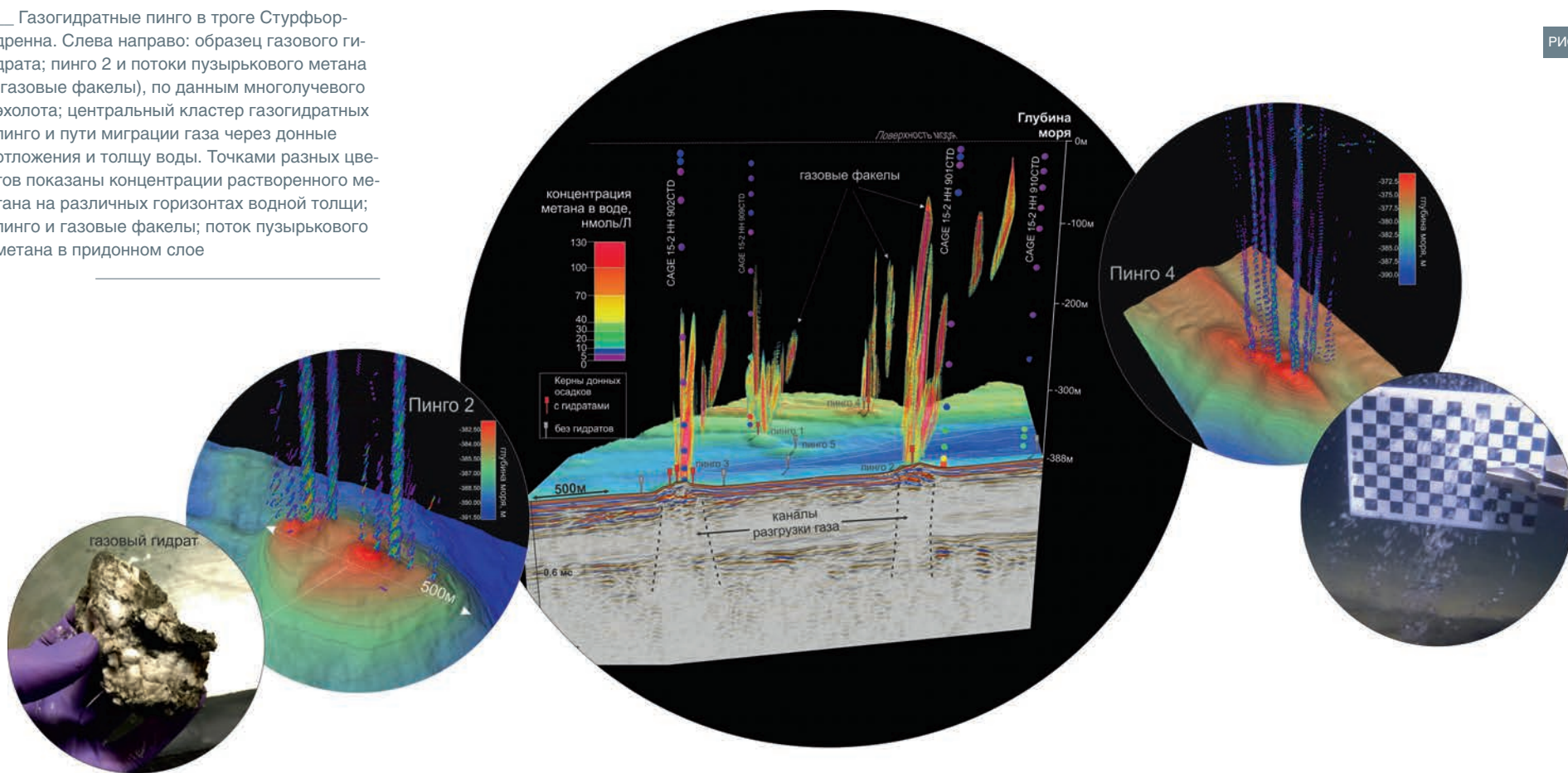
— Выделения пузырькового газа (газовые факелы) и система подводящих разломов в трого Бьернойренна



Таяние баренцевоморского ледника сняло огромную долю давления с морского дна и могло привести к масштабному разложению гидратов



— Газогидратные пинго в трогe Стурфьордренна. Слева направо: образец газового гидрата; пинго 2 и потоки пузырькового метана (газовые факелы), по данным многолучевого эхолота; центральный кластер газогидратных пинго и пути миграции газа через донные отложения и толщу воды. Точками разных цветов показаны концентрации растворенного метана на различных горизонтах водной толщи; пинго и газовые факелы; поток пузырькового метана в придонном слое



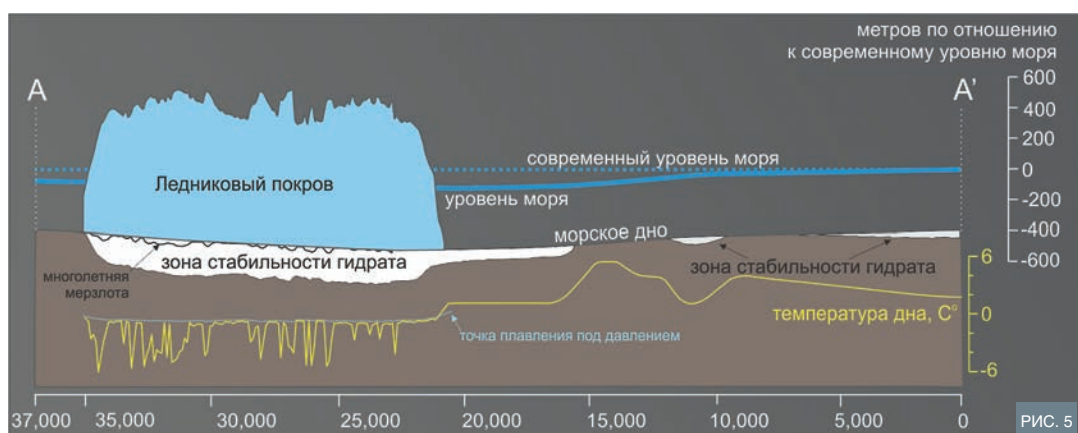
нижней границы. Высвободившийся у подошвы зоны стабильности газ скапливался под тончающим слоем газовых гидратов. Метан мог частично проникать в оставшуюся зону стабильности, подпитывая гидратообразование в приповерхностных слоях. Таким образом, вблизи верхней границы зоны стабильности содержание гидратов увеличивалось за счет метана, высвободившегося при их деградации на глубине. Увеличение объема в связи с образованием новых гидратов и напором свободного газа, скапливавшегося под гидратным слоем, могло вызвать вспучивание морского дна и образование газогидратных пинго — холмов, состоящих из отложений с высоким содержанием газового гидрата [Paull et al., 2007; Serie et al., 2012]. Достигнув критического уровня, давление газа под постоянно утончающейся покрывкой газовых гидратов могло вызвать разрыв перекрывающих пластов и обширный выброс метана (рис. 3 г и 3 д). Разрушенные породы дна размывались под воздействием придонных течений и оформляли современные очертания кратеров.

Наша концептуальная модель формирования кратеров могла иметь место в пределах относительно узкого временного интервала — между исчезновением ледникового покрова 16 тыс. лет назад и значительным сокращением зоны стабильности газовых гидратов 11 тыс. лет назад (рис. 3). Наличие в кратерах следов волочения айсбергов, которые откалывались от отступающего ледникового покрова 15 000–11 600 лет назад [Andreassen et al., 2014], подтверждает наши временные оценки.

### Газогидратные пинго в трогe Стурфьордренна

В 400 км к северо-западу на глубине около 380 м мы обнаружили группу структур, на первый взгляд совсем не связанных с кратерами. Специфические холмы на морском дне, каждый из которых венчается исключительно интенсивными струями пузырей метана, оказались насыщены газовыми гидратами (рис. 4). Любопытно, что мы не нашли газовых гидратов в осадках окружающего дна — исключительно в пределах холмов. Холмы, достигающие 500 м в диаметре и 10 м в высоту (рис. 4), определенно являются газогидратными пинго, аналогичными тем, что, вероятно, предшествовали обра-

— Изменения мощности ледникового покрова и зоны стабильности газовых гидратов в Стурфьордренне на протяжении последнего ледникового цикла



## При отступании ледниковых покровов драматические изменения температуры и давления могут вызывать обширные и непредвиденные выбросы метана

зованию кратеров в трогe Бьернойренна.

Применив нашу двоянную модель эволюции ледникового покрова и зоны стабильности газовых гидратов, мы выяснили, что аналогично кратерам, территория, где сейчас расположены пинго, во время последнего ледникового максимума была покрыта ледником (рис. 5). Эта часть Стурфьордренны лишилась ледникового покрова уже 21 тыс. лет назад, после чего реликтовая зона стабильности гидратов просуществовала еще около 6 тыс. лет. Мы предполагаем, что эволюция слоя газовых гидратов по сценарию, приведенному для Бьернойренны, привела к формированию газогидратных пинго в Стурфьордренне.

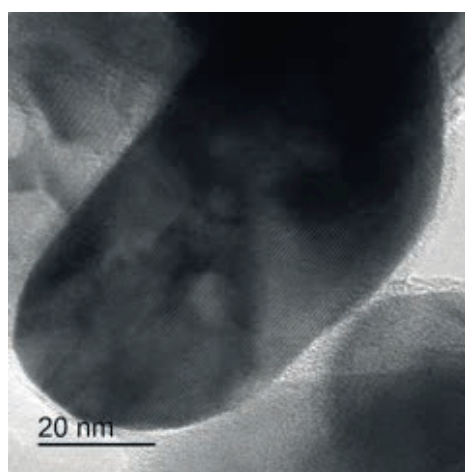
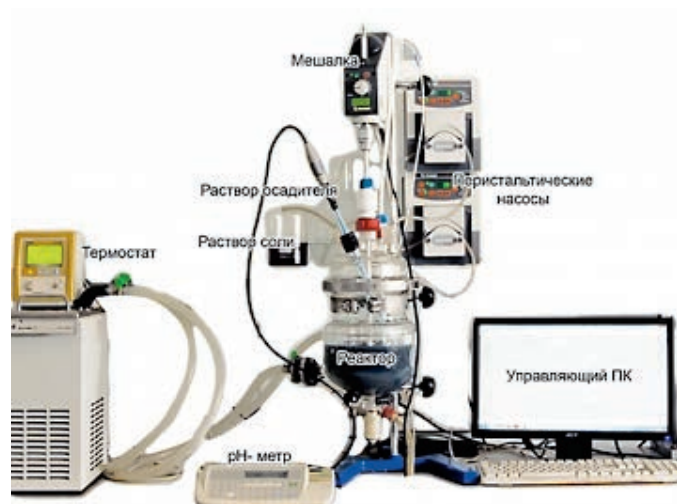
Таким образом, мы обнаружили существующие активные газогидратные пинго, аналогичные тем, что, как мы полагаем, предшествовали кратерам в Бьернойренне. Основной причиной, почему пинго до сих пор не коллапсировали, является большая глубина моря (380 м в Стурфьордренне и всего 330 м в Бьернойренне), что на протяжении постледниковья затормаживало разложение гидратов. Кроме того, периодические понижения температуры придонных вод в Стурфьордренне вызвали появления зоны стабильности гидратов и в постледниковье (рис. 5). Гидраты в пинго стабильны и сейчас. Более того, наблюдаемые сегодня пинго расположены в районе с большей мощностью рыхлых отложений, подверженных пластической деформации. Кратеры же, напротив, находятся в твердых породах, крайне подверженных хрупкой деформации и растрескиванию. Вероятно, различия физико-географических и литологических условий привело к тому, что метановая система в Стурфьордренне находится на более ранней стадии пинго, в то время как в Бьернойренне пинго уже коллапсировали и образовали кратеры.

Наши исследования — важный шаг к пониманию процессов консервации и выбросов метана, контролируемых ледниковыми циклами. При отступании ледниковых покровов драматические изменения температуры и давления могут вызывать обширные и непредвиденные выбросы метана. Многие участки арктического шельфа были покрыты ледниками и содержат огромное количество углеводородов (в том числе метана) — их вклад в атмосферный бюджет парниковых газов может быть недооценен. Предложенный нами сценарий может быть актуальным в связи с продолжающимся активным сокращением ледниковых покровов Гренландии и Антарктиды.

ПАВЕЛ СЕРОВ, Арктический университет Норвегии в Тромсё, выпускник геологического факультета Санкт-Петербургского университета

# ЧЕМ МЕЛЬЧЕ ЧАСТИЦЫ, ТЕМ ЛУЧШЕ ФИЛЬТР

Солнцезащитные кремы и светостабилизаторы можно создавать с применением нано-, а не микрочастиц оксидов металлов. Уменьшение размеров частиц, как установили ученые НИТУ МИСиС, улучшает солнцезащитные свойства материала.



Ультрафиолетовое излучение в зависимости от длины волны может вызывать повреждения кожи, в том числе приводить к перерождению клеток в раковые, это ведущий фактор риска меланомы. Наиболее опасным считается излучение в диапазоне 305–320 нм (ультрафиолет типа В). Разрушающе действует УФ-излучение и на полимеры.

Для защиты от УФ-излучения и в солнцезащитных кремах, и в УФ-стабилизаторах для полимеров используются различные дисперсные наполнители — диоксид титана и оксид цинка: УФ-излучение возбуждает электроны их атомной структуры и поглощается. Порошок оксида цинка с размером частиц 0,5–20 мкм входит в состав большинства кремов и стабилизаторов, но такие УФ-фильтры окрашивают крем или полимерное изделие в белый цвет, что нежелательно, если необходимо исходный цвет или прозрачность изделия нужно сохранить.

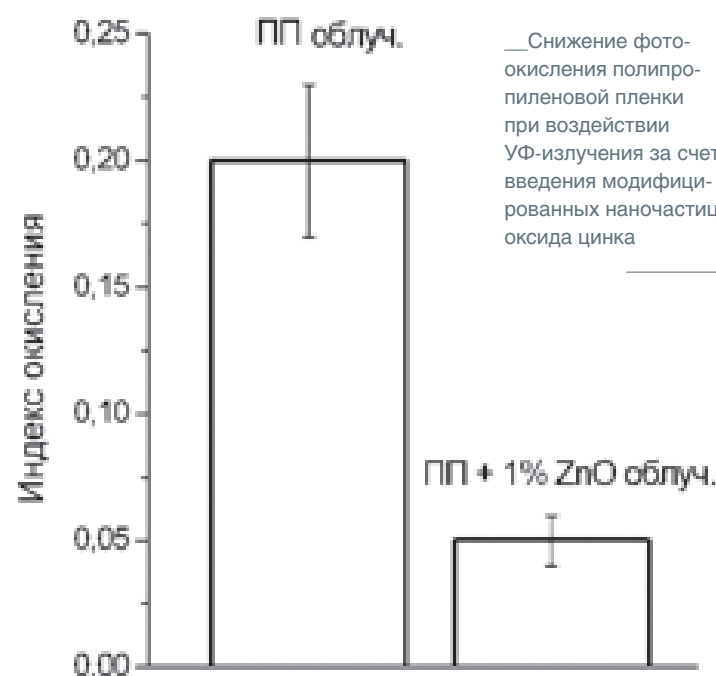
Замена микрочастиц на наночастицы позволяет сохранить солнцезащитные свойства и существенно уменьшить содержание светостабилизаторов. Остается спорным вопрос безопасности наночастиц в кремах — из-за их способности проникать в организм. Большинство исследователей считает, что наночастицы не проникают в здоровую неповрежденную кожу.

Оптические свойства дисперсных систем зависят от того, как частицы поглощают и рассеивают свет. Изменение размера или химического состава частиц может менять ширину запрещенной зоны, а значит, и спектральных характеристик. Размер частиц будет также влиять на величину поглощения и пропускания волн различной длины. Следовательно, для получения стабильных оптических свойств светостабилизатора необходимы тонкий контроль за морфологией и распределением частиц по размерам и предотвращение их агрегации.

Одна из основных проблем разработки таких дисперсных материалов — управление их оптическими свойствами, в том числе в процессе их синтеза. Обычно при создании нанодисперсных светостабилизаторов на основе наночастиц оксидов металлов применяют физические методы — испарение-конденсацию, плазменный или импульсно-дуговой синтез. Более перспективным

Лабораторный модуль для проведения химического синтеза различных типов дисперсных наноматериалов

Микрофотография единичной наночастицы оксида цинка



Внешний вид дисперсий оксида цинка в воде, содержащих немодифицированные (слева) и модифицированные (справа) нанопорошки

выглядят химический метод — синтез наночастиц в растворах, он позволяет модифицировать поверхность наночастиц, варьируя параметры химических реакций в процессе синтеза.

На кафедре функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСиС синтезированы наноразмерные частицы оксида цинка с модифицированной силансодержащими соединениями поверхностью, которые можно использовать и как УФ-фильтры в солнцезащитных кремах, и как светостабилизаторы в полимерных изделиях. Размер наночастиц может варьироваться от 25 до 90 нм.

Дисперсии на основе синтезированных наночастиц оксида цинка с модифицированной поверхностью демонстрировали полное поглощение ультрафиолета типа В — и одновременно увеличивали пропускание света в видимом диапазоне (400–750 нм) на 30–85%, на 15% лучше, чем позволяют немодифицированные УФ-фильтры. Ученые из НИТУ МИСиС вместе с коллегами из Российского онкологического научного центра им. Н.Н. Блохина в опытах *in vitro* показали, что синтезированные наночастицы не гемотоксичны — это важно для оценки влияния наночастиц на организм человека при их проникновении через кожу.

Полученные наночастицы были также добавлены в полипропиленовые пленки. Оказалось, что наночастицы ZnO играют важную роль в стабилизации молекул полипропилена и задерживают процесс фотодegradации, служа экранирующими агентами. Доминирующий механизм экранирования — поглощение УФ-излучения наночастицами оксида цинка. Анализ оптических свойств пленок из полипропилена с добавленными частицами оксида цинка показал, что такие пленки поглощают до 100% УФ-излучения и одновременно пропускают видимую часть света, что позволяет сохранять прозрачность пленок.

Такие материалы могут использоваться при изготовлении прозрачных пищевых контейнеров, пленок или в облицовочных панелях конструкций, устанавливаемых под открытым небом. Модифицирование поверхности наночастиц позволит снизить количество добавляемого УФ-фильтра в пять-десять раз, что влечет за собой положительный экономический эффект.

СВЕТЛАНА СЕНАТОВА,  
кандидат химических наук, научный сотрудник НИТУ МИСиС

Замена микрочастиц на наночастицы позволяет сохранить солнцезащитные свойства и существенно уменьшить содержание светостабилизаторов

# НА ПЕРЕЛОМЕ ДЛИННОЙ ВОЛНЫ

Мир проходит очередной этап экономического переустройства.

Кризис модели глобального неолиберального капитализма — вызов для России.

В экспертных дискуссиях все активнее звучат аргументы о необходимости и возможности технологического рывка России при глобальном переходе к новому технологическому укладу, связанному с «цифровой экономикой». Эти аргументы восходят к теории российского экономиста Николая Кондратьева: в 1920-е годы он предположил, что наряду с конъюнктурными 10-летними существуют и более длинные 50–60-летние экономические циклы, которые предопределяются фундаментальными технологическими изменениями. Позднее Йозеф Шумпетер назвал эти циклы кондратьевскими волнами.

Кондратьев и Шумпетер выделяли три таких волны — первая, 1780–1840 годов, связана с использованием угля и паровых двигателей, вторая, 1840–1890 годов, опиралась на развитие железных дорог, а третья, 1890–1940 годов, определило электричество. В более поздних исследованиях выделялись четвертая волна (1940–1980 годы) — «век электроники и микроэлектроники» и пятая волна (после 1980 года) — внедрение информационных технологий и телекоммуникаций. Многие эксперты, в частности, известный словацкий политолог Даниэль Шмихула, говорят, что мир проходит последние стадии этой волны и что в дальнейшем с ускорением внедрения инноваций временные рамки «кондратьевских волн» могут сжаться до 25–30 лет.

На мой взгляд, мы действительно находимся сейчас на изломе «длинной волны», но определяется он не только изменениями в технологиях, но и в не меньшей (а возможно, даже в большей) степени состоянием общественных институтов — от доминирующих форм экономической организации и механизмов государственного управления до системы ценностей и идеологии. Последние 30 лет мы жили в условиях глобального доминирования либеральной идеологии — что предопределялось поражением Советского Союза в холодной войне и исчезновением планового хозяйства как альтернативы рыночной экономике. С начала 1990-х годов рынок стал основой для ведения экономической деятельности в мире (за исключением Кубы и Северной Кореи). Большинство стран перешли к демократии — по крайней мере, по форме. Модель либеральной демократии, сложившаяся в Европе и США, воспринималась элитами развивающихся стран как очевидный образец для подражания. Известный американский философ и политолог Фрэнсис Фукуяма писал в этой связи о «конце истории» — имея в виду, что вместо борьбы идеологий движущими факторами развития станут экономический расчет, забота об экологии и удовлетворение изощренных запросов потребителя.

Радикальное устранение барьеров для торговли товарами и услугами, внедрение новых, распределенных в пространстве форм организации производства с помощью информационных технологий позволили включить в глобальный рынок новые страны — прежде всего Китай и государства бывшего СССР — и новые ресурсы в виде дешевой рабочей силы и запасов полезных ископаемых. Все это дало импульс устойчивому экономическому росту, который продолжался почти 20 лет. На базе МВФ, Всемирного банка, WTO, регулярных встреч стран «семерки» (а с присоединением России — «восьмерки») стала выстраиваться архитектура глобального управления, подкреплявшая ощущение всеобщей победы идей либеральной демократии.

Но у глобализации и либерализации были как выигравшие, так и проигравшие. Среди выигравших в первую очередь — политические и бизнес-элиты развитых стран, продвигавшие саму идею глобализации и получавшие значимые ренты от управления глобальными цепочками создания стоимости, а также их партнеры в развивающихся странах. К числу выигравших можно также отнести представителей возникающего среднего класса в Китае, Индии и других странах «третьего мира», куда в 1980–90-е годы переносились производственные мощности из развитых экономик. Их средние доходы вырос-

КОНДРАТЬЕВСКИЕ ВОЛНЫ ПО КРИСТОФЕРУ ФРИМЕНУ

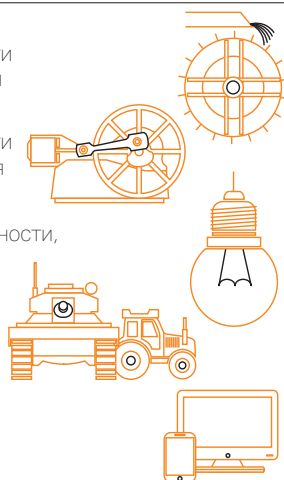
Механизация промышленности на основе водяного двигателя

Механизация промышленности на основе парового двигателя

Электрификация промышленности, транспорта и домохозяйств

Моторизация транспорта, экономики и армии

Компьютеризация экономики



1780–1848

1848–1895

1895–1940

1941–1973

1973 —

развитых стран за тот же период составил лишь несколько процентов. Если взять за 100% весь выигрыш в глобальном доходе в эти годы и оценить его распределение между богатыми и бедными социальными группами, то окажется, что 44% совокупного выигрыша получили 5% наиболее богатых людей, а 19% приходится на богатейший 1%, из которого больше половины, или 36 млн человек, — американцы.

Поляризация до определенного момента не порождала острого социального напряжения. С одной стороны, различия в уровне потребления в развитых странах сглаживало бурное развитие потребительского кредитования: средний класс финансировал текущее потребление за счет будущих доходов. С другой стороны, доминирование в массовом сознании либеральных идей и устойчивый экономический рост создавали ощущение, что у каждого есть шанс, надо лишь приложить усилия.

Глобальный кризис 2008–2009 года стал поворотной точкой в восприятии модели либерального миропорядка. Реакция на кризис во всех странах свелась к вливанию денег в экономику. Общей целью было поддержание стабильности, благодаря чему мы пережили «глобальную рецессию» вместо «глобальной депрессии». Но не произошло реальных изменений в общей модели экономической жизни — хотя кризис выявил ее явные дефекты, обусловленные, в частности, уклонением транснациональных компаний от налогообложения и иного национального регулирования. Осознание этих дефектов и связанных с ними рисков привело к изменению ожиданий и настроений экономических агентов, многие из которых в условиях возросшей неопределенности стали воздерживаться от инвестиций в новые проекты, что, в свою очередь, выразилось в заметном замедлении роста после кризиса.

Замедление это имело политические последствия. Представители неэлитных групп, считывавшие прежде на «свой шанс», начали сознавать, что их ожидания были иллюзией. Стало нарастать социальное напряжение, проявившееся в разных формах — от массовых политических протестов и свержения авторитарных режимов в арабских странах в 2011 году до Brexit и победы Трампа на выборах президента США в 2016 году. В развивающихся

странах все большее влияние приобретают радикальные экстремистские движения. В развитых странах — всплеск популярности «новых лидеров», выступающих за «восстановление границ» в торговле и миграции и возврат к «традиционным ценностям». Таким образом, несмотря на рост благосостояния почти во всех странах мира в 1990–2000-е годы, абсолютное сокращение бедности, доступность новых технологий для миллиардов сегодняшних мир не кажется ни стабильным, ни спокойным, как еще десять лет назад.

Все это позволяет говорить о кризисе модели глобального неолиберального капитализма. Где выход из кризиса и что может прийти на смену прежней модели? Для ответа на этот вопрос стоит обратиться к истории. Конкуренция и экспансия капитала на новые рынки, бурное развитие технологий и экономический рост, рост неравенства, но и новые возможности, движе-

Мы действительно находимся сейчас на изломе «длинной волны», но определяется он не только изменениями в технологиях, но и в не меньшей (а возможно, даже в большей) степени состоянием общественных институтов — от доминирующих форм экономической организации и механизмов государственного управления до системы ценностей и идеологии



ние от авторитарных режимов к свободе и демократии — характеристики не только последних 30 лет, но и конца XIX — начала XX века.

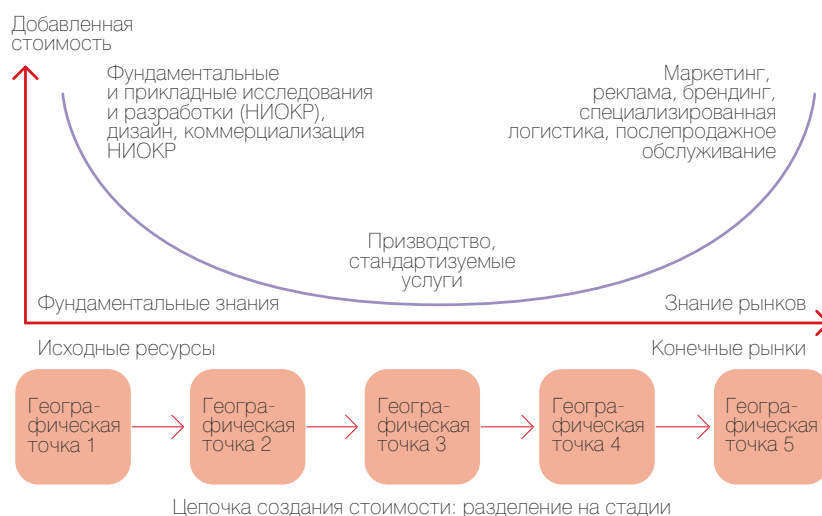
Либеральный капитализм тогда опирался на идеи свободной конкуренции в экономике и демократии в политике. Но рыночная конкуренция несла в себе свое отрицание — любая фирма стремилась к монопольным позициям. Инструментом достижения этой цели, с одной стороны, были новые технологии и инвестиции, а с другой — вытеснение конкурентов и обеспечение доступа к сырью и рабочей силе с помощью «административного ресурса». По мере концентрации собственности и капитала в пределах национальных государств происходило все большее подчинение политики интересам крупного бизнеса, что находило свое выражение в борьбе за колонии и жестком подавлении рабочего движения. Следствием этого было усиление социального неравенства и рост популярности социалистических идей.

Чтобы элиты развитых стран начали реагировать на эти вызовы, потребовались две катастрофы — Первая мировая война и Великая депрессия 1929–1933 годов. Они привели к появлению альтернативных моделей общества, которые прямо противостояли идеологии либеральной демократии — в лице «диктатуры пролетариата» и плановой экономики в СССР и фашизма в Италии и Германии. При очевидных идеологических различиях между СССР и нацистской Германией их экономическая политика имела общие черты: активное вмешательство государства в экономику, социальные гарантии широким массам. По тому же пути фактически пошел и Франклин Делано Рузвельт, ставший президентом США в разгар Великой депрессии в 1932 году. Его «новый курс» включал регулирование зарплат и занятости и рост госрасходов (в том числе на развитие инфраструктуры), что в соответствии с идеями знаменитого британского экономиста Джона Мейнарда Кейнса должно было привести к восстановлению спроса. Важными компонентами «нового курса» стало регулирование банков и ограничение деятельности монополий, введение прогрессивных налогов на доходы, развитие социальных программ. Схожая политика в этот период проводилась и в странах Западной Европы — от Швеции до Великобритании.

По сути все это означало реакцию лидеров развитых капиталистических стран на идущий от масс запрос на социальную справедливость — что в политике позволило им удержать общество от движения к авторитарному и тоталитарному правлению, а в экономике в дальнейшем создало предпосылки для перехода к модели «государства всеобщего благосостояния». Развитие антимонопольного регулирования в послевоенный период ограничило для крупных компаний возможности манипулирования ценами и продажами на национальных рынках — но национальные правительства поддерживали их активность на внешних рынках, где сохранялась конкуренция, дававшая стимулы к повышению эффективности и внедрению инноваций. Высокие налоги дали базу для государственных расходов на военные нужды, науку, образование, которые стимулировали научно-технический прогресс.

Стоит подчеркнуть: в СССР при другой идеологии и плановой экономике шли схожие процессы. Плановое хозяйство было не способно обеспечить должные стимулы к снижению издержек и инновациям на уровне предприятий, что в конечном счете предопределило проигрыш СССР в экономической конкуренции с Западом. Однако до 1960-х годов преимущества рынка над плановой экономикой были неочевидны.

Все эти сходства позволяют говорить об общемировом тренде «прихода государства в экономику» в 1930–1960-е годы в ответ на провалы рынка и политические катаклизмы при либеральном капитализме конца XIX — начала XX века. Результатом этих сдвигов к социализму в одних странах и разным формам госкапитализма в других стал бурный экономический рост и социальная динамика в 1950–1960-е годы во всем мире. Однако уже к середине 1960-х годов появились признаки исчерпания потенциала модели развития «с опорой на государство».



## РЕНТЫ ОТ ГЛОБАЛИЗАЦИИ И ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

В начале и середине XX века все стадии массового производства были сконцентрированы в развитых странах. Здесь же происходил сбыт продукции, основным потребителем которой с середины XX века выступал массовый средний класс. Из колоний (которые после Второй мировой войны приобрели независимость) поступало лишь сырье. В последние 30 лет либерализация внешней торговли, развитие информационных технологий, снижение транспортных издержек и открытие рынков для иностранных инвесторов изменили эту привычную структуру. Цепочки по-прежнему находятся под управлением компаний из развитых стран и главными рынками сбыта по-прежнему остаются страны «золотого миллиарда». Однако процесс создания стоимости, осуществлявшийся прежде в рамках одной компании, теперь распадается на самостоятельные функциональные стадии — от НИОКР и дизайна до собственно производства, логистики, маркетинга, рекламы и розничных продаж. Каждая из них может быть представлена независимыми фирмами, которые находятся в разных странах мира и работают на разных заказчиков (см. график Andreas Wieland, <https://scmresearch.org/2015/07/04/the-smile-of-value-creation>). Такая структура повышает гибкость всей цепочки и ее эффективность — так как каждую функцию теперь можно отдать наиболее конкурентоспособному исполнителю. В результате потребитель получает товар по более низкой цене, а фирмы, включенные в цепочку, — большую прибыль или ренту. Однако в силу разной интенсивности конкуренции эта рента неравномерно распределяется по стадиям внутри цепочки. Ее доля выше на начальных и конечных стадиях, которые, как правило, представлены фирмами из развитых стран. Наиболее существенную долю ренты обеспечивает функция по координации взаимодействия отдельных звеньев цепочки. Ее тоже обычно выполняют транснациональные компании из США, Европы или Японии. Напротив, фирмы из развивающихся стран в основном задействованы на стадии производства и оказания стандартных услуг, где высок уровень конкуренции и ниже доля добавленной стоимости. В итоге большая часть выигрышей или рент от новой, распределенной в пространстве организации производственных процессов на глобальных рынках достается компаниям из развитых стран.

Итак, за сто лет мир прошел два цикла в трансформации моделей экономической организации общества — от господства свободного рынка к доминированию государства и обратно к либеральному устройству экономики. Для каждого из этих циклов было характерно преобладание определенной идеологии в интеллектуальной среде и в массовом сознании — с акцентом на социальную справедливость в первом случае и на свободу во втором. Запрос на социальную справедливость (и его обоснования в теории и политике) возник как ответ на крайне высокий уровень неравенства конца XIX — начала XX века. Запрос на свободу был порожден избыточным вмешательством государства в общественные и экономические отношения в период после Второй мировой войны.

Неопределенность в экономике, терроризм и политическая нестабильность, подъем национализма и все новые вооруженные конфликты свидетельствуют, что модель глобального нелиберального капитализма подошла к исчерпанию своих возможностей. Что удерживает ее от распада? Прежде всего, высокая степень экономической и финансовой взаимозависимости стран, результат глобализации. Если обособление национальных экономик и возможно, то лишь в средне- и долгосрочной перспективе. Другие сдерживающие факторы — обеспечение коллективной безопасности в противостоянии террористическим угрозам и контроль экологических рисков.

«Новые лидеры» (от Виктора Орбана в Венгрии до Дональда Трампа в США и от Реджепа Тайипа

Представители неэлитных групп начали сознавать, что их ожидания были иллюзией. Стало нарастать социальное напряжение, проявившееся в разных формах — от массовых политических протестов и свержения авторитарных режимов в арабских странах до Brexit и победы Трампа на выборах президента США

Эрдогана в Турции до Нарендры Модии в Индии), пришедшие к власти под националистическими и популистскими лозунгами и выступающие против неоллиберальной модели, не предлагают реальных альтернатив. Более того, по оценкам экспертов, предложенные ими меры приведут лишь к усилению накопленных диспропорций и противоречий — и этим лидерам, не ответившим на запрос масс и не выполнившим обещаний, придется переключать ответственность на внутренних и внешних врагов, что вызовет внутренние конфликты и геополитическую напряженность.

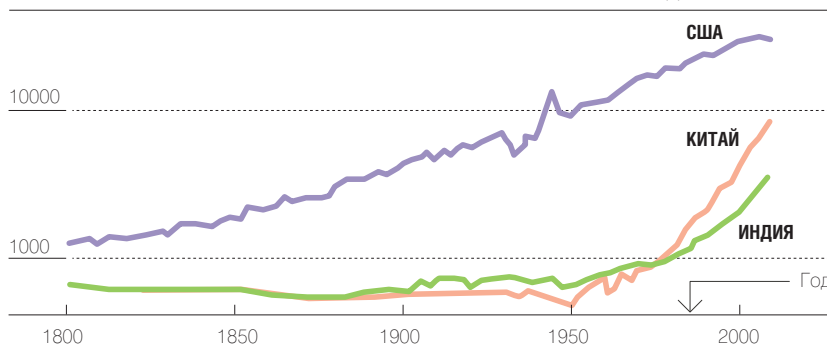
Тем не менее есть две альтернативы современной модели глобального капитализма. Первая — идеологическая. Это государство по шариату: социальная справедливость на принципах ислама. Понимание этой альтернативы дает опыт развития Ирана после исламской революции 1979 года. Несмотря на экономические санкции США в течение почти 40 лет, несмотря на кровопролитную многолетнюю войну с Ираком (погибли от 400 до 800 тыс. человек из 40 млн населения страны) Иран смог сохранить независимость. Его политическая система, сформированная исламскими богословами, оказалась устойчива к внешним и внутренним шокам — в том числе благодаря перераспределению доходов и мерам социальной поддержки, которые адресованы широким народным массам. Однако эта модель оказалась не способна к экономическому воспроизводству — в Иране практически отсутствуют инвестиции: экономика до сих пор функционирует за счет инфраструктуры, построенной еще во времена шаха.

Поэтому более реальна другая альтернатива — технологическая, связанная с «цифровой экономикой» и четвертой промышленной революцией. Непрерывные инновации в ИТ дают все новых игроков, все новые формы организации бизнеса, новые «сетевые» формы коммуникации; размываются границы компаний и национальные. Одновременно растет роль городских агломераций как центров экономической активности. Эти сдвиги дают большие возможности, но они же порождают большие риски. Смена технологического уклада, представляющая угрозу для существующих игроков и для сложившихся организаций, скорее всего, будет вести к сопротивлению с их стороны — с использованием как экономических, так и политических, и «силовых» рычагов. Важная особенность этой альтернативы — объективно она дает больше возможностей для развитых стран с их емкими рынками и более сложной правовой, экономической и технической инфраструктурой. Готовность новых игроков как-либо делиться выигрышами вызывает большие сомнения, а это означает новое усиление поляризации между богатыми и бедными странами.

Базой для сокращения разрыва между развитым Севером и развивающимся Югом могло бы стать массовое производство — если оно начнет ориентироваться не на спрос из стран «золотого миллиарда», а на потребности среднего класса развивающихся стран. Как было показано еще в классической работе Piore & Sabel (1984), массовое производство, обеспечивающее существенное снижение издержек, но требующее очень больших единовременных капиталовложений, может устойчиво функционировать только при наличии стабильного массового платежеспособного спроса. В США в 1930–50-е годы такой спрос был сформирован путем регулирования заработной платы в частном секторе, роста расходов в бюджетной сфере, введения пособий по безработице и других социальных программ, которые финансировались за счет госдолга и повышения налогов.

Применительно к современным развивающимся странам такой подход к созданию широкого среднего класса, предъявляющего платежеспособный спрос на стандартные товары массового производства, реализовать существенно сложнее. Причина — иной механизм распределения рента, генерируемых массовым производством. В США и Европе в начале и середине XX века эти ренты аккумулировались национальными компаниями, которые попадали под регулирование национальных правительств — а значит, могли быть изъяты и перераспределены через налоги на прибыль корпораций или прогрессивные ставки налогообложения личных

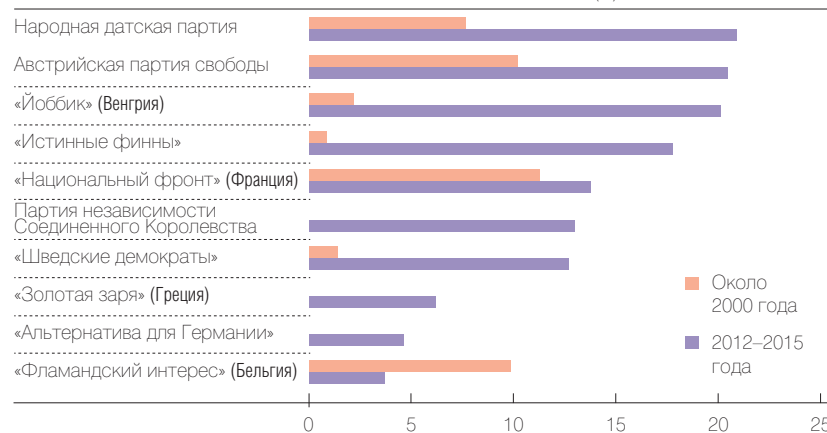
ВВП НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ В США, КИТАЕ И ИНДИИ В 1820–2010 ГОДАХ (\$)



ПАДЕНИЕ ДОЛИ СРЕДНЕГО КЛАССА В НАСЕЛЕНИИ В НЕКОТОРЫХ ЗАПАДНЫХ ДЕМОКРАТИЯХ МЕЖДУ 1980-МИ И 2010 ГОДАМИ (%)



ДОЛЯ ГОЛОСОВ, ПОЛУЧЕННАЯ НА ВЫБОРАХ В ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ОРГАНЫ ВЛАСТИ РАЗЛИЧНЫМИ ЕВРОПЕЙСКИМИ ПОПУЛИСТСКИМИ ПАРТИЯМИ (%)



Источник: Бранко Миланович. Глобальное неравенство. Новый подход для эпохи глобализации. М., Изд-во Института Гайдара, 2017, с. 179, 263, 279

кооперации. Как показывает история, без сильнейших потрясений элиты не идут на изменение сложившегося порядка — похоже, такие потрясения еще предстоят.

Но сами по себе будущие катаклизмы не дадут отрезвляющего и оздоровляющего эффекта, если не придут новые лидеры, и их личности будут иметь огромное значение. А это значит, что компромиссы станут возможны, если в одно и то же время к власти в наиболее крупных странах мира придут люди, способные вести диалог друг с другом и при необходимости противостоять частным интересам своих национальных элит.

Каковы будут роль и место России в этих процессах? У меня нет ответа на этот вопрос. После неудавшихся экспериментов с построением «либеральной демократии» в 1990-е годы и «госкапитализма с корейским лицом» в 2000-е российская элита утратила внятное видение будущего и строит политику на апелляциях к великой истории России. Но без видения будущего и без новой модели развития, с которой согласны основные группы российского общества, попытки «технологического скачка», о которых говорилось в начале статьи, не дадут желаемого эффекта.

И последнее. В человеческой истории от многих великих цивилизаций, которые на определенной стадии не смогли разрешить внутренних конфликтов и противоречий, остались лишь руины. А история продолжалась — поскольку

рядом существовали другие общества, оказавшиеся более конкурентоспособными. Радикальное отличие сегодняшнего мира в том, что глобализация сделала его взаимосвязанным и единым — и если при развитии катастрофических сценариев (в логике «черного лебедя» Нассима Талеба) лидеры ведущих стран не смогут договориться друг с другом, мы можем действительно прийти к концу истории, и от миропорядка останутся лишь глобальные руины.

АНДРЕЙ ЯКОВЛЕВ,  
кандидат экономических наук,  
директор Института анализа предприятий  
и рынков Высшей школы экономики

Компромиссы станут возможны, если в одно и то же время к власти в наиболее крупных странах мира придут люди, способные вести диалог друг с другом и при необходимости противостоять частным интересам своих национальных элит

# О «ЧЕРНЫХ ЛЕБЕДЯХ» И ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ОШИБКАХ

Если посмотреть на самые заметные «случайности» недавней истории — финансовый кризис 2007-2008 годов, банкротство банка Lehman Brothers, на пресловутый Brexit, на избрание Дональда Трампа президентом США, придется поверить Нассиму Талебу, автору книги о «черных лебедях», что случайность правит миром. Но хочется с этим поспорить.

Так ли уж случайны случайные события? Может, что-то мешает определить закономерности в потоке фактов, событий, информации? Возможно, сталкиваясь со случайным, мы сталкиваемся с результатом наших собственных ошибок, заблуждений, с тенденциозностью? Заглянем в себя: мы часто впадаем в душевные состояния, которые мешают трезво оценивать происходящее и замечать признаки перемен. Каждое из этих состояний может быть проиллюстрировано практическими примерами.

Первое состояние — симметрия заблуждений. Это равномерно распределенная в обществе или внутри отдельных групп людей устойчивая ложная, ошибочная уверенность в чем-либо. Симметрию заблуждений, а именно факт того, что устоявшиеся убеждения ложны, крайне сложно выявить. Массовое сознание отталкивает, отвергает любое несогласие с ним. О том, что оно оказалось в плену симметрии заблуждений, можно судить лишь постфактум.

Практически в каждом финансовом кризисе, включая знаменитую тюльпаноманию XVII века, мы найдем признаки симметрии заблуждений. Это свойство впадать в заблуждение, видимо, передалось по наследству и нам. Так было в России накануне дефолта 1998 года, так было накануне мирового кризиса 2007–2008 годов. Так происходит сейчас: то падают, то начинают расти цены на энергоресурсы, центральные банки повышают процентные ставки, а доллар «неожиданно» дешевеет, причем вместе с рублем. На графике 1 представлена динамика индекса S&P500 и индекса страха, который рассчитывается Чикагской биржей. На графике видно, что уровень страха инвесторов возрастал не до падения биржевых котировок, а после. Предчувствия инвесторов накануне очередного краха явно не просматриваются. Все, видимо, симметрично заблуждались.

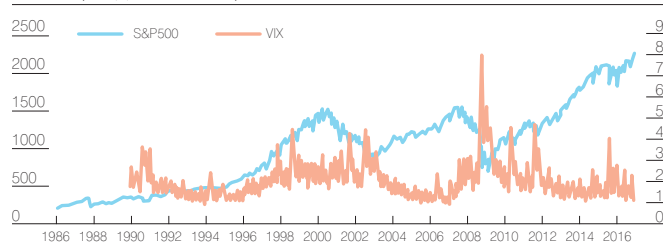
Кстати сказать, «черные лебеди» Талеба — не что иное, как прямое следствие симметрии заблуждений общества и участников рынка. Симметрия заблуждений — инертность восприятия действительности, стремление видеть сегодняшние события в контексте прошлых, а будущие — по аналогии с теми, что происходят в настоящем. Именно поэтому прогнозы и предсказания чаще всего не сбываются — в них велика сила инерционного отношения к событийному ряду.

Зачастую сигналы и события, которые предзнаменуют слом текущих трендов, настолько непропорционально малы, что не в силах привлечь массового внимания. Одной из причин симметрии заблуждений может быть приверженность к догмам. Авторы книги «Не в знании сила» д'Союза и Реннер называют это «приверженностью известному» — и неважно, истина ли это известное или всего лишь широко распространенное заблуждение. Лучшим способом борьбы с симметрией заблуждений служит разумный индивидуализм, умение человека сомневаться, критически относиться к массовым убеждениям, устоявшимся общественным знаниям и представлениям.

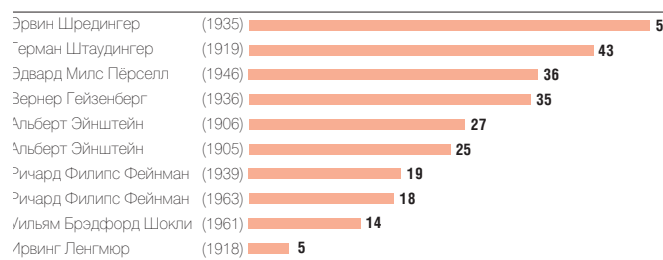
Второе состояние, которое ведет к ошибкам, — агрессивное пренебрежение. Это состояние активного, зачастую до отвращения, неприятия информации или явления. Оно порождает осознанный отказ человека слушать, воспринимать, видеть что-либо, происходящее вокруг него, если оно расходится с какими-либо его предпочтениями, взглядами, настроениями. Сам термин «агрессивное пренебрежение» происходит из орнитологических исследований. В 1959 году американские орнитологи Рипли, Хатчинсон и Макартур установили, что птицы одного вида проявляют столь ожесточенную агрессию по отношению к птицам другого вида, что фактически забывают о высиживании и выкармливании потомства, то есть пренебрегают функциями продолжения рода. Получается, агрессивные особи вредят собственному виду.

Но разве такое поведение не свойственно людям? Трудно согласиться с доводами человека, который неприятен, трудно согласиться с непримиримым оппонентом, не своим. Как трудно признать ту или иную ситуацию, которая не укладывается в привычное миро-

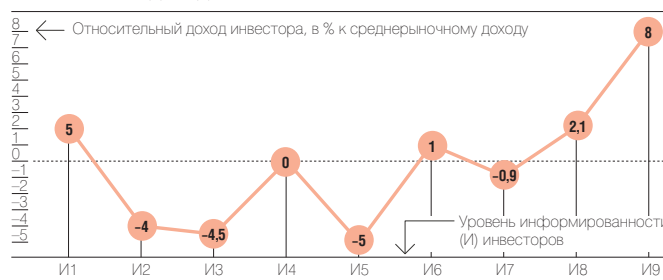
ДИНАМИКА ИНДЕКСА S&P500 И ИНДЕКСА ВОЛАТИЛЬНОСТИ ЧИКАГСКОЙ БИРЖИ («ИНДЕКС СТРАХА») В США



«СПЯЩИЙ ПЕРИОД» (ГОДЫ) ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ ЛАУРЕАТОВ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ ПО ФИЗИКЕ И ХИМИИ (В СКОБКАХ ДАТА ПУБЛИКАЦИИ)



СООТНОШЕНИЕ ДОХОДОВ И УРОВНЯ ИНФОРМИРОВАННОСТИ ИНВЕСТОРОВ



личивают вероятность ошибок других. Понятие проклятия знаний появилось в контексте исследований поведения участников финансового рынка, обладающих различной степенью информированности. Американские исследователи в области «поведенческой экономики» Камерер, Лёвенштайн и Уэббер обнаружили, что большинство хорошо информированных участников финансового рынка игнорируют поведение инвесторов-дилетантов, которые представляют собой довольно значительную долю участников рынка. Но дилетанты угадывают момент для прибыльных инвестиций ничуть не хуже профессионалов (график 3). Недостаток знаний лучше, чем их избыток, к такому выводу приходят исследователи.

Проклятие знаний встречается далеко не только на финансовом рынке. Оно выражается в приверженности сложившимся технологическим процессам, привычному укладу жизни. Тот, кто страдает проклятием знаний, во-первых, твердо убежден в своем понимании устройства мира, во-вторых, готов защищать свои взгляды любой ценой и, в-третьих, стремится подавить любые новшества, ставящие под сомнение их убеждения.

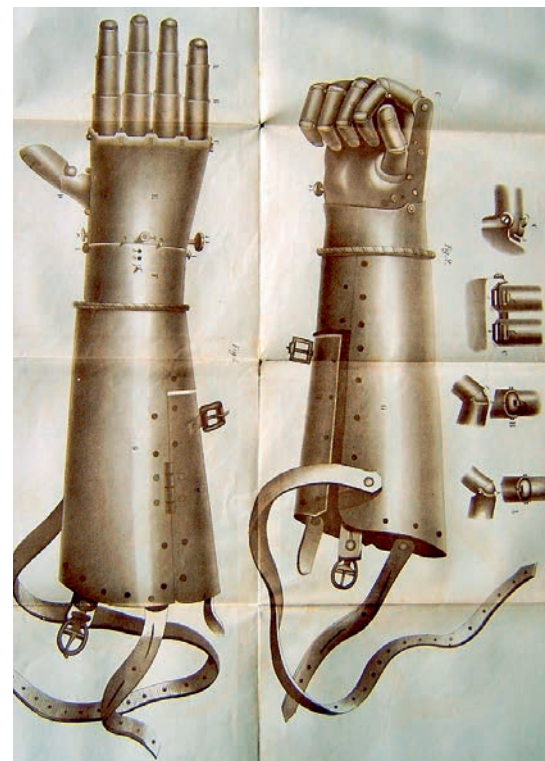
Проклятие знаний провоцирует агрессивное пренебрежение — совершаются ошибки, а закономерные новшества падают как снег на голову. Данное состояние пагубно сказывается на любом виде деятельности, в том числе на бизнесе. Американские бизнес-консультанты Коллинз и Хансен считают, что высокомерие, порожденное успехом, — первая стадия упадка компаний.

Вернемся к «черным лебедям» Талеба. Как воспринимать неопределенность? Стать на сторону философа и согласиться, что миром правит случайность — или признать в случайностях замаскированную детерминированность событий, причин и следствий? Не замечая ее, мы совершаем ошибки — но не по своему желанию, а по состоянию души.

ВЛАДИМИР МИЛОВИДОВ, кандидат экономических наук, руководитель центра Российского института стратегических исследований, заведующий кафедрой МГИМО

# УТРАТА ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПЕРЕСТАНЕТ БЫТЬ СЕРЬЕЗНОЙ ПРОБЛЕМОЙ

Рука человека — универсальный инструмент, способный как выполнять силовые операции, так и аккуратно и надежно удерживать хрупкие предметы. Утрата верхних конечностей является одной из древнейших проблем человечества, решение которой стало возможным благодаря научному и техническому прогрессу.



живущее), то есть являются решениями, непосредственно заимствованными у живой природы.

#### Четыре вида протезов

Протезы верхних конечностей разделяются на две основные группы — пассивные (косметические и функциональные) и активные (тяговые и миоэлектрические).

Косметические протезы являются высококачественными муляжами здоровой руки, хотя и позволяют выполнять некоторые простые действия, например, поддержание и толкание предметов. При этом технологии производства косметических протезов могут быть использованы при изготовлении съемных оболочек активных протезов.

К функциональным протезам относятся протезы с возможностью смены насадок, которые могут быть выполнены в виде раз-

\_\_С каждой новой моделью бионические протезы верхних конечностей по виду и функциональности все больше приближаются к человеческим рукам

#### От железной руки до бионического протеза

Задачу замены утраченных конечностей человечество пыталось решить еще в античности. Самым известным протезом средневековья является «железная рука» рыцаря фон Берлихингена, сделанная в 1504 году. Протез был похож на железную перчатку с пятью пальцами, которые с помощью шестерни могли поворачиваться и фиксироваться, что позволяло удерживать предметы или оружие. Крепился протез к руке кожаными ремнями. Примерно в ту же эпоху подвижные искусственные конечности сконструировал француз Амбруаз Паре. В начале XIX века немецкий стоматолог и хирург Петер Балифф придумал способ управлять пальцами протеза при помощи движения локтевого сустава. Для этого были использованы тяги, закрепленные на плече пациента так, что при разгибании локтевого сустава пальцы разгибались и, наоборот, для захвата предмета протезом необходимо было согнуть локоть.

После Второй мировой войны для передачи движения пальцам протеза стали использоваться электрические двигатели. В конце 1960-х годов была разработана первая миоэлектрическая система управления, в основе которой лежат методы регистрации и анализа мышечных биопотенциалов (электромиограмма, ЭМГ) человека. Несколько электродов закрепляются на поверхности кожи человека и позволяют измерять электрические импульсы, которые возникают при напряжении и расслаблении мышцы. Эти импульсы через электронные преобразователи передаются к моторам, которые переключают пальцы. Таким образом, при помощи напряжения и расслабления определенной группы мышц человек может управлять работой протеза. Такие протезы называются *бионическими* (от древнегреч. —

\_\_Железная рука рыцаря фон Берлихингена, сделанная в 1504 году

личных инструментов — крюк, зажим, кольцо, гаечный ключ, молоток и др. Тяговые протезы представляют собой простейшую версию активных протезов и приводятся в движение при помощи сгибания локтевого сустава, вследствие чего обладают ограниченной функциональностью за счет всего лишь одного варианта сжатия пальцев.

Электромеханические роботизированные (бионические) протезы являются наиболее эффективными решениями для протезирования, так как способны более точно копировать кинематику кисти руки здорового человека за счет использования нескольких независимых приводов для пальцев. Использование большего числа степеней свободы (как правило, пяти-шести) по сравнению с тяговыми протезами позволяет управлять положением пальцев, за счет чего становится возможным выполнение сложных сочетаний движений и реализация разнообразных положений пальцев (паттернов), что позволяет эффективнее захватывать предметы.

#### Особенности бионических протезов

Последнее десятилетие отмечено высокой активностью среди разработчиков антропоморфных манипуляторов захвата для роботов и бионических протезов рук. В подобных манипуляторах для роботов (DLR Hand II Аэрокос-

Современные бионические протезы обладают широким набором вариантов сжатия, специально разработанных для решения повседневных задач

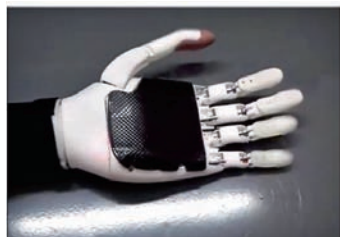
мического центра Германии, Shadow Dexterous Hand компании Shadow Robotics) используются до 22 приводов для управления пальцами, применяются тактильные сенсоры на контактных площадках. Система управления позволяет автоматически схватывать предметы различных форм. Но в качестве протезов подобные решения использоваться не могут из-за большой массы и габаритов предплечья, в котором размещаются сервоприводы. Поэтому, в отличие от антропоморфных манипуляторов, для роботов в бионических протезах используются ограниченный набор приводов и специальная конструкция пальца, в которой дистальная фаланга объединяется с медианной для снижения числа подвижных элементов. Это необходимо, чтобы снизить массу протеза и разместить электронику и моторы внутри кисти, так как автономная кисть позволяет выполнять протезирование с различной степенью ампутации предплечья.

Своими успехами разработчики бионических протезов обязаны последним достижениям науки и техники в области аккумуляторов высокой плотности, появлению различных сенсорных устройств, позволяющих бионической руке чувствовать и ощущать взаимодействие с объектами подобно человеку, компактных электрических моторов, высокая эффективность которых обусловлена прогрессом в области производства магнитов на основе редкоземельных металлов. А также микропроцессорам, способным с высокой скоростью обрабатывать информацию от множества сенсоров и принимать решение по управлению приводами пальцев для достижения заданного положения.

Благодаря 22 степеням свободы кисть человека позволяет выполнять сложные сочетания движений, захватывать предметы различной формы. Развитая система осязания дает возможность захвата предметов на ощупь, а также надежно удерживать и выполнять манипуляции.

Современные бионические протезы обладают широким набором вариантов сжатия, специально разработанных для повседневных задач. Управление режимами работы таких протезов может осуществляться как за счет регистрации биопотенциалов на остаточных группах мышц пользователя, так и электрической активности головного мозга, либо при помощи специальной панели управления.

Для пользователя на данный момент недоступно непосредственное управление движением каждого отдельного пальца протеза. Это обусловлено отсутствием коммерческих решений для интеграции с существующими бионическими протезами, а также сложностью в реализации устройств многоканального захвата биосигналов человека. В лаборатории прикладных кибернетических систем МФТИ под руководством Т.К. Бергалиева ведутся разработки в области человеко-машинных интерфейсов на основе биосигналов человека. В частности, там разработана восьмиканальная система управления на основе ЭМГ-сигналов, позволяющая регистрировать интегральную активность мышц предплечья, повышая тем самым количество управляемых степеней свободы. Для коммерциализации разработанной технологии была создана компания ООО «Гальвани-Бионикс», получившая поддержку Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.



— Stradivary («Моторика, Россия»)



— Michelangelo (OttoBock, Германия)



— Luke Arm (DEKA Research, США)



— iLimb Ultra (OSSUR, Исландия)



— DynamicArm (OttoBock, Германия)

— Vincent Evolution 2 (Vincent systems, Германия)



— Kleiber Duo/Trio («Клайбер Бионикс», Россия)



— MyoFacil (OttoBock, Германия)



— «Миотея» (НПФ «Галатей»)



— Kleiber Solo («Клайбер Бионикс», Россия)



Будущий пользователь может научиться пользоваться протезом с помощью специального программного обеспечения, позволяющего посредством миоэлектрических сенсоров управлять виртуальной моделью будущего протеза. К обучению можно приступать уже на ранних послеоперационных стадиях подготовки к установке бионического протеза, так как для установки протеза требуется изготовить индивидуальную приемную гильзу и может пройти продолжительное (до шести месяцев) время до формирования окончательной культуры.

Зарубежные разработчики протезов часто уделяют преувеличенное внимание количеству паттернов движения (жестов) пальцев, которое иногда доходит до 15–20. Для повседневного использования такое избыточное число не требуется и даже может создать неудобство, так как в течение дня приходится часто переключаться между наиболее подходящими паттернами, при этом используются, как правило, пять-шесть вариантов. При помощи бионических протезов человек может выполнять различные бытовые действия: пользоваться электро- и столовыми приборами, работать за компьютером, перемещать предметы и сумки, открывать емкости и бутылки, гладить белье, одеваться и многое другое.

## Российские разработки

Технически различаются два варианта компоновки бионических протезов:

- Размещение моторов внутри ладони (BeBeonic 3 (OttoBock, Германия, 2012), Michelangelo Hand (OttoBock, Германия, 2011), «Миотея» ПР2-Б1 («НПФ Галатей», РФ, 2005), Stradivary (ООО «Моторика», РФ, 2016))

- Размещение моторов внутри пальцев и, как следствие, возможность протезировать отдельные пальцы (iLimb Ultra (OSSUR, Исландия, 2008), Evolution 2 (Vincent Systems, Германия, 2015), Kleiber Solo (ООО «Клайбер Бионикс», РФ, 2016)).

Основные преимущества перспективных современных бионических протезов заключаются в следующем:

- Способность надежно захватывать предметы разных форм
- Аккуратный автоматический захват хрупких предметов с учетом развиваемых усилий
- Возможность «осязания» объектов взаимодействия за счет обратной тактильной связи
- Поворот кисти за счет дополнительных приводов
- Стабилизация предмета за счет управления положением запястного сустава.

В России в настоящее время на рынке представлен только один бионический протез «Миотея» компании «НПФ «Галатей», разработанный более десяти лет назад. «Миотея» является наиболее доступным решением, имеет одну степень свободы и может управляться при помощи одно- или двухканальной системы. В первом случае закрытие и раскрытие кисти производится при помощи одной мышцы, во втором используются разные мышцы. Данный протез значительно уступает по функциональности зарубежным.

Перспективными разработками доступных бионических протезов, не уступающих зарубежным аналогам по функциональности, занимаются отечественные компании ООО «Моторика» (Stradivary) и ООО «Клайбер Бионикс» (Kleiber Solo).

Электромеханические роботизированные (бионические) протезы являются наиболее эффективными решениями для протезирования

## ЭФФЕКТ «ЗЛОВЕЩЕЙ ДОЛИНЫ»

Одной из задач при разработке бионических протезов является преодоление так называемого эффекта «зловещей долины». В 1978 году японский ученый Масахиро Мори при исследовании эмоциональных реакций на внешний вид роботов обнаружил, что люди с симпатией относятся к антропоморфным механизмам до определенного предела человекоподобия. Максимальное же сходство с человеком, наоборот, вызывает у них тревогу, отвращение и страх. Этот крутой провал на графике зависимости симпатии окружающих от человекоподобия робота и получил название «зловещей долины».

Эффект «зловещей долины» распространяется и на людей, использующих протезы. Одним из способов изменить отношение к таким людям является популяризация протезно-ортопедического оборудования. Это происходит, например, во время Паралимпийских игр, а также впервые прошедших в прошлом году в Швейцарии соревнований среди людей с ограниченными возможностями Cybathlon, в которых одной из дисциплин было соревнование среди пользователей роботизированных протезов рук на ловкость и скорость выполнения манипуляций с предметами.

Компания «Моторика» представила первый в России детский активный тяговый протез «Киби», предназначенный для выполнения захвата небольших предметов. «Киби» изготавливается по индивидуальным меркам по технологии селективного лазерного спекания порошка. В настоящее время компания «Моторика» разрабатывает предсерийный прототип бионического протеза кисти Stradivary, обладающего шестью степенями свободы с размещением приводов внутри ладони. Протез Stradivary планируется оснащать специальным модулем с функцией умных часов.

Линейка разрабатываемых протезов Kleiber компании «Клайбер Бионикс» предназначена для людей с различной степенью ампутации верхних конечностей. Ключевой особенностью этих протезов является использование тактильных сенсоров, размещаемых на подушечках пальцев. Конструктивно тактильный сенсор представляет собой группу контактных площадок, покрытых иммерсионным золотом, поверх которой располагается чувствительный эластомер — композит квантового туннелирования (QTC). Это материал, который в нормальном состоянии является изолятором, но становится проводящим под действием внешних факторов: давления, натяжения или скручивания. Тактильный сенсор позволяет измерять не только нормальную составляющую приложенного воздействия, но и тангенциальную. Измерение последней позволяет значительно улучшить качество системы управления захватом, обеспечивая определение момента начала проскальзывания удерживаемого объекта. Протез дает возможность осознания взаимодействия с предметами, что обеспечивает аккуратный захват легких и хрупких предметов, а пользователь получает обратную тактильную связь. Кисть Kleiber Solo представляет собой сменный модуль, приводимый в движение шестью приводами, который может быть установлен на персональную культеприемную гильзу, а также предназначен для работы в составе протезов руки Kleiber Duo и Trio.

Пользователи протезов Kleiber и Stradivary могут самостоятельно настраивать конфигурацию или выбирать из набора готовых паттернов захвата при помощи специальных мобильных приложений, управление протезами осуществляется при помощи миоэлектрических модулей, входящих в комплект поставки. Заряда аккумуляторов хватает на 10–12 часов активной работы. Стоимость бионических протезов Kleiber и Stradivary в несколько раз ниже зарубежных аналогов.

Также компания «Клайбер Бионикс» совместно с разработчиком сервоприводов «РУ.Роботикс» проводят разработку бионического протеза руки выше локтевого сустава Kleiber Duo и Trio. В этих протезах для движения локтевого и плечевого суставов используются до четырех дополнительных приводов. Так, бионические протезы рук для пациентов с ампутацией выше локтевого сустава в данный момент представлены в США (APL's Modular Prosthetic Limb Университета Джона Хопкинса и Arm System исследовательского центра DEKA Research) и Германии (DynamicArm компании OttoBock). Для управления такими протезами используются многоканальные системы регистрации биоэлектрических потенциалов.

## Возможное будущее (2025 год)

Благодаря достижениям науки и техники люди с ограниченными возможностями смогут в значительной степени восстановить функциональность руки и способности к самообслуживанию. Утрата верхних конечностей перестанет быть серьезной проблемой, влекущей за собой потерю трудоспособности. Ежегодно будут проводиться специальные соревнования среди людей с бионическими протезами, заявки на выплату компенсаций за установку бионических протезов руки начнут приниматься в режиме одного окна, а время восстановления утраченной трудоспособности из-за различной степени ампутаций составит не более двух недель. Но главное, здоровые люди перестанут испытывать дискомфорт при общении с людьми-«киборгами», а роботизированные протезы будут восприниматься как один из гаджетов, наподобие умных часов.

ИВАН КРЕЧЕТОВ

# «ЖИДКИЕ МЫШЦЫ» ПОЛУЧИЛИ НОВУЮ СИЛУ

В Институте химии растворов им. Г.А. Крестова (ИХР, Иваново) и Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова (ИОНХ, Москва) синтезированы новые типы электрореологических жидкостей, которые открывают перспективы создания широкого спектра более эффективных электрорулеваемых демпфирующих систем — от гасящих динамические нагрузки в военной технике и автомобилях до тактильных силовых датчиков в робототехнике и джойстиком с обратной связью.

## Езда по стиральной доске

Про амортизаторы мы невольно думаем, наверное, ежедневно и по много раз при наезде на каждую выбоину на дороге или на «лежачего полицейского». Но едва ли кто-то при этом вспоминает, как устроен амортизатор.

Обычно он представляет собой комбинацию пружины с жидкостным демпфером. Пружина упруго принимает ударные нагрузки на колеса, а демпфер снижает нагрузку и «успокаивает» колебания пружины. Мощности демпфирующей системы зачастую не хватает, но если ее наращивать, то амортизатор перестанет замечать мелкие препятствия, итог — езда словно по стиральной доске. Выход очевиден — регулируемый демпфер, который может изменять мощность применительно к условиям движения.

Конструкция современных демпфирующих устройств основана на передавливании при возникновении нагрузки жидкости из рабочего цилиндра в сообщающийся сосуд через маленькое отверстие поршнем, шток которого связан с базой автомобиля. Пружина возвращает систему в исходное состояние. Для управления работой демпфера необходимо менять его исходные характеристики — регулировать поток жидкости через отверстие в зависимости от приложенной нагрузки.

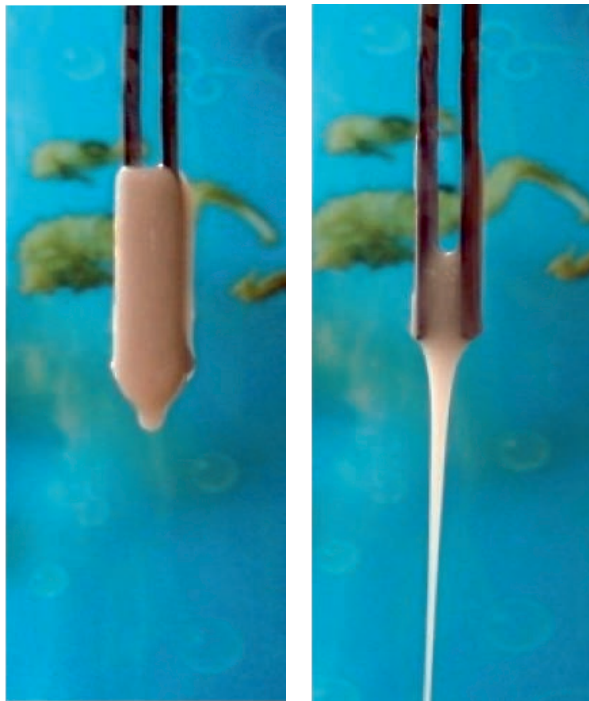
Это можно сделать двумя путями. Первый заключается в регулировке размера отверстия, через которое продавливается рабочая жидкость. Отверстие может работать, например, как диафрагма фотоаппарата. Так иногда и поступают, однако механические системы могут выходить из строя, особенно при длительной эксплуатации.

Второй путь — менять не геометрию демпфера, а вязкость рабочей жидкости. Чем выше нагрузка на демпфер — тем выше вязкость жидкости, а с уменьшением нагрузки вязкость вновь уменьшается. Но где взять такую жидкость?

## Умная жидкость

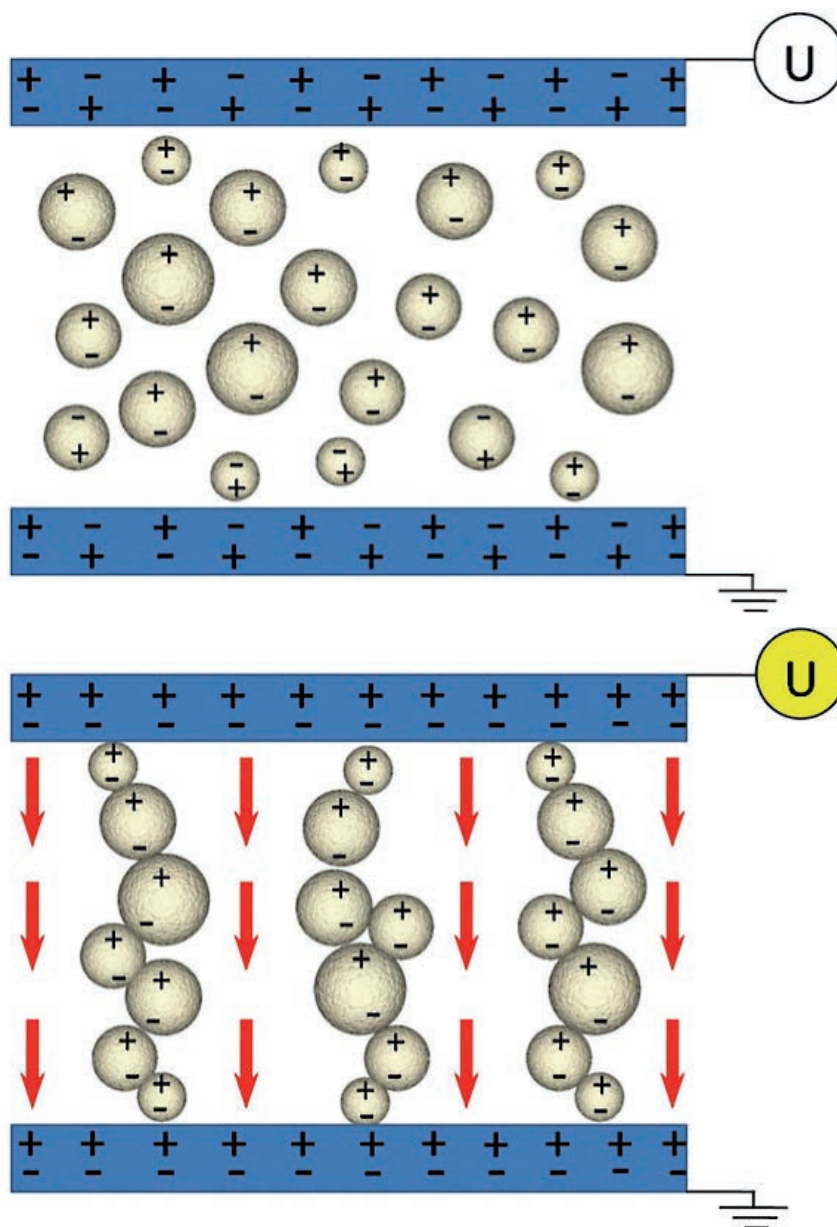
В 1947 году американец Уиллис Уинслоу запатентовал «Метод и средства для перевода электрических импульсов в механическую силу». В основе изобретения лежал открытый им эффект изменения вязкости суспензий частиц в

Электрореологический эффект открывает новые возможности при конструировании адаптивных систем транспорта, например, ABS тормозных систем



— Слева — электро-реологическая жид-кость между двумя плоскими электро-дами в электрическом поле, зазор 4 мм, напряженность поля 500 В/мм. Справа — поле снято

— Поведение на-ночастиц в электро-управляемых реоло-гических жидкостях. Вверху — хаотиче-ское расположение наночастиц в электро-реологической жид-кости в отсутствие электрического поля. Внизу — образова-ние прочных цепочек наночастиц при на-ложении электриче-ского поля, ведущее к затвердеванию электро-реологиче-ской жидкости



диэлектрических жидкостях при наложении электрического поля. Вязкость суспензий изменялась пропорционально напряженности поля очень быстро — в течение миллисекунд. Переход из состояния текучести к вязкопластическому сопровождался значительным ростом механических свойств материала, таких как предел текучести и напряжение сдвига, при очень незначительных затратах электрической мощности.

Теоретический и практический интерес к этому эффекту, названному электрореологическим, и к жидкостям, названным электрореологическими, не угасает уже 70 лет. За эти годы было установлено, что величина эффекта сильно зависит от типа материала-наполнителя, от используемой диэлектрической жидкости, а также от разнообразных добавок-модификаторов. Учеными всего мира были исследованы самые разнообразные материалы в качестве компонентов электрореологических жидкостей.

#### От муки до наноматериалов

На начальном этапе в состав электрореологических жидкостей вводили природные соединения: пористые и слоистые алюмосиликаты типа цеолитов и глины, полисахариды — крахмал и муку и т. д. Впоследствии были апро-

## Струя «умной жидкости» с абразивными наполнителями и регулируемой вязкостью может быть рабочим телом при сверлении отверстий в алмазах

бировааны и более экзотические материалы — фуллерены, высокотемпературные сверхпроводники, полупроводниковые полимеры. Однако механические характеристики электрореологических жидкостей были недостаточными для их практического применения.

Только в 2003 году был совершен прорыв в области создания электрореологических жидкостей и устройств на их основе. Уникальные свойства проявили наночастицы оксалатотитанила бария, покрытые слоем легко поляризуемых молекул мочевины. Суспензия, содержащая 30% таких частиц в силиконовом масле, в электрическом поле теряла текучесть и фактически приобретала свойства твердого тела. Но такая электрореологическая жидкость имеет относительно медленную скорость электрореологического отклика и обладает высокой коррозионной активностью.

В последующие годы появилось значительное число новых наноматериалов, использованных в качестве наполнителей электрореологических жидкостей, показавших высокую эффективность. В частности, нашей группой при выполнении исследований по гранту Российского научного фонда было впервые обнаружено, что одним из таких наполнителей может стать наноразмерный диоксид церия, сравнительно недорогой материал, широко применяемый в современной промышленности в составе полирующих смесей, катализаторов.

Полученные нами суспензии с содержанием 60 масс.% диоксида церия обладали исключительно высокой стабильностью. При этом значения напряжений сдвига для них достигали в три-четыре раза больших значений, чем для электрореологических жидкостей на основе традиционно используемого диоксида титана с добавками поверхностно-активных веществ (для тех же напряженности электрического поля и концентрации наполнителя) и примерно в 40 раз больших значений, чем для электрореологических жидкостей на основе немодифицированного диоксида титана.

#### Управление отдачей

Сравнительный анализ седиментационных (скорость оседания частиц), диэлектрических и электрореологических характеристик полученных нами материалов позволил выявить ряд составов, представляющих непосредственный практический интерес.

Во-первых, это высококонцентрированные суспензии (60 масс.%) нанокристаллического диоксида церия в полидиметилсилоксане ПМС-20. Для них характерны высокая седиментационная устойчивость и значительная величина электрореологического эффекта (предел текучести 20 кПа при напряженности электрического поля 5 кВ/мм). Во-вторых, суспензии наноконгломератов  $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$  (40 масс.%) в полидиметилсилоксане ПМС-20, обладающие наибольшей чувствительностью к напряженности электрического поля в процессе растяжения и сжатия при электрореологических испытаниях. Значение предела текучести для данной системы, определенное при напряженности поля 5 кВ/мм, составило 14 кПа.

Эти результаты открывают новые перспективы для создания электроуправляемых реологических систем гашения динамических нагрузок в военной технике, например, при создании платформ для запуска ракет, снижения отдачи орудий и снайперских винтовок высокой мощности. Электрореологические жидкости можно использовать для щадящего закрепления нежестких деталей при их механической обработке, при полировке сложнопрофильных деталей, а также при создании тактильных датчиков для роботов, тактильных силовых дисплеев, силовых джойстиков с обратной связью. И многих других устройств, где требуется автоматически регулировать приложенные силы.

АЛЕКСАНДР АГАФОНОВ, доктор химических наук, ИХР РАН, Иваново;  
ВЛАДИМИР ИВАНОВ, член-корреспондент РАН, ИОНХ РАН, Москва

Жидкости с управляемой вязкостью перспективны для создания нового типа шаговых электродвигателей, меняющих угловую скорость ротора по заданной программе

# гуманитарные науки

АРХЕОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВО ГАЗОПРОВОДА ПРИВЕЛО К ОТКРЫТИЮ УНИКАЛЬНОГО ДВУХСЛОЙНОГО ПАМЯТНИКА



Археологи Дальневосточного федерального университета (ДФУ) обнаружили древнее поселение в Шкотовском районе Приморского края. Ученые предполагают, что в I тысячелетии до н.э. здесь располагался зимний лагерь прибрежных промысловиков. Люди селились на этой территории в разные периоды истории: в янковскую и кроуновскую археологическую культуры. Этот археологический памятник особенный, — говорит руководитель раскопок, директор Учебно-научного музея ДФУ Школы гуманитарных наук Александр Попов. — Сначала в этом месте поселились носители янковской культуры (VIII–I вв. до н.э.), затем здесь же обосновались представители кроуновской культуры

(V век до н.э. — I век н.э.), что привело к образованию второго культурного слоя. Раскопки начались из-за строительства газопровода. На данный момент исследована лишь малая часть поселения, но археологи уже определили следы нескольких древних жилищ. Раскопаны костровые ямы, найдены остатки керамических сосудов, реплики бронзовых изделий, бусы — всего более 12 тыс. артефактов. Также обнаружены следы пожара в древних жилищах. «Этот археологический объект представляет безусловный научный интерес. Поблизости есть немало поселений той эпохи, но наше выделяется своим расположением. На этом месте древним людям было особенно удобно жить зимой, поэтому мы предполагаем, что здесь находилось зимнее поселение. Его изучение может дать интересные свидетельства о сезонной деятельности и образе жизни племен Приморья в I тысячелетии до н.э.», — отмечает Попов.

НАУКОМЕТРИЯ РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ СТАЛИ ЧАЩЕ ПУБЛИКОВАТЬСЯ В ПРЕСТИЖНЫХ НАУЧНЫХ ИЗДАНИЯХ



С 2013 года наблюдается резкое увеличение количества публикаций российских ученых (как самостоятельных, так и в соавторстве с иностранными коллегами) в журналах, включенных в базу данных WoS. Причем для разных наук динамика различна. В топовых научных журналах о Земле — Geology и Earth and Planetary Science Letters — процент российских публикаций не меняется: около 2%. Такая же ситуация в физическом журнале Physical Review Letters: доля российских публикаций остается неизменной, примерно 6,5%. Но в тематических физических журналах Physical Review, за исключением Physical Review Letters, наблюдается устойчивый рост числа публикаций российских ученых, причем в последние шесть лет растет и их доля в общем объеме публикаций. С 2013 года почти на 40% увеличилось количество публикаций россиян в таких престижных журналах, как Science, Nature и Proceedings of the National Academy of Sciences, доля же их составила около 0,8% от общего числа публикаций. Если составлять своеобразный рейтинг источников финансирования, упомянутых в опубликованных начиная с 2013 года статьях в Science, Nature и Proceedings of the National Academy of Sciences, то в тройку входит Российский научный фонд — 60 публикаций, Российский фонд фундаментальных исследований — 51 публикация и различные программы Минобрнауки — 28 публикаций. Любопытно, что доля статей в этих трех журналах с указанием российского источника финансирования только в последние два года перевалила за половину от общего числа публикаций с российскими авторами. Очевидно, это указывает на появление реального вклада российского финансирования.

«Троицкий вариант»

КУЛЬТУРОЛОГИЯ ДЛЯ РУССКИХ СЧАСТЬЕ — ПРЕЖДЕ ВСЕГО ЛЮБОВЬ



Кандидат культурологии из Комсомольского-на-Амуре технического университета Александра Васильченко провела сопоставление: чем различается понятие счастья в русской и китайской культурах. Исследовательница опросила 147 человек русской национальности — носителей русского языка. Им предъявляли слово-стимул («счастье»), затем их просили дать первые пришедшие на ум ассоциации — пять слов. Обработка результатов показала, что в русской культуре счастье мыслится прежде всего как чувство любви: это слово-ассоциация возникло у 86% респондентов. Следующими по общей частотности ассоциативных реакций на слово счастье (75%) у испытуемых русской национальности оказались семья, крепкий брак, семейное благополучие, близкие, родные люди, дети. По мнению исследовательницы, оба эти результата

связаны с особенностями русской ментальности, для которой в первую очередь важны эмпатия, сочувствие, доброта и почти столь же важны семейные связи, которые эту эмпатию, эти эмоции в хороших случаях обеспечивают.

Только на третьем месте у русских (60%) находятся деньги, богатство как ассоциация к слову счастье. Интересно, что здоровье и хорошее самочувствие — всего лишь четвертая (50%) ассоциация на слово счастье.

При анализе китайских ассоциаций Васильченко ссылается на исследование, проведенное ее коллегой Линь Юй Фен, в соответствии с которым представления в китайской культуре иные, любовь китайцам не так важна. В значительно большей степени счастье у китайцев ассоциируется с семьей, но не совсем в том же контексте, что в русской культуре. Китайцам важно появление потомства и наличие супружеского согласия. В китайской культуре любовь всегда рассматривалась как нечто личное и эмоциональное, чувство любви всегда ставилось на гораздо более низкий уровень, чем интересы семьи. Но отсутствие любви никогда не препятствовало семейному благополучию и выполнению супругами социально-семейного, гражданского долга, который выражается в рождении детей и их воспитании. Второй по китайским понятиям ассоциацией на слово счастье служит успешная служебная карьера, высокое положение и богатство. У китайцев ценится не здоровье, а долголетие — и хотя второе можно считать следствием первого, видна разница в восприятии успешной жизни у русских и китайцев. Возможно, это связано с даосизмом, важнейшим религиозно-философским течением в Китае, которое активно использует практики духовного и телесного совершенствования человека.

# ПОЧЕМУ ИМПЕРАТРИЦА ЕЛИЗАВЕТА ПЕТРОВНА ОТМЕНИЛА СМЕРТНУЮ КАЗНЬ

За 20 лет правления императрицы Елизаветы Петровны, с 1741 по 1761 год, не было совершено ни одной смертной казни. Французский литератор и дипломат Жозеф де Местр назвал «упразднение» смертной казни при Елизавете Петровне «ложным человеколюбием и признаком неполноценности нации». А итальянский философ Чезаре Беккариа был вдохновлен «знаменитым примером императрицы Московии» и через три года после ее кончины опубликовал свой трактат «О преступлениях и наказаниях».



Елизавета

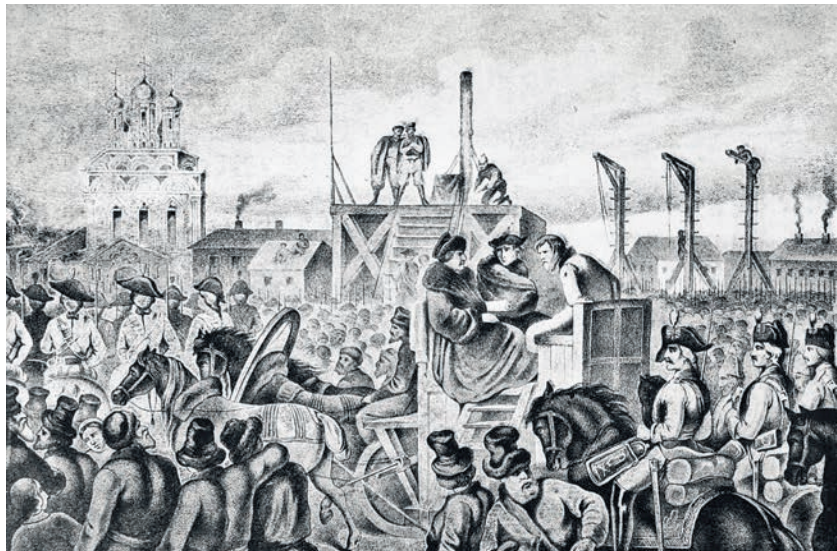
Указ, которым приостанавливалось исполнение экзекуций по делам колодников, приговоренных к смертной казни, политической смерти, а в отдельных случаях и к вечной ссылке, был опубликован 7 мая 1744 года. Канцеляриям следовало высылать в Сенат описания их дел и ждать дальнейших распоряжений.

С одной стороны, приказывалось «экзекуции не чинить», но с другой — количество смертных приговоров никак не регламентировалось, и они неизменно выносились на основании существующего законодательства. О моратории вообще мало кто был осведомлен даже в среде высшего сословия. Указ был составлен собственноручно императрицей — в качестве заключения по поводу представленного ей доклада Сената, на тех же листах. Подлинник немедленно скрыли в секретной экспедиции, а в публичную экспедицию поступила копия, содержащая лишь высочайшее распоряжение без замедления высылать экстракты дел колодников, приговоренных к высшей мере наказания. Именно эта копия без какого-либо упоминания о существовании спрятанного указа и была направлена в коллегии, канцелярии, губернии и провинции.

Однако престол ревностно относился к принятому закону, действовал на опережение и после присоединения новых земель немедленно направлял туда указы о приостановке или отмене смертной казни. Мораторий относился даже к осужденным по делам Тайной канцелярии и военным преступникам. Меньше чем за десять лет с момента издания указа в Сенате скопилось 279 приговоров к смертной казни и еще 3579 дел, связанных с убийствами, воровством и разбоями, были в производстве и ожидали конфирмации императрицы.

Не меньшие проблемы, правда, терминологического плана, возникли и при реализации второй части указа 1744 года — «о неисполнении приговоров к смертной казни и политической смерти». Если суть «натуральной смерти» была более или менее ясна и в Петербурге, и в провинциях, то сам термин «политическая смерть» вызвал глубокое недоумение на всех уровнях власти. Елизавета потребовала от Сената вопрос проработать и представить бумагу, где перечислить законы, регламентирующие ритуал поли-





— За 20 лет правления императрицы Елизаветы Петровны, с 1741 по 1761 год, не было совершено ни одной смертной казни

тической смерти и четко фиксирующие преступления, за которые полагалось такое наказание.

Развернутое толкование политической смерти было дано лишь в 1753 году: «Сенат рассуждает: политическую смертью должно именовать то, ежели кто положен будет на плаху или возведен будет на виселицу, а потом наказан будет кнутом с вырезанием ноздрей или хотя и без всякого наказания, только вечной ссылкой». Кажущаяся противоречивость данной трактовки заключалась в том, что приговоры к политической смерти оставались без приведения в исполнение, а кнут, вырезание ноздрей и ссылка за «воровство и разбой» применялись повсеместно без каких-либо докладов в Сенат и политической смертью не считались. Таким образом, под ту или иную форму высочайшего запрета попадала не только смертная казнь, но и ее инсценировка, практически приравненная мораторием к смертной экзекуции по тяжести наказания.

Если вопрос о политической смерти был для сенаторов и императрицы все же вопросом терминологии и судебной теории, то собственно приостановка смертной казни оказалась и общей, мировоззренческой проблемой.

Вынутые из петель тела повешенных и прибитые тут же жестяные листы с перечислением их преступлений в назидание прочим до Елизаветы были обычной картиной социального пейзажа России.

Сенаторы пытались урезонить монархиню и выдвинули сразу несколько аргументов против моратория на смертную казнь. Во-первых, они полагали, что число оставленных в живых воров, разбойников, убийц и фальшивомонетчиков будет неуклонно расти. Казалось, волна бунтов и разбоев накроет страну, если не поселить в сознании подданных «потомственный страх», о котором во время подавления башкирского восстания писал генерал-лейтенант князь Василий Урусов. Во-вторых, сами эти подданные, видя безнаказанность, будут склонны к злодеяниям, а войска — к непослушанию. В-третьих, пагубное милосердие шло вразрез с традицией русского законодательства и особенно со строгими государственными установлениями родителя государыни, «блаженного и вечно достойного памяти Петра Великого», который «смертные вины» карал жестокими казнями. Сановники робко предложили представлять на высочайшее рассмотрение только дела осужденных на смертную казнь, а политическую смерть вершить, как прежде, на уровне губерний и провинций. Императрица ответила одним распоряжением — «политическую смерть не вершить».

Но мнению правящей элиты в самодержавной России с легкостью игнорировалось, мораторий на смертную казнь и политическую смерть был установлен и неукоснительно исполнялся. Но противоречия, скрытые за верноподданнической стилистикой сенатских докладов, отчетливо проявились при составлении так и не завершеного текста нового уложения.

В августе 1754 года по представлению приближенного императрицы графа Петра Шувалова за «сочинение ясных и понятных законов» заседала специально созданная при Сенате комиссия. «Законотолкователи и законоискусники» получили в помощь опытных канцеляристов, а также средства из штатс-конторы на бумагу, чернила, сургуч, дрова и свечи. Им предстояло написать проект уложения в четырех частях — «о суде», «о различных состояниях подданных», «о движимом и недвижимом имении», «о казнях, наказаниях и штрафах». Через год были готовы две, наиболее проработанные с точки зрения комиссии части, «судная» и «криминальная». По всей видимости, воск и перья тратились впустую: в статьях обнаруживалось полное забвение всех указов правящей монархини, касающихся смертной казни и политической смерти. После десятилетия фактического моратория на исполнение таких приговоров сфера их действия была расширена, а сама процедура казни стала более жестокой.

Ситуация с подготовкой уложения и позицией Елизаветы Петровны выглядит еще более невероятной, если учесть, что перед началом работы комиссии над второй редакцией кабинет-министр Адам Олсуфьев объявил, что «Ее Императорское Величество высочайше повелеть соизволила в оном новосочиняемом уложении за подлежащие вины смертной казни

не писать». Последовали указы о выборе в городах дворян и купцов для «слушания новосоставленного уложения». Предметом публичного обсуждения мог стать вопрос не просто о моратории на смертную казнь и политическую смерть, а о принципиальном изменении уголовного права. Сейчас становится ясно, что императрица не уступила бы, и лишь ее кончина прервала невиданное в России противостояние самодержца и политической элиты по поводу гуманизации наказаний за тяжкие преступления.

Вероятно, историк князь Михаил Щербатов был недалек от истины, когда писал о дворцовом перевороте 1741 года: «Она при шестивии своем приняла всероссийский престол, пред образом Спаса Нерукотворенного обещалась, что если взойдет на прародительский престол, то во все царствование свое повелением ее никто смертной казни предан не будет».

В данном случае, во-первых, налицо очевидные коллизии сознания отдельной личности. В отчаянных жизненных ситуациях человеку свойственно обращаться к Богу и надеяться на чудо, когда, кажется, никто не может помочь и ничто не может спасти. В зависимости от индивидуального опыта, религии, глубины собственных духовных переживаний эти иррациональные «договоренности» со Всевышним могут облекаться в самые неожиданные формулировки. По всей видимости, Елизавета действительно взяла на себя определенные обязательства перед своим Богом — при условии, что он обеспечит удачный гвардейский переворот. Переворот удался, и нужно было платить по счетам.

Курьезы религиозного чувства остались бы сокровенным опытом отдельной личности, если бы этой личностью не была императрица. С одной стороны, византийский обряд венчания на царство придавал особую экзальтацию христианской вере любого русского монарха. С другой, сакральная воля государя, помазанника Божьего, сама по себе воспринималась как непреложная. Именно этими далекими от политического прагматизма, можно сказать, экзистенциальными обстоятельствами объясняется контекст законов о неведении смертной экзекуции и «возведения на виселицу или положения на плаху».

Создается впечатление, что решение императрицы о запрете приводить в исполнение без высочайшей конфирмации смертную казнь и политическую смерть касалось исключительно ее отношений с ее Богом. Поданным, а тем более злодеям, чьи судьбы непосредственно зависели от этого решения, ничего знать не полагалось. Как такового указа о моратории, снабженного расширенными толкованиями и восхвалением монаршего милосердия, не было. Судьба помилованных колодников, спасение их грешных душ и возможное исправление императрицу совсем не занимали. Все они гибли если не под ударами кнута, то от непосильной каторжной работы.

Рефлексия верующей императрицы в абсолютистской России за 20 лет до выхода в свет знаменитого трактата Чезаре Беккарии с легкостью воплотила мечту философа, о которой Европа еще только начинала рассуждать. Однако Елизавету Петровну и итальянского мыслителя разделяли не два десятилетия, а целая эпоха, и в моратории на смертную казнь в Российской Империи воплотились не просветительские идеалы, а средневековая религиозность, с одной стороны, и уверенность самодержца в том, что государственный закон и его воля едины, — с другой. Приостановка экзекуций за тяжкие преступления не имела теоретических обоснований и вообще никак не была связана с развитием юридического знания того времени. Любые рассуждения об ограничении публичности казни, переносе акцента со зрелищности расправы на торжество справедливости в суде, переходе от наказания тела к предотвращению повторного деяния и прочие идеи, волнующие европейских философов и правоведов, мало занимали императрицу. Логика христианских заповедей напрямую привела ее к хорошо известному вопросу: «И кто меня тут судьей поставил, кому не жить?». Решив, что лучшей благодарностью Богу будет отказ от смертной экзекуции, русская императрица самодержавной волей не допустила ни одной казни и даже ее имитации в виде политической смерти, а за несколько месяцев до собственной кончины вообще поставила вопрос о принципиальном изменении уголовного законодательства и, видимо, приведении его в соответствии с ее верой.

Поэтому в России сформировалось два поколения людей, не видевших эшафота. Профессия палача постепенно утрачивалась, как утрачивалось и умение соорудить виселицу, что подтвердили трагические события казни декабристов. У правящей элиты возникла привычка, что смертный приговор существует лишь на бумаге и публичные казни не являются главным условием поддержания порядка в обществе.

Всего за два десятилетия правящая и образованная элита сделалась готова к дискуссии о целесообразности казни, и произошло это не благодаря трактату Беккарии, а в результате внутренней установки императрицы Елизаветы Петровны. Проницательный историк Сергей Соловьев писал: «Народ должен был отвыкнуть от ужасного зрелища смертной казни. Закона, уничтожавшего смертную казнь, не было издано: вероятно, Елизавета боялась увеличить число преступлений, отнявши страх последнего наказания: суды приговаривали к смерти, но приговоры эти не были приводимы в исполнение, и в народное воспитание вводилось великое начало».

ЕЛЕНА МАРАСИНОВА,  
доктор исторических наук, ведущий научный сотрудник Института  
русской истории РАН

# ИКОНА КАК ПРЕДМЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ



Третьяковская галерея ведет комплексные исследования икон технико-технологическими методами. Первыми были знаменитые шедевры византийского и древнерусского искусства «Богоматерь Владимирская» и «Святая Троица» Андрея Рублева, следом менее знаменитые. Исследования идут более десяти лет и дали неожиданные результаты.

— На оборотной стороне чтимой иконы Богоматери Владимирской первой трети XII века обнаружены следы образа святителя, скорее всего, Николая Мирликийского

Подобные исследования являются признанной во всем мире методикой изучения произведений живописи самого разного времени, не только эпохи Средневековья. Эта методика предполагает тщательную и долгосрочную работу с каждым памятником по четко разработанной системе группы реставраторов, искусствоведов, технологов, фотографов и других специалистов, иногда приглашенных галерей из сторонних организаций (в частности, из Государственного научно-исследовательского института реставрации).

## Основа иконы

Прежде всего изучается устройство основы, в данном случае — иконного щита. Определяются порода дерева, способы обработки и первоначального крепления досок (обычно их соединяли по несколько для каждой иконы), рассматриваются изменения основы в процессе поздних реставраций. Иногда справиться с этими задачами оказывается непросто даже с помощью рентгенографии, например, если икона двусторонняя, как древний образ Богоматери Владимирской, или если это икона-врезок, которая при одном из поновлений была сильно опилена из-за разрушений и вмонтирована в новую доску.

Но разрешать поставленные вопросы необходимо, поскольку ответы существенны не только для уточнения места и времени создания икон, но и для прояснения их исторической судьбы. Например, исследова-

ние характера обработки, креплений и соотношения размеров досок послужили одним из аргументов для пересмотра общепринятой точки зрения на иконы знаменитого Высоцкого деисусного чина. Считалось, что этот чин был выполнен в 1380–1390-х годах константинопольским художником по заказу Афанасия Высоцкого, основателя и первого игумена Высоцкого монастыря в Серпухове. Судя по отрывочным сведениям из документов и позднему преданию, Афанасий провел последние годы жизни в уединении и молитвах в келье константинопольского Студийского монастыря, но не забывал родной обители, послав туда в дар своему преемнику великолепный по качеству письма крупномасштабный Деисус. Но как показали исследования, деревянные щиты икон изготовлены в какой-то значительной мастерской на Руси, скорее всего — московской, митрополичьей или великокняжеской, где работали профессионалы самого высокого уровня. Соответственно, есть все основания полагать, что там же, под руководством одного из приезжих византийских художников-виртуозов и были написаны иконы Высоцкого чина.

#### Паволока и левкас

Рентгенография икон дает представление не только об устройстве деревянной основы, но и об особенностях паволоки (кусков ткани, которая наклеивалась на иконный щит) и грунта — левкаса, наносившегося поверх нее и затем шлифовавшегося определенным образом для получения ровного подготовительного слоя под живопись. Рассмотрение структуры паволоки, иногда имеющей специфическое плетение волокон или узоры, может быть информативным для определения происхождения памятника. Но обычно гораздо более важно понять, как эта ткань распределялась по поверхности иконы, оценить степень сохранности первоначального левкаса, ответить на вопрос о наличии и датировке или об отсутствии поздних вставок. Во время церковных реставраций ветхий грунт вместе с паволокой нередко вырезался до доски, а утраты аккуратно заполнялись новым левкасом с живописью «в старом стиле».

Для изучения древней живописи особенно показательными оказываются фотографии в инфракрасном излучении, так как многие краски в инфракрасном свете теряют плотность и становятся прозрачными, позволяя увидеть нижележащие слои, включая подготовительный рисунок. Именно этот авторский рисунок и характер его нанесения — уверенный или, напротив, робкий, отдельными мазками или единой линией, обозначающей положение фигуры в пространстве — дают наиболее ясное представление о манере письма художника. Например, главный мастер уже упоминавшегося Высоцкого чина обладал удивительно твердой рукой: он наносил тонкие линии, которые намечали общую композицию, конкретизировали детали и формы, ведя кисть не прерываясь, буквально одним законченным движением. Этот рисунок свидетельствует не только об исключительном художественном даровании, но и о высокопрофессиональной выучке в соответствии с лучшими традициями классической живописи Константинополя позднего XIV века.

#### Краски и слои

Не менее существен при технико-технологических исследованиях икон тщательный осмотр живописной поверхности в микроскоп с последующим микрофотографированием — это дает возможность установить локализацию поздних прописей и, самое главное, порядок наложения, количество и характеристики первоначальных красочных слоев, то есть особенности письма мастера на уровне индивидуальных авторских приемов. Сравнительно недавно было завершено изучение самой древней из сохранившихся русских икон святителя Николая с избранными святыми на полях конца XII — начала XIII новгородского происхождения, в XVI столетии вывезенной Иваном Грозным в Москву, в Новодевичий монастырь. Примечательно, что именно эти, казалось бы, не самые сложные методы исследовательской работы позволили окончательно расстаться с устойчивым заблуждением о создании центрального образа святителя и фигур палеосных святых в разное время и разными художниками. Принципиальное сходство приемов письма убеждает в том, что вся икона была выполнена одновременно в одной мастерской, вероятнее всего — одной рукой, несмотря на традиционное для искусства византийского круга упрощение живописи на полях.

Те же виды исследований дают общее представление о наборе пигментов в использованных художниками красочных смесях, которое затем уточняется с помощью химического или рентгенфлуоресцентного анализа. И хотя этот набор значительно менялся в зависимости от наличия или отсутствия того или иного пигмента, его устойчивость служит признаком создания разных произведений в пределах одной мастерской в определенный отрезок времени, в кругу близких художников. В ряде случаев анализ красочных смесей способен разрешить вопросы спорных атрибуций. Например, при подготовке к изданию Каталога лицевых рукописей XI–XVII веков из собрания Третьяковской галереи 2010 года, в исследовательской группе возникли разногласия в датировке первой из четырех миниатюр, выполненной на вставном листе, к роскошному Евангелию конца XV столетия (так называемому Золотому евангелию из коллекции И.С. Остроухова). Одни авторы были убеждены в написании этой миниатюры с изображением евангелиста Матфея в XIX веке, при антикварной реставрации рукописи, для восполнения неполного комплекта иллюстра-

ций. Другие настаивали на единовременности создания миниатюр, отмечая, что для первой из них использовался более древний образец, с чем и связаны художественные различия с остальными. Разрешить сомнения удалось только прибегнув к помощи реставраторов и химиков-технологов, которые пришли к выводу, что во всех изображениях евангелистов лики, одежды разных цветов и детали фона выполнены идентичными по составу красочными смесями, пигментами одинакового помола, буквально «из одной баночки», доказав, что пред нами — творения художников одной мастерской.

#### Анализ

Едва ли не самый сложный и, несомненно, завершающий этап комплексных работ с каждым памятником — научное осмысление итогов технико-технологических исследований. Здесь полное право принадлежит искусствоведам, которые должны соотнести полученные результаты с историческими сведениями, архивными документами, публикациями предшествующих авторов, с общей картиной художественной, духовной и интеллектуальной жизни определенного периода средневековой культуры. Более того, поскольку иконопись, как известно, искусство каноническое и есть, по существу, богословие в красках, необходимо найти истоки иконографической программы произведения, проанализировать изменение типологии того или иного изображения и дополнение его новыми деталями на протяжении веков с тем, чтобы понять, о каких именно идеях и смысловых акцентах свидетельствует интерпретация традиционной композиции в этом конкретном произведении.

Когда реставратор Третьяковской галереи Д.Н. Суховерков во время исследований 2013 года совершил поистине уникальное открытие — обнаружил на оборотной стороне чтимой иконы Богоматери Владимирской первой трети XII века под сохранившимся изображением Престола с орудиями Страстей начала XV столетия следы от гвоздей оклада более древнего образа святителя (скорее всего Николая Мирликийского), были не ясны ни эпоха его создания, ни когда и по каким причинам он был заменен ныне существующим. Высказывались самые разные гипотезы, порой фантастические, например — об исполнении Престола с Орудиями страстей в XIX веке. На созванном для обсуждения этого открытия круглом столе некоторые наши коллеги из других организаций в силу вполне естественной привычки придерживаться традиционных взглядов говорили о том, что «реставратору нечто привиделось, из чего была сделана сенсация». Только последующие исследования, завершившиеся написанием книги об иконе Богоматери Владимирской в 2016 году, дали возможность подвести итоги очередному этапу изучения памятника. В частности, было высказано аргументированное предположение об одновременном создании изображений Богородицы с Младенцем на лицевой и святителя на оборотной сторонах иконы, что меняет осмысление образа в целом.

#### Книга и икона

Прежде главной темой иконы считалась страстная, которая выделялась в связи с существованием на обороте Престола с орудиями Страстей, теперь сочетание Богородичного образа со святителем акцентировало не столько грядущие страдания Христа, сколько основные для Литургии идеи спасения и приобщения к вечной жизни человеческого рода. Примечательно, что именно такое почитание Владимирской иконы как милостивой заступницы и покровительницы Руси и всех христиан нашло отражение в текстах посвященных ей служб XVI–XVII веков. Что же касается судьбы древнего изображения святителя, то, по-видимому, оно сильно пострадало при одном из постигших икону несчастий (например, при пожаре в Успенском соборе во время нашествия Батые в 1238 году), долгое время оставалось без возобновления и было окончательно забыто. Лишь в этом случае при очередной реставрации святыни могло произойти столь серьезное изменение ее иконографической программы.

Аналогичные монографические исследования подвели итоги комплексного изучения икон «Святая Троица» Андрея Рублева (2014 год), «Древо государства Московского (Похвала иконе Богоматери Владимирской)» (2015 год) и других произведений Симона Ушакова (Каталог выставки «Симон Ушаков — царский изограф», 2015 год). Сейчас готовится к выходу из печати книга, посвященная еще одному чтимому двустороннему образу — иконе «Богоматерь Донская», с «Успением» на обороте, которая ранее приписывалась кисти Феофана Грека. В будущем предстоит осмыслить результаты исследований знаменитого Звенигородского чина, совсем недавно энергично обсуждавшиеся на очередном круглом столе в Третьяковской галерее и после него.

Сейчас выполняется программа изучения древнейших русских памятников искусства домонгольского времени начала XII — первой трети XIII веков из собрания галереи, рассчитанная на два года, она должна завершиться изданием подробного каталога с расширенным описанием сохранности, технико-технологических исследований и почти монографическими по степени погружения в материал разделами иконографии и атрибуции произведений. Несмотря на то что сейчас говорить о каких-то научных открытиях было бы преждевременным, они уже есть, и мы очень надеемся на новые.

ЕКАТЕРИНА ГЛАДЫШЕВА,  
старший научный сотрудник Государственной Третьяковской галереи

# «ОТКРЫТЬ НОВЫЙ ПОДВИД ЧЕЛОВЕКА — МЕЧТА ЛЮБОГО АРХЕОЛОГА»

В начале августа знаменитый французский археолог Анри де Люмле по приглашению академика РАН Анатолия Деревянко посетил четыре алтайские пещеры — археологические памятники, в которых многие годы ведут работы новосибирские ученые, сотрудники Института археологии и этнографии СО РАН: пещеры Денисова, Чагырскую, Окладникова и Усть-Канскую. О своих впечатлениях АНРИ ДЕ ЛЮМЛЕ рассказал корреспонденту «Ъ-Науки».



**Анри де Люмле** — специалист по палеолиту, исследователь важных археологических памятников во Франции и в Испании, первых следов присутствия гоминидов в Европе. Директор Института палеонтологии человека в Париже и профессор при Музее естественной истории в Париже, в недавнем прошлом директор Французского национального музея естественной истории

— Анри де Люмле впервые побывал в той самой пещере, где жили денисовцы

будут разделять на период “до профессора Деревянко” и “после профессора Деревянко”.

В отличие от европейских пещер, где также находят много останков древних людей, в пещерах на Алтае сохранность ДНК просто уникальная, поэтому у сибирских археологов есть чудесная возможность расшифровать ее и изучать. Исследования новосибирской команды открывают качественно новый этап научных работ. В алтайских пещерах я видел не только археологов — там работает целая группа специалистов: трасологи, палинологи, палеонтологи, генетики. Институт демонстрирует высокопрофессиональный междисциплинарный подход к изучению глубокой древности.

Поскольку в процессе раскопок памятник разрушается, то самое главное — ничего не упустить. Каждая мельчайшая чешуйка, обнаруженная при раскопках, немедленно фиксируется, описывается во всех измерениях, и ее координаты заносятся в компьютер. В камеральных помещениях находки изучают специалисты по разным дисциплинам, международные команды. Я встречал в алтайских пещерах и польских, и французских коллег. На следующей неделе там будут работать австралийские ученые.

Я руководил раскопками палеолитических памятников во многих странах, используя междисциплинарный подход: в Греции, на Пелопоннесе и на юге Эфиопии, где мы обнаружили памятник, который позволил реконструировать образ жизни первых

«Таких крупных, массивных зубов, как у денисовцев, не было ни у кого из обнаруженных до сих пор древних людей! — удивляется Анри де Люмле, который руководил десятками раскопок палеолитических памятников по всему миру и держал в руках сотни различных частей скелета древних гоминидов. — Моя супруга в данный момент как раз изучает этот зуб в вашем музее. Я много раз был в России в разных городах, но в Сибири и на Алтае не бывал ни разу, и я искренне потрясен. Я мечтал побывать в той самой пещере, где жили денисовцы. Открыть новый подвид человека — это мечта любого археолога, который занимается палеолитом. Возможно, в будущем археологию

В отличие от европейских пещер, где также находят много останков древних людей, в пещерах на Алтае сохранность ДНК просто уникальная, поэтому у сибирских археологов есть чудесная возможность расшифровать ее и изучать



**АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ АЛТАЯ**

**Денисова пещера** находится в Солонешенском районе Алтайского края в долине верхнего течения реки Ануй. Как археологический объект пещера была открыта в 1977 году палеонтологом Николаем Дмитриевичем Оводовым. В настоящее время в пещере изучены отложения возрастом от 300 тыс. лет до современности. Ряд слоев содержит археологические остатки палеолитического времени, а также эпохи бронзы, раннего железного века и этнографического времени. В последнее время пещера стала широко известна благодаря анатомическим находкам нового вида человека *Homo altaensis*, или денисовского человека, ДНК которого отличается и от ДНК человека современного физического облика, и от ДНК неандертальца. Примечательно, что костные останки неандертальца были найдены в тех же слоях, в которых был обнаружен генетический материал (фаланга пальца и зуб) денисовского человека. Популяция денисовцев существовала на Алтае вместе с наиболее восточной группой неандертальцев, выявленной по данным анализа останков ископаемого человека из пещер Окладникова и Чагырской.

**Чагырская пещера** расположена в среднегорном районе Северо-Западного Алтая. Пещера имеет северную экспозицию и располагается на высоте 25 м над уровнем Чарыша, своей приустевой частью выходит на вертикальную поверхность уступа фрагмента цокольной террасы высотой 50–60 м, сложенного серыми, массивными, нижнесилурийскими известняками чагырской свиты. Пещера имеет два зала общей площадью около 130 кв. м, один из них дает начало трем почти полностью погребенным горизонтальным и вертикальным галереям. В настоящий момент коллекция каменных артефактов включает в себя более 84 тыс. экземпляров. Широкую известность памятник приобрел благодаря обнаружению зубов и частей скелета неандертальца.

**Пещера Страшная** — многослойная палеолитическая стоянка, расположена на территории Северо-Западного Алтая, в среднем течении реки Ини, недалеко от села Тигирек. Как археологический объект пещера стала известна в 1966 году. Последние 20 лет научные изыскания на памятнике осуществлялись исследовательскими коллективами Института археологии и этнографии СО РАН под руководством А.П. Деревянко, А.Н. Зенина, А.И. Кривошапкина. На фоне каменных индустрий Горного Алтая материалы стоянки выглядят более архаично. В отложениях финала среднего — начала верхнего палеолита пещеры Страшной была сделана уникальная для Алтайского региона находка человеческих останков, принадлежащих *Homo sapiens*. Уникальные орнаментированные орудия и украшения из кости, являющиеся частью того же археологического комплекса, говорят о высоком уровне развития культурных и технологических традиций древних обитателей пещеры.

людей на Земле. В Африке я еще работал в пустыне Сахара, и, знаете, нам удалось выяснить, что более миллиона лет назад на ее месте было много озер и росла густая сочная трава, которую ели крупные травоядные млекопитающие. Правда, это продолжалось недолго — примерно 5–10 тыс. лет. Также я исследовал памятник в Грузии, в Дманиси, недалеко от Тбилиси, где было обнаружено пять черепов *Homo georgicus* (человека грузинского) в слоях возраста 1 млн 800 тыс. лет. Как антрополог моя супруга изучала эти материалы вместе с грузинским коллегой Лео Габунией, и они сошлись во мнении, что это был новый подвид. Важно было понять, к кому он был ближе — к человеку прямоходящему (*Homo erectus*) или к человеку умелому (*Homo habilis*). Ведь Грузия — перекресток путей между

— Вместе с выдающимся французским ученым алтайские пещеры посетила его ближайшая коллега и супруга — антрополог Мари-Антуанетт де Люмле



— В Сибири французские гости ознакомились с экспозициями Музея народов Сибири и Дальнего Востока (на фото) и Музея под открытым небом ИАЭТ СО РАН, а также с работами Центра «Геохронология кайнозоя», где ведется целый спектр исследований различных древних материалов: от пыльцы и древесины до кости, кожи и ткани

Южной, Центральной Азией и Европой. Американские исследователи считали, что грузинский человек — это *Homo erectus*, пришедший из Африки. Но каменные орудия *Homo georgicus* не имели ничего общего с ашельскими бифасами. Абсолютно другая культура, никаких бифасов и совсем другие способы обработки камня».

«Я думаю, что этот человек был не таким, как первые выходцы из Африки, — предположил профессор де Люмле. Возможно, из Африки вышел не *Homo erectus*, а сразу *Homo habilis*. Другими словами, было несколько волн миграции. Первая волна — 1,8–1,7 млн лет назад. Это была миграция человека, который появился в Африке и начал еще там делать орудия около 2 млн лет назад. Примерно в этот период мы обнаруживаем следы его пребывания на Ближнем Востоке. А спустя 200–300 тыс. лет мы видим человека умелого в Дманиси. Что же касается *Homo erectus*, то это была вторая волна миграции из Африки 1,4 млн лет назад, которая характеризуется хорошо изученной ашельской индустрией обработки камня».

В современных людях есть генетическое наследие и от денисовцев, и от неандертальцев



По мнению Анри де Люмле, в археологии и, в частности, в изучении палеолита получение новых знаний может быть не постепенным. Могут происходить революции — мгновенный переворот в представлениях. Для этого нужны международные и весьма продуманные программы исследований, какие сегодня ведутся на Алтае благодаря инициативе академика Деревянко. «Все девять дней нашего путешествия на Алтай были насыщенными. Практически каждый день мы видели новые памятники и знакомились с новыми командами исследователей», — вспоминает профессор.

Ученый сравнил пещеру с жестким диском компьютера, который, впрочем, сохраняет не только базовую информацию, но и каждое произведенное с ним действие, а задача археологов — аккуратно, «слой за слоем», снять с него всю информацию, не повредив и не исказив ее. Денисова пещера сообщила всему миру, что 200 тыс. лет назад человек уже заселил Северную Азию. На очень небольшом пространстве пещеры одновременно существовали разные группы людей — денисовцы и неандертальцы. Это означает, что разные подвиды человека общались между собой, а генетические исследования установили следы метисации между этими популяциями, то есть показали, что они скрещивались.

«Нигде в мире подобное наблюдение не имело места. В современных людях есть генетическое наследие и от денисовцев, и от неандертальцев. Чувствуя, что в моих жилах течет их кровь, я не мог не посетить пещеры своих далеких предков», — заключил Анри де Люмле.

МАРИЯ РОГОВАЯ

# «СЕЙЧАС В ЭКОНОМИКЕ ОДНО, В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДРУГОЕ, В ЧАСТИ ПОЛИТИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ — ТРЕТЬЕ»

О том, почему в политологии мало истинной науки, почему возрастает угроза ядерной войны, можно ли победить терроризм и кого считать террористами, каковы национальные интересы России и есть ли выход из украинского и сирийского кризисов — в интервью академика АЛЕКСЕЯ АРБАТОВА, доктора исторических наук, руководителя Центра международной безопасности Института мировой экономики и международных отношений РАН.



демократическом формате, где политология могла бы свободно развиваться, конкурировать за счет качества своих исследований (а не уголивости в адрес грантодателей) и служить для общества и государства инструментом оценки их состояния и перспектив. Впрочем, есть мощные силы противодействия указанному направлению развития страны, не говоря уже о политологии.

— Вы крупнейший специалист в области международной безопасности. Что можно сказать о безопасности сегодняшнего мира?

— Спасибо на добром слове, а что касается безопасности сегодняшнего мира, то она оставляет желать лучшего. Надежды на всеобщую гармонию, взаимодействие и согласие после окончания холодной войны не сбылись. Я бы не сказал, что сейчас ситуация хуже, чем в годы холодной войны, но, несомненно, ныне она намного сложнее. Между отдельными центрами силы, например, Россией и Западом, сегодняшние отношения могут вполне характеризоваться как холодная война: есть и гонка вооружений, и пропагандистская (информационная) война, и экономическая война (взаимные экономические санкции) — это все напоминает отношения между Советским Союзом и США во главе двух противостоявших глобальных коалиций государств. Но остальной мир живет по другим правилам. Например, Китай не участвует ни в какой холодной войне, он стал второй державой в мире по экономике и, наверное, в обозримом будущем станет равным США по военной силе. Сейчас он ни с кем не ведет холодную войну, старается со всеми строить отношения прагматично и извлекать из них выгоду, а также из конфронтации и противоречий между другими странами, как между Россией и США. Не стоит говорить о безопасности только как об отсутствии войн. В годы холодной войны глобальных вооруженных столкновений тоже не было, но было много локальных и региональных конфликтов, в которых погибли десятки миллионов людей. Впрочем, тогда это воспринималось иначе, чем сейчас. Не было такой информационной доступности, когда мы узнаем новости о происшествии, которое случилось всего несколько часов назад на другом конце планеты. Тогда все войны, даже весьма разрушительные, воспринимались как побочные явления, потому что мир боялся глобальной ядерной войны и в течение нескольких десятилетий жил в ее ожидании. А такие конфликты, как в Корее, во Вьетнаме, в Афганистане, воспринимались как «побочные» явления. Теперь угроза ядерной войны снова возрастает из-за противоречий России и Запада. Правда, страх ядерной войны среди населения стал меньше, потому что более двадцати лет люди привыкли жить в мире. Но не стоит забывать, что страны все еще имеют крупные запасы ядерного оружия, и успокоенность, существующая ныне, не оправдана. Беспокоиться по этому поводу стоит, нужно принимать меры для предотвращения ядерной войны, для укрепления режима и системы контроля над ядерным оружием. К тому же есть и другие угрозы, например, новое оружие массового поражения и средства его доставки, локальные войны, этнические конфликты. Когда распадаются традиционные идеологии (коммунизм, либерализм), на передний план снова выходят застарелые этнические и религиозные конфликты, которые создают почву для экстремизма и радикализма. Не стоит забывать и о терроризме. Терроризм — это не новое явление, он существует уже много веков как специфическая форма насилия, призванная достичь тех или иных политических целей. Вспомним терроризм в России в конце XIX века, даже императора взорвали. Новизна современного терроризма состоит в том, что он приобретает массовый характер, создает собственные армии, квазигосударства и пытается утвердить свою средневековую философию, совершает свои крестовые походы, только наоборот — под знаменем не Христа, а полумесяца. Такого раньше не было. Нынешний международный терроризм — это экстремальная форма противодействия глобализму, информационной революции, открытым границам. И терроризм, в отличие от прошлых времен, активно использует все преимущества, которые предоставляет свобода коммуникаций, информационная революция, открытые границы: финансовые потоки, возможность приобретать современные виды оружия. Терроризм активно и цинично пользуется благами демократии с ее терпимостью, страхом установить излишний полицейский надзор над гражданами (мы видим это в Европе).

Победить терроризм в принципе можно, если крупные государства — Россия, США, Китай, страны Европейского союза, Япония, Индия — придут к согласию, что терроризм — общий враг, а остальные разногласия нужно отодвинуть на задний план и объединенными усилиями бороться с этим явлением. Проблемы тут, конечно, большие. Например, они заключаются в том, кого считать террористами. Это отношение во многом определяется другими, в том числе геополитическими, интересами государств. Вот в Сирии, помимо ИГИЛ, «Джебхат ан-Нусры» (запрещенные в РФ террористические организации) — «Б-Наука», воюет большая военизированная организация «Хезболла». Она является порождением Ирана, это очень сильная армия, которая воюет против ИГИЛ. Но ее вся Лига арабских государств и весь Запад считают террористической организацией, а Израиль видит в ней еще большую угрозу, чем ИГИЛ или «Аль-Каида» (также запрещена в РФ — «Б-Наука»). Россия с этим не согласна, почти нигде и никогда ее не упоминает, а только призывает не делить террористов на «хороших и плохих». Эта группировка является яблоком раздора между Россией и Западом, так же, как и курды, режим Асада и «умеренная» оппози-

— Что есть предмет политологии? Как родилась эта наука? Можно ли говорить о каких-либо законах науки политологии?

— Политология пришла к нам с Запада, она, по сути, занимается текущей и будущей историей внутренней политики стран и международными политическими отношениями. Это сфера общественной науки наиболее подвержена ненаучным политическим влияниям, больше, чем социология или история. В ней пока мало истинной науки, которая опирается на точные данные, объективный анализ, которая выходит с результатами, не подстраиваясь под тех, кто заказывает исследование, или под тех, кто может за это исследование отблагодарить или наказать. В этом она сильно отстает от других видов общественных наук, не говоря уже о точных и естественных. В России как в молодом государстве, стране, еще не определившейся ни со своей экономикой, ни со своим политическим строем, ни со своей внешней политикой, политология еще в зародыше. Нельзя сказать, что ее нет. Она есть в исследованиях независимых центров, независимых ученых, но она еще на ранней стадии развития. Кстати, я себя никогда не относил к политологам. Я работаю в особой сфере пересечения точных и технических наук, политики, экономики и международного права, и все это относится к такой сложной и специфической сфере, как международная безопасность, стратегическая стабильность, ограничение вооружений, разоружение, распространение оружия и так далее. По этой специальности меня в 2011 году избрали академиком РАН.

— В наших интервью мы всегда просим описать нынешнее состояние России с точки зрения той области науки, которой занимается наш собеседник. Пожалуйста, охарактеризуйте состояние политологии в России и состояние России с точки зрения политологии.

— Российской политологии присущи уникальные черты, во-первых, российской истории, которая по-своему уникальна, а во-вторых — черты нынешнего этапа развития России как общества и государства. И это определяет ее специфику. Поясняю эту мысль, стоит сказать, что Россия находится на промежуточном этапе развития. В России не диктатура, не тоталитарная система, какая была в СССР, когда о политологии и думать было нельзя: был марксизм-ленинизм и решения пленумов и съездов ЦК КПСС — вот и вся политология. Россия уже не там, но еще и не в новом

В отличие от русского языка, в мире слово «влиять» в политологическом лексиконе не обязательно имеет положительное значение. Президент Путин считается самым влиятельным политиком мира, но это не значит, что к нему хорошо относятся

# ИНТЕРВЬЮ ПОЛИТОЛОГИЯ

ция этому режиму. Объединиться трудно, потому что у нас разные взгляды на одни и те же вещи, но это возможно, и начать нужно с ИГИЛ, с «Джебхат ан-Нусры», а потом уже говорить об остальных террористах.

— **Каковы в этом контексте национальные интересы России?**

— Убеден, что ее интересы не в возрождении империи и не в объединении русских, славян или православных, живущих за рубежом, хотя о них нужно заботиться и их защищать. Самый главный интерес России — обеспечить экономический рост, процветание, безопасность и все демократические права своих граждан, которые зафиксированы у нас в Конституции. Для того чтобы обеспечить экономический рост, основанный не на нефти и газе, нужны очень глубокие экономические и политические реформы — здесь одно связано с другим. И вся наша внешняя политика и стратегия безопасности должны быть направлены на то, чтобы создать благоприятные условия для преобразований, которые нам нужны. После распада Советского Союза и крушения советской экономики и идеологии произошла революция — переход к рыночной экономике, но достаточно уродливого типа, к «первобытному капитализму», о котором писал Маркс. Нам нужно совершить вторую революцию и этот капитализм перевести в цивилизованную рыночную экономику с обеспечением социальных прав граждан и их демократических свобод. Без этого не придут зарубежные инвестиции, а наши не вернуться, не придут передовые технологии, если у нас в любой момент могут обложить данью успешное предприятие или рейдерским захватом подчинить себе. А непосредственно во внешней политике нам нужно обеспечить безопасность государства, чтобы никто не вздумал покуситься на наши ресурсы, просторы, экономические активы, на безопасность наших граждан. Нам нужно наладить хорошие отношения с теми государствами, от которых мы можем получить инвестиции и высокие технологии — это страны Запада. Но нам обязательно следует также дружить с Китаем и с Индией — это огромные рынки и источники дешевой продукции. Нам обязательно нужно спасти и укрепить систему контроля над ядерным оружием (а сейчас и вовсе поставить эту задачу на передний план). Если этот режим рухнет и у нас через двадцать лет будет не девять, а свыше двадцати ядерных держав, а через них ядерное оружие попадет в руки международного терроризма, тогда не позавидуешь нашим детям и внукам. В этом все зависит от двух главных стран: России и США (не от Китая и США, как в экономике). И именно Россия и США могут определить дальнейший ход событий в этой области, конечно, с привлечением Китая, Индии, стран Евросоюза и других государств.

— **Такое впечатление, что отношения России и США переживают худшее время за последние тридцать лет. Есть ли основания действительно так думать? Существуют ли точки совпадения интересов у двух стран? Изменил ли ситуацию новый президент Дональд Трамп?**

— Безусловно, так: Россия и США переживают худший период в своих отношениях. Но объективно точки совпадения интересов есть. Они заинтересованы в уничтожении международного терроризма, они заинтересованы в жестком контроле над ядерным оружием и другими видами оружия массового поражения, они заинтересованы в экономическом взаимодействии. Но эти интересы не в полном объеме отражаются в умах государственных руководителей, которые ставят на передний план другие соображения, и это ведет нас к конфронтации, мешает объективно общие интересы превратить в субъективно общую политику сотрудничества. И пока новый президент США не изменил ситуацию. Пока он сделал только первый шаг, показал на встрече с Путиным в Гамбурге, что целью его политики не является наказание Путина и мшние ему за все, за что Запад хочет ему отомстить. Это, на мой взгляд, очень важно, это отличает его от прежнего президента Барака Обамы и от Хиллари Клинтон. Трамп показал, что хочет заключать сделки, сотрудничать, но, конечно, на своих условиях. Он будет защищать не российские интересы, а американские, и именно так, как он сам их понимает. Он будет очень жестким, подчас непредсказуемым партнером. Мы рассчитывали видеть в нем более легкого партнера, потому что не учли, что президент в Америке не то же, что президент в России. У нас Владимир Путин имеет огромную власть в определении внешней политики, а во внутренней ему практически никто не противопоставит: ни какие-либо другие ветви власти, ни гражданское общество, ни СМИ (за редкими и небольшими исключениями). У Трампа власти в руках гораздо меньше, даже во внешней политике, не говоря о внутренней, где он со всех сторон «обложен» Конгрессом, государственными органами штатов, прессой, политической и интеллектуальной элитами, судами, которые запросто могут отменить президентский указ, как мы несколько раз за последние месяцы видели. Также у нас не до конца осознали, насколько велика враждебность к администрации Путина и его политике в США и в Европе. Думали, что с Трампом будет легко договориться. Нет, не легко из-за сильной внутренней оппозиции в США и в силу того, повторюсь, что Трамп жесткий оппонент в торговле по любому вопросу, будь то Донбасс, экспорт нефти и газа или Сирия. Но все же лучше иметь дело с жестким партнером на переговорах, чем с оппонентом, который вообще никаких переговоров не хочет. И последние встречи в этом контексте дают надежду. Хотя, к сожалению, на ней не обсуждались вопросы контроля над ядерным оружием. Я считаю это упущением и надеюсь, что на следующей встрече они будут поставлены на первое место. В целом, пока нам с Трампом будет лучше, чем последние четыре года было с Обамой или чем было бы, если бы президентом стала Клинтон.

В части политического влияния, помимо ядерного оружия и способности использовать силу вблизи своих границ и избирательно — в соседних регионах, США остаются намного более мощной державой, чем Россия или Китай. Это объективно, но не субъективно делает лидера США фигурой номер один в мире. Но в индивидуальном качестве, с точки зрения способности влияния на свою внутреннюю политику и на международные дела, самым влиятельным политиком мира остается Владимир Путин. Но в отличие от русского языка, в мире слово «влиять» в политологическом лексиконе не обязательно имеет положительное значение. Президент Путин считается самым влиятельным политиком мира, но это не значит, что к нему хорошо относятся. У него очень много врагов, но они признают, что он государственный лидер, который может оказывать очень большое влияние на мировые дела, во всяком случае, в военно-политической области, в вопросах безопасности. В экономике — несопоставимо меньше, здесь руководители Китая и США несомненные лидеры.

— **Тридцать лет назад основными действующими лицами на мировой политической сцене были США и СССР, это распространенное мнение. Так ли это, может быть, ситуация была сложнее? Сейчас какова расстановка политических сил в мире? Можно ли говорить о «лагерях» в мире — российском и американском? Можно ли говорить об исламе как о единой мировой силе? Какова роль Китая?**

— Да, США и СССР были лидирующими фигурантами в мировой политике. Но это не значит, что никого кроме них не было. Была Индия, было движение неприсоединения, разные национально-освободительные движения, которые воевали против колониализма и друг с другом. Великие державы, конечно, пытались их использовать в своих целях, но они зачастую оборачивались к ним «волчьим оскалом». США, например, во время борьбы с Советским Союзом в Афганистане практически сами взрастили «Аль-Каиду», устроившую потом в Америке теракт, которого не забудут никогда. Мы, в свою очередь, взрастили палестинских террористов в борьбе против Израиля, а они потом влились в исламские группировки и воевали против нас в Афганистане, а сейчас подпитывают международный терроризм в Сирии, Ираке, Африке, в Юго-Восточной Азии — по всему миру. Сегодня есть очень большой «американский лагерь», имеющий 27 союзников в Европе по НАТО, несколько больших союзников в Азии. У них превалирует союзническая солидарность, но это не значит, что между ними нет своих ссор, подковерной борьбы и противоречий — все есть. Но в целом это

## Терроризм активно и цинично пользуется благами демократии с ее терпимостью, страхом установить излишний полицейский надзор над гражданами (мы видим это в Европе)

Индия — она наш традиционный давний друг и партнер, но очень тщательно позиционирует себя как неприсоединившееся нейтральное государство. Говоря о лагерях, Китай, кстати, стоит отметить отдельно. У него особых союзников нет, но благодаря своей огромной экономической мощи и огромному торговому потенциалу он захватывает все большую часть мира — Центральная и Юго-Восточная Азия, Африка, Латинская Америка. А теперь он начал прокладывать «шелковый путь» в Европу, чтобы войти туда по полной программе. Так что, говоря об экономических, а не политических лагерях, сейчас США и Китай играют самую большую роль. В военном отношении, напомним, это США и Россия. Но и тут Китай быстро наращивает потенциал и через десять-пятнадцать лет вполне может сравняться с двумя сверхдержавами. Как я сказал раньше, ситуация очень асимметричная и гораздо более сложная, чем во времена холодной войны. Тогда все четко разделялось: в экономике, и в политике, и в военных делах были две сверхдержавы и два лагеря, а все остальные — какие-то слабые и неприсоединившиеся конгломераты. А сейчас в экономике одно, в сфере безопасности другое, в части политического влияния — третье. Мир стал многомерным, взаимозависимым и исключительно динамичным. Посмотрите на наши отношения с Турцией, они меняются каждые несколько месяцев. Такого во время холодной войны не было. Были крутые повороты, как наша ссора с Китаем или американская ссоры с Ираном или с Францией, когда она вышла из военной организации НАТО. Но таких динамичных перемен тогда не было. Это вызывает большой психологический стресс у политических руководителей, которые каждое утро встают и проверяют, как там обстоят дела в мире и не произошло ли каких-то неожиданных изменений.

Что касается ислама, то поскольку мы говорим об исламском экстремизме, он хочет силой оружия весь мир превратить в халифат. Но внутри ислама нет единства, это не гомогенная сила. Например, между шиитами и суннитами в последние месяцы разразилась настоящая горячая война, где уже погибли сотни тысяч людей. Так будет продолжаться и дальше, исламские государства зачастую вовсе не едины в своих позициях. Говорить о едином исламском факторе нельзя, хотя в идеологическом отношении ислам как религия бросает вызов и российской идеологии, что бы под этим ни понималось, и либерально-западной, одинаково ненавидит и тех и других. Этот вызов сейчас такого же масштаба, каким в конце XIX — начале XX веков был вызов, брошенный коммунистической идеологией капитализму, кроме которого в мире ничего и не было: был капитализм и его колонии.

— **Пятьдесят лет назад была опасность ядерного столкновения великих держав. Сейчас иногда слышны слова об ограниченной ядерной войне. Насколько это осмысленная идея?**

— Если речь идет о третьих государствах, то эта ограниченная ядерная война — реальность, потому что у этих держав ограниченное количество ядерного оружия, хотя и немалое. Например, у Индии и Пакистана примерно по сто ядерных зарядов «на брата». Если они их применяют, то будет ограниченная война, ограниченная рамками Южной Азии, но жертвы будут исчисляться десятками миллионов, а вторичные последствия — радиоактивные, климатические — затронут весь земной шар, и пострадают все. По некоторым подсчетам, климатические изменения скажутся на сельском хозяйстве, вызовут крушение медицины, распространение болезней, погибнет миллиард человек. То же самое относится и к Корее: если Северная Корея развьет ядерную войну, то она тоже будет ограниченной, но гибельной для миллионов людей. Поскольку речь идет о крупных державах: Китае, России, США, — концепции ограниченной войны снова вошли в обиход. Но они являются необоснованными, безответственными и очень опасными, они порождают иллюзию, что ядерное оружие можно рационально использовать в условиях кризиса или конфликта. Это не так: любое применения ядерного оружия вызовет молниеносную эскалацию, приведет к массивному обмену ядерными ударами, и тогда, естественно, погибнет уже весь мир и не от вторичных последствий, а от самых прямых. У России и США все еще есть по несколько тысяч ядерных боезарядов.

— **Каким вам видится выход из украинского и сирийского кризисов?**

— Краткосрочный выход и в этих двух ситуациях состоит в том, чтобы добиться надежного прекращения огня. В сирийском случае это зависит от способности России, США, американских союзников и российских союзников в лице Ирана и сирийского правительства поддержать прекращение огня и начать мирный процесс. В конечном итоге он может привести к какой-то договоренности, в рамках которой Сирия будет уже не прежним государством, а совокупностью всех общин, которые там живут — и религиозных, и этнических (имею в виду курдов). Там мог бы установиться мир, какой в итоге был достигнут в Ливане после затяжной гражданской войны — баланс на основе общинного разнообразия, хоть и не очень прочный. Что же касается Украины, то все признают, что минским договоренностям нет альтернативы, но они постоянно нарушаются, «пробуксовывают». Отсюда только один логичный вывод: нужно помочь минским договоренностям заработать, согласовать дополнительные механизмы их выполнения, хотя бы в первых пунктах, которые открыли бы путь к остальным пунктам. Напомню, что в начале списка там — прекращение огня и отвод тяжелых вооружений. Если не удастся уговорить и ту и другую сторону выполнять эти пункты, то следует по линии противостояния вводить мощный миротворческий контингент под эгидой ООН, включая российские части, который надежно способствовал бы прекращению огня. Иначе нарушитель будет просто уничтожен. Это первый шаг, на основе которого и остальные пункты договоренностей могут начать работать. Я думаю, что будущее Украины — государство нейтральной военно-политической ориентации, несмотря на те законы, которые они недавно приняли о желании вступить в НАТО. Думаю, Россия и Запад могут об этом договориться. А в экономическом отношении Украина будет развиваться по европейскому пути, но возобновит экономические и гуманитарные связи с Россией. Мы с ЕС хоть и не слились в единое целое, но имеем огромные экономические связи даже сейчас, после нескольких лет санкционной войны. Так что мы сможем остаться и с Украиной крепкими торговыми партнерами даже при ее экономическом развитии в сторону Запада, но при условии нейтралитета.

— **НАТО — организация, фактически объявленная противником России. Действительно ли России следует опасаться ее активности?**

— Опасаться военного нападения на Россию со стороны НАТО не стоит, таких планов и возможностей у них нет. Но следует опасаться непреднамеренного столкновения или даже инцидента, которые в современных условиях могут быстро перерасти в большой вооруженный конфликт. НАТО — это мощная военная организация, какой стала и Россия за последние годы. Когда две такие огромные «военные машины» находятся в непосредственной близости друг от друга, буквально на расстоянии ружейного выстрела, но не являясь при этом союзниками, то возникает масса поводов для того, чтобы они столкнулись. Дело политиков и дипломатов этого не допустить.

Интервью подготовила группа «Прямая речь»



АКАДЕМИК  
АЛЕКСЕЙ АРБАТОВ:

«В политологии пока мало истинной науки, которая опирается на точные данные, объективный анализ, которая выходит с результатами, не подстраиваясь под тех, кто заказывает исследование, или под тех, кто может за это исследование отблагодарить или наказать»

стр.54