

ВЕЛИКОЕ ЗАТМЕНИЕ 2017 ГОДА

И чего ожидать
в следующую тысячу лет

В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Ежемесячный
научно-информационный
журнал

www.sci-ru.org

10 2017

12+



НОВАЯ ТЕОРИЯ ЗАРОЖДЕНИЯ ЖИЗНИ

Могли ли вулканические
горячие источники быть прибежищем
для первых живых организмов

ПЛЮС

ЮБИЛЕЙ

100 лет со дня рождения
академика Георгия Скрыбина

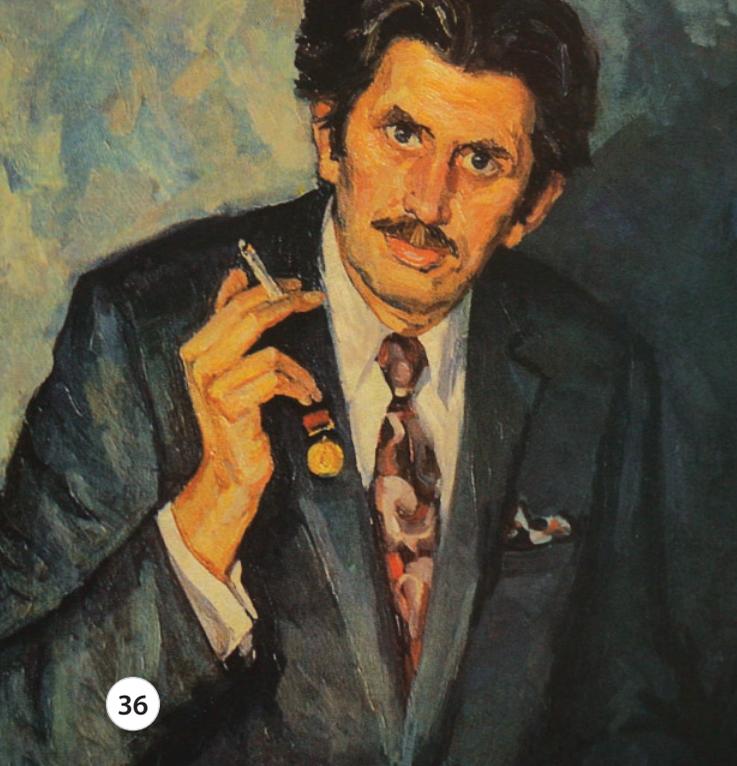
ГОЛОСА У НАС В ГОЛОВЕ

Разговор с самим собой выявляет скрытые
механизмы функционирования разума

РЕКВИЕМ ПО МОРСКИМ СВИНЬЯМ

Как вымирают животные в XXI веке





СОДЕРЖАНИЕ

Октябрь 2017

Темы номера

ОТ РЕДАКЦИИ

Президент РАН Александр Сергеев:
«Надо начинать с достижения консенсуса между властью, наукой и обществом»

Владимир Губарев

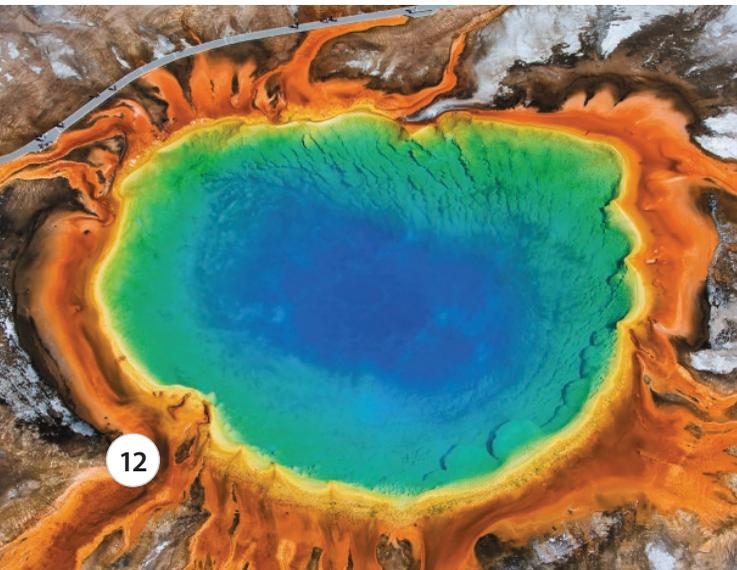
На выборах президента Российской академии наук победил академик **Александр Сергеев**. Предлагаем вашему вниманию интервью, которое будущий президент РАН дал нашему журналу накануне общего собрания академии

ХИМИЯ

Источники жизни

Тара Джокич, Дэвид Димер и Мартин ван Кранендонк

Раньше считалось, что жизнь зародилась в глубоких океанах. Новые факты, наоборот, указывают на ландшафт действующих вулканов



АСТРОФИЗИКА

Великое солнечное затмение 2017 года

22

Джей Пасачофф

3 Полное солнечное затмение, пересекающее США от побережья до побережья, — не только уникальное зрелище, но и возможность ценнейших научных наблюдений

Тысяча лет солнечных затмений

32

Марк Фишетти

Если вы долго живете и много путешествуете, то у вас предостаточно возможностей наблюдать за исчезновением Солнца

 **12**

ЮБИЛЕЙ

Будущее — за биологической наукой

36

Наталья Лескова

Исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося отечественного ученого, академика **Георгия Скрыбина**





48

ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА**ПИК в Орловой роще***Дмитрий Зыков*

О прошлом и настоящем ПИЯФ им. Б.П. Константинова, ныне входящего в состав НИЦ «Курчатовский институт», — его директор **Денис Минкин** и его заместитель по научной работе **Владимир Воронин**

48

ДЕМОГРАФИЯ**Демография — вперед смотрящая наука***Наталья Лескова*

Заведующая кафедрой народонаселения экономического факультета МГУ **Ирина Калабихина** — об истории, особенностях и важных прикладных аспектах королевы междисциплинарности

56

ОХРАНА ПРИРОДЫ**Реквием по ваките***Эрик Ванс*

Гибель маленькой мексиканской морской свиньи: повествование о вымирании в XXI в.

62

НАНОТЕХНОЛОГИИ**Как из дыма сделать броню***Дарья Золотухина*

Ученые ТПУ разрабатывают бронекерамику для «Тайфунов» и защиту от радиации для электроники космических аппаратов

76

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО**Как сделать урожай лучше***Марла Бродфут*

Воздействуя на сложные взаимоотношения растений и фитобиома, биологи надеются решить проблему дефицита продовольствия

84

ПСИХОЛОГИЯ**Разговор с самим собой***Чарльз Фернихоу*

Изучение внутренних диалогов людей проливает свет на скрытые механизмы работы сознания

94



102

СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ: ОБРАЗОВАНИЕ-2017**Вопрос выбора**

102

Пэг Тайер

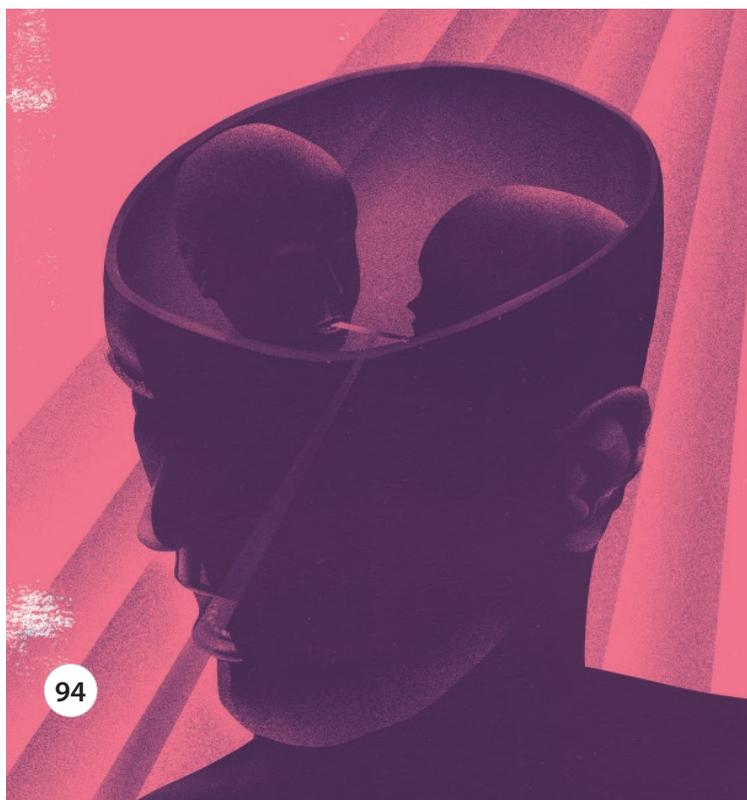
Исследования показывают, что при использовании системы школьных ваучеров у учеников снижается уровень знаний по математике и чтению. Почему же администрация Дональда Трампа так ухватилась за эту систему?

Разделы**Технофайлы**

110

50, 100, 150 лет тому назад

112



94



*На выборах президента Российской академии наук победил глава нижегородского Института прикладной физики РАН академик **Александр Михайлович Сергеев**. Он стал двадцать вторым президентом академии наук за всю историю ее существования. Накануне общего собрания РАН А.М. Сергеев дал интервью нашему журналу.*

Президент РАН **Александр Сергеев:**

«Надо начинать с достижения консенсуса между властью, наукой и обществом»



«**Если на академии наук будет поставлен крест, с интеллектом страны произойдут непоправимые изменения. Тогда и в будущем мы никогда не встанем на эту траекторию роста»**

— Александр Михайлович, в XX в. говорили, что точные науки — физика и математика — лидируют в этом мире. А в наше время?

— Наверное, так же, хотя, конечно, в XXI в. много разговоров о том, что на первый план вышла новая царица наук — биология. Но, как сказал один наш мудрый академик, «в таком утверждении есть определенный смысл: XX в. был веком физики, но XXI в. тоже останется веком физики, однако предметом ее исследования будут живые системы». То есть важная роль физики во «властвовании над миром» будет сохраняться, в том числе через познание законов функционирования живой природы. Таким образом у физики появляется дополнительный канал влияния на умы, помимо традиционных.

— А почему же вы не властвуете над властью?

— Отношения науки с властью разные. Они зависят от типа общества, в котором живет та или иная страна. Давайте взглянем на них глазами физика.

Физика — наука, основанная на модельном мышлении, на представлении сложного явления в максимально простой форме, позволяющей выделить наиболее значимые стороны. Попробуем, не конкретизируя детали, смоделировать типы взаимоотношений науки и власти. Возьмем два крайних типа — демократию и монархию. Что касается положения науки в обществе и отношения к ней, крайними типами могут служить такие определения: просвещенное общество и непросвещенное. Таким образом, у нашей модели есть четыре реализации: монархия просвещенная

и непросвещенная, демократия просвещенная и непросвещенная. Давайте подумаем, в какой из организаций общества взаимоотношения науки с властью оптимальные и с точки зрения развития науки, и с точки зрения развития общества. Наверное, в идеале нам бы хотелось жить в обществе просвещенной демократии. И, наверное, такое состояние возможно только в экономически развитых странах, в которых поддержка и состояние науки объективно могут быть на высоком уровне, причем в ситуации интеллектуальной свободы, что тоже для развития науки крайне важно. Теперь зададимся вопросом: что лучше для науки — просвещенная монархия или просвещенная демократия? Если мы возьмем Средние века, когда о реальной демократии разговора не было, наука же кое-где нормально и даже успешно по тем временам развивалась — а именно там, где монаршая власть благоволила наукам.

— Не стоит ходить в далекое прошлое. Отношения между Брежневым и Келдышем, Брежневым и Александровым могут быть прекрасными примерами.

— Думаю, что советское время в контексте нашей простой модели можно без особой натяжки отнести к состоянию просвещенной монархии, подразумевая под ней неограниченную власть коммунистической партии. Отношение к науке было уважительным и партнерским — не только на уровне первых лиц, но и на других этажах партийной иерархии. Таким образом, в обеих крайних реализациях просвещенного общества, демократического и монархического, наука может успешно развиваться. Различия, безусловно, есть,

но главное здесь — просвещенность и заказ принимающих решения на развитие науки и рост объема знаний.

Перейдем к двум оставшимся ситуациям: непросвещенной демократии и непросвещенной монархии. И то и другое плохо для страны и для науки. Когда мы с вами в 1990-е гг. свалились в непросвещенную демократию, плохо или хорошо было тогда науке? Очевидно, плохо, потому что финансирование резко упало, и поскольку уже была демократия, то и прозвучало: ищите, мол, свое финансирование сами. Именно в это время в академии появилось множество новых юридических лиц, за что ее спустя десяток лет стали упрекать. Но не надо забывать, что в девяностые это была форма выживания (не развития!), когда крупные организации дробились на более мелкие, брали суверенитет, сколько могли. Они начинали вести более активную международную деятельность, искали заказчиков за рубежом и внутри страны и благодаря этому выживали. Время действительно было плохое, но вот то, что произошло дальше, в нулевых годах, заслуживает особого разговора.

— Почему?

— В стране начали появляться нефтяные деньги, и встал, хотя и не сразу, вопрос о поддержке науки, так как в процветающем капиталистическом мире, мире просвещенной демократии, наука — самая настоящая производительная сила. Про такую силу науки мы и в учебниках по научному коммунизму читали, но дожить до этого не смогли. Следовательно, в новой и разбогатевшей России надо науку ставить, развивать, чтобы она из своего полунисщенского состояния превращалась в производительную силу, — так была поставлена задача. И это было правильно.

Но как это реализовать, когда страна начала жить в капиталистическом обществе? Это значит, что у государства, то есть в бюджете, стало меньше денег на ту сумму, которая ушла к инвесторам. Раньше у государства был весь бюджет страны и только оно было инвестором всего, а теперь государство только через налоги располагает необходимым ресурсом. Следовательно, науку должны финансировать и инвесторы, в том числе олигархи, к которым перетекли средства государства. Но что у нас получилось? Наука попала, как я говорю, в «долину смерти». Государство уже не могло финансировать ее в том объеме, как это делала просвещенная монархия советской власти. Это понятно, так как нынешнее наше государство — гораздо более бедное. А финансирование со стороны высокотехнологичной индустрии и вообще промышленных групп так

и не началось, по крайней мере на сравнимом уровне. В результате наука оказалась в положении, когда одни уже не могут дать средства на ее содержание, а другие еще не могут.

— Или не хотят?

— Кто-то не хочет, кто-то не может. В стране сложились разные экономические элиты, и одна из них очень мощная — сырьевая. Мне кажется, она менее других заинтересована в науке. Почему? Потому что полезных ископаемых много в нашей стране, на наш (точнее, ее) век хватит. Чтобы купить новую буровую установку, быстрее и эффективнее качать, не надо содержать большую науку. В этом смысле сырьевая игла, на которой мы с вами сидим, служит плохую службу для нашей науки.

Недавно у нас была весьма показательная встреча с А.Л. Кудриным. С высоты своего теперешнего положения и задач, которые стоят по формулировке стратегии разви-

Десятилетняя волна нефтяных денег прошла, но после ее схода на российских берегах не видно ни инновационной наукоемкой экономики, ни инновационно ориентированной науки

тия экономики страны, он попросил ответить на вопрос: почему у нас в стране наука никак не становится производительной силой инновационной экономики? Ясно, что если посмотреть на науку как на производительную силу, то она реальна только там, где есть мощная промышленность. Там индустрия начинает понимать, что она имеет прибыль только в том случае, если она содержит науку и наука дает отдачу в виде новых конкурентоспособных разработок. Если нет такого понимания, инвестор денег не даст. Становление индустрии хай-тека — очень сложный вопрос для нашей страны, потому что несется мимо и вперед корейские, китайские, японские, европейские локомотивы. Они уже поняли, как делать новую индустрию, они уже почувствовали прибыль от быстрого внедрения научных результатов, у них уже есть инструменты, опыт для того, чтобы правильным образом раскручивать весь этот процесс. У нас всего этого практически нет.

Вот на этом фоне опять и ставится классический вопрос: кто виноват? И сразу же находится ответ: конечно же наука! Мол, она не владеет ситуацией, не обеспечивает технологические прорывы, не помогает создавать высокотехнологичную промышленность. Там наука прорывная, а здесь — только социальная обуза, непонятно даже, зачем она вообще нужна, поскольку можно купить любую технологию. Это типичный взгляд с сырьевой иглы.

— Но ведь академия наук должна была бить во все колокола о заблуждениях власти?

— Вы сейчас задаете очень болезненный вопрос. Вспомним его предысторию. В 2005 г. была принята Стратегия развития науки и инноваций в Российской Федерации. Согласно ей, страна должна была за десять лет увеличить процент ВВП, который идет в науку, с 1,2 до 2,5, при этом 60–70% средств должны были приходиться из инновационной экономики. Той самой экономики, которая, как полагалось, тоже почувствует нефтяные деньги и возрастет на них, то есть будет запущена цепочка положительной обратной связи в развитии науки и наукоемких секторов промышленности и бизнеса. И мы с большим энтузиазмом смотрели в будущее, так как перед нами были примеры Запада и Востока, где уже построен современный наукоемкий капитализм. Вообще, в нулевые годы Америка была для нас примером передовой страны и в экономике, и в науке, и в демократии. Одним из проявлений такого подражания было то, что в те годы научные деньги рекой полились в университеты, на уровне руководства страны был провозглашен лозунг: «Фундаментальная наука должна делаться в университетах». Но почему? А потому, что так устроено в Америке. Это сейчас вас с таким заявлением заклюют, скажут: «Какая Америка? У нас все должно быть свое, у нас свои традиции». Кстати, сейчас действительно идет возврат к тому, что не надо всю науку в университетах делать, а нужны большие институты. Мы с очевидностью возвращаемся в прошлое — и потому, прежде всего, что не смогли выполнить намеченную стратегию. На стадии успеха к прошлому не возвращаются. Десятилетняя волна нефтяных денег прошла, но после ее схода на российских берегах не видно ни инновационной наукоемкой экономики, ни инновационно ориентированной науки. Разве что отдельные малые островки. И в этом виновна, если уж судить такими категориями, не наука, а сама система экономического устройства, которая

не дала достаточный импульс инновационной экономике и не запустила нужную цепь положительной обратной связи.

— К сожалению, слишком много планов, которые так помпезно провозглашались, не выполнены...

— В этом академия наук менее всего виновна. Мы же помним конец нулевых годов, когда провозглашались антиакадемические манифесты, их озвучивали С.М. Гуриев, Д.В. Ливанов, К.В. Северинов, М.С. Гельфанд и др. — мол, академия наук не то что не нужна, она мешает! Вспомним хотя бы печально знаменитые «Шесть мифов академии наук», где четко прописывался план действий по уничтожению РАН. А когда в 2012 г. Д.В. Ливанов стал министром науки, думаю, подавляющему большинству ученых стало ясно, что он от власти получил мандат на уничтожение академии. Образно говоря, она оказалась жертвой, в том числе и потому, что стали появляться деньги и академические институты задышали более вольготно. Стало ясно, что они выжили в очень сложное время первого десятилетия новой России, но вместо ожидаемого дальнейшего этапа роста получился в буквальном смысле этап утраты доверия.

— Но ведь стало намного легче?

— Безусловно. Но именно в это время РАН заняла неправильную позицию. Это была стратегия и тактика осажденной крепости. Ведь по-разному можно реагировать на то, когда на тебя нападают. В открытом, гражданском обществе, к которому мы стремимся, надо быть готовым к тому, чтобы бороться с конкурентами, — ведь науку могут делать в разных организациях. У нас есть академия наук, НИЦ «Курчатовский институт», Сколково, есть университеты. Ты же не один занимаешься наукой, а потому надо было адекватно к этому относиться. Не следовало постоянно говорить: «У нас все хорошо, и поэтому не трогайте нас!». Это было категорически неправильно: тактика осажденной крепости во многом повлияла на то, что саму крепость, то есть академию, оказалось легко взять. В конечном счете держать осаду можно по-разному, и самая слабая позиция — пассивная.

— Теперь второй классический вопрос: а что делать?

— Надо начинать с достижения общего консенсуса — между властью, наукой и обществом — относительно оценки положения с наукой в нашей стране. До сих пор приходится слышать с разных сторон: «Чего вы хотите? Да совсем не все так плохо у нас в стране

с наукой! Смотрите, публикационная активность растет, есть фонды, которые поддерживают науку и ученых, чего вам еще надо?» Действительно, может быть, мы с вами ошибаемся, говоря о «долине смерти», и все не так плохо? И нам докажут, что на самом деле все обстоит вполне хорошо?

— **Ситуация ясна, и ее надо просто признать.**

— Согласен, хотя признать и достичь консенсуса тут непросто: высокопоставленные люди, принимающие решения, с большим трудом признают их негативные последствия.

Не буду приводить цифры в доказательство своей правоты, многим коллегам ситуация и так очевидна. Мы ездим по миру и четко представляем ситуацию. Есть два основных показателя уровня развития фундаментальной науки в стране: число приглашенных докладов и публикационная активность (вне зависимости от области науки). Прискорбно, но количество приглашенных докладов на крупных международных конференциях от России упало и продолжает снижаться даже в тех областях, где оно было традиционно весьма высоким. Я не хочу сказать, что там перестала звучать русская речь, но она стала еле слышной. А ведь еще в 1990-е гг. русский язык был вторым в научном мире.

Возьмем другой интегральный параметр — публикационную активность. В последнее время приходится слышать, что положительная тенденция налицо. На самом деле рост есть, но скорее формальный и даже отчасти искусственный. С одной стороны, научные фонды требуют, чтобы в качестве отчета по грантам ученые производили печатную продукцию, — значит, надо думать не о ее значимости, а о ее количестве. С другой стороны, квалификационные требования научных должностей напрямую завязаны на число публикаций и, по сути, ни на что другое — только на то, что легко считается. Здесь то же самое: для формальной аттестации нужны пусть мелкие и в мало цитируемых журналах, но статьи. Прошу правильно понять: я не говорю сейчас обо всех ученых и о том, что ушли в прошлое традиции высокой требовательности к публикациям, которые всегда отличали сильные научные школы от разного рода других. Но тенденция очевидна: статей стало больше, а крупных, мирового уровня результатов — меньше. Более того: из-за падения рубля в два раза и за счет того, что все стали стремиться публиковаться прежде всего в российских журналах, мы оказались вообще вне конкуренции — мы

производим печатной продукции в расчете на \$1 в несколько раз больше, чем в любой другой стране, где есть наука. Поэтому и возникают утверждения, что «у нас все нормально, эффективность науки сумасшедшая». Но если оценивать по гамбургскому счету, в ведущих международных журналах с наибольшим индексом цитируемости количество статей с российским авторством совсем невелико, можно сказать, пренебрежимо мало. И, как правило, это не первые, а пятые, десятые, двадцать пятые авторы. Например, физик-теоретик поехал к друзьям, месяц побыл там, что-то сделал, помог коллегам интерпретировать эксперимент или построить модель явления, они его взяли в соавторы, и мы гордимся: «У нас новая статья в *Science* появилась». У кого «у нас»? В реальности число российских

Сейчас идет возврат к тому, что не надо всю науку в университетах делать, а нужны большие институты. Мы с очевидностью возвращаемся в прошлое — и потому, прежде всего, что не смогли выполнить намеченную стратегию

публикаций, особенно с результатами экспериментов, сделанных в России, практически равно нулю. Русских фамилий в ведущих журналах немало, но работ из России практически нет. И это принципиальный момент, указывающий на реальное положение дел.

Приведу такой факт. В последнее время я смотрю, как устроено государственное финансирование фундаментальной науки в разных странах. Возьмем две страны с приблизительно одинаковым населением — Японию (130 млн) и Россию (145 млн). Вот государственная научная корпорация — Институт физико-химических исследований (*RIKEN*), которая в этом году отмечает свое столетие. В ней 3 тыс. человек, включая ученых и технический персонал. Это пять или шесть институтов, разбросанных по Японии, которые ведут исследования в области физики, химии, в последнее время биологии. Наука в них полностью финансируется государством. Бюджет — \$750 млн в год. Это больше половины финансирования из ФАНО всех

академических институтов, в которых работают 125 тыс. человек. И так, там 3 тыс., здесь 125 тыс., при этом объемы бюджета сравнимы по величине. Я не говорю про наши маленькие зарплаты, ученые в нашей стране не голодают. Но финансирование материальной базы науки, необходимого инструментария, у нас и там удельно в расчете на одного ученого различается в 100 раз! Как мы можем заниматься наукой, если инструментов в России практически не обновляется? И в РАН все последние годы до реформы, и в ФАНО сейчас практически нет такой статьи — обновление материальной базы. Что можно сделать с инструментарием, которому 30 лет, когда есть гораздо более передовые инструменты, позволяющие проводить эксперименты на принципиально недоступном для нас уровне? Разве вы можете обнаружить и исследовать процессы, которые длятся миллисекунды, с помощью ваших часов, на которых бегают только минутная и секундная стрелки?

— Получается, мы финансируем чиновников вместо того, чтобы финансировать науку — покупать приборы и аппаратуру?

— Не будем обсуждать эту тему: ФАНО наш учредитель, а я как директор института не вправе утверждать, что они едят наши деньги. Тем более у нас хорошие рабочие отношения с сотрудниками ФАНО, мы пытаемся помочь друг другу, поскольку, как мне кажется, у них есть понимание ситуации в этом вопросе.

Итак, констатируем, что положение с наукой плохое. Это первое. Второе — констатируем и говорим прямо, что действительно наломали дров с нашими реформами, с нашими векторами, как я их называю. Мы должны понять и принять, что выход из «долины смерти» не может быть в настоящее время осуществлен за счет того, что вдруг станет развиваться и преуспевать наша инновационная экономика и что именно она подтолкнет науку. Значит, должен быть ощутимый толчок со стороны государства. Если мы хотим раскрутить наукоемкую экономику, если хотим, чтобы наука давала новые идеи и технологии, надо налог на науку брать с наших сырьевых госкорпораций. Думаю, государство это может сделать.

— А дальше?

— Будем искать траекторию выхода. Она тоже должна быть консенсусом. Таких траекторий очень мало. Мы слишком сильно отстали от локомотива прогресса, который уже унесся в будущее без нас. Должно быть предпринято что-то экстраординарное.

— Что именно?

— Мои коллеги в Российском федеральном ядерном центре в Сарове говорят: «Отечество в опасности, значит, нужна научная мобилизация, надо жестко ставить суперважные, суперкрупные задачи. Пусть в данный момент, может быть, и в ущерб фундаментальной науке, но это потом окупится многократно. Страна должна, как в военное время, решить нескольких очень важных задач, которые она не может не решить». В этом утверждении есть что-то разумное... Впервые этот лозунг прозвучал, когда враг оккупировал часть страны. Тогда все было понятно. Но и сейчас нас с вами завоевывают, только по-другому — высокими технологиями. И уже почти завоевали. Мы с вами на каких машинах ездим? Какими телефонами пользуемся? Интернет у нас откуда? Культура потребления чья?

— Я считаю, в 1990-е гг. мы совершили крупную ошибку, когда практически вывели оборонную тематику из академии наук.

— Она как бы сама вывелась из-за разных политических доктрин. Считалось, что врагов у нас нет и деньги на безопасность, оборону тратить не надо. Кстати, в свое время была обстоятельно подготовлена программа фундаментальных, поисковых и прогнозных исследований в интересах обороны и безопасности, и уже лет восемь, по-моему, мы пытаемся эту программу принять. Она находит поддержку фактически везде, на всех уровнях, но есть непреодолимое, как видно, препятствие — финансовые и экономические ведомства.

— Что вас подтолкнуло стать кандидатом в президенты Российской академии наук?

— Март 2017 г. Срыв выборов, причем, как убеждены многие, неслучайный и спланированный. Команда физиков, которую объединяет отделение физических наук, считает: то, что произошло, — это полшага к ликвидации академии наук. Оставшиеся полшага могут быть пройдены в сентябре. И это заставило нас по-другому посмотреть на нашу академическую жизнь.

Во-первых, возникло сильное беспокойство по поводу того, что, если в сентябре выборы вновь не состоятся, будет принято решение, которое может поставить крест на академии наук как научной организации. Этого ни в коем случае нельзя допустить. И не потому, что за этим стоит потеря академических стипендий и каких-то материальных благ. Страны должны качественно характеризоваться неким суммарным интеллектом проживающих в них людей. У нас он сильно сжался.

Утечка мозгов, причем не только в смысле отъезда ученых за рубеж, но и вследствие потери квалификации научно-технических кадров, их массового ухода из профессии. Далее, кадры следующего поколения стали значительно хуже готовиться в университетах, школах. Сфера образования, от среднего до высшего, превратилась в сферу услуг — образовательных, и такой термин никого уже не корбит.

Кстати, я очень переживаю, когда слышу от руководителей страны, что мы не боимся утечки мозгов. Этого надо бояться, и не просто бояться, но делать все для того, чтобы минимизировать такую утечку. Если на академии наук будет поставлен крест, с интеллектом страны произойдут непоправимые изменения. Тогда и в будущем мы никогда не встанем на эту траекторию роста. Мы даже не сможем понять, в чем заключаются те или иные научные свершения, наш уровень как державы деградирует, и довольно быстро, до уровня пользователей, то есть потребителей тех наукоемких благ, которые придумывают и делают другие страны.

Во-вторых, предложение участвовать в выборах президента РАН мне поступило от отделения физических наук. Я воспринял это как поручение коллег, от которого у меня нет права отказаться. Тем более с пониманием того, что физики в академии наук традиционно играют очень заметную роль, к их мнению многие прислушиваются, что еще сильнее поднимает уровень ответственности, связанной с этим предложением моих ближайших коллег.

— Расскажите о себе. Как вы начинали, почему выбрали физику, как встали во главе одного из крупнейших институтов в стране?

— Мой прадед по материнской линии — настоятель церкви в селе Бутурлине Нижегородской губернии (сейчас это районный центр). Мой дед окончил перед Октябрьской революцией духовную семинарию, собираясь сменить моего прадеда. Окончил с отличием. Грянула революция. Он всю жизнь после этого проработал учителем математики в школе в родном селе, никогда не вспоминая о семинарии. Даже я не знал многого о его судьбе, так он боялся за свое прошлое. В советское время в церкви был, как водится, сельский клуб. Потом опять была восстановлена церковь. Теперь, приезжая на свою малую родину, бывает, принимаю участие в дискуссиях о религии и науке, так как имею, получается, прямое отношение к тому и другому.

— И что одерживает верх?

— Мы с вами язычники, потому что наш бог — природа. И мы с вами совершенно точно знаем, что есть познанное и пока не познанное, горизонт которого не приближается никогда. Пока не познанное — это во многом предмет веры и теоретических концепций. Я считаю, что у ученых, особенно у физиков, есть свой бог — это природа с ее бесконечными тайнами. И мы познаем, шаг за шагом и по самым различным направлениям, этого нашего бесконечного бога — природу. Счастье этого познания и одерживает верх.

— Вы окончили Нижегородский университет и...

— В моей трудовой книжке одна запись. С 1 сентября 1977 г. и по настоящий день я сотрудник Института прикладной физики.

— Постоянство — главный признак любви?

Отечество в опасности, значит, нужна научная мобилизация. Страна должна, как в военное время, решить нескольких очень важных задач, которые она не может не решить

— Конечно. Вновь возвращаюсь в 1990-е гг. Наш институт оказался в оптимальном положении, он сохранился, не очень изменившись. Есть целый комплекс причин. Одна из них — то, что мы были организованы в 1977 г. И успели стать крупным и успешным институтом еще тогда, когда страна не скупилась на развитие науки. Помню, как была создана правительственная комиссия по высокотемпературной сверхпроводимости во главе с председателем Совета Министров СССР Н.И. Рыжковым. Председатель правительства возглавил комиссию, которая должна как можно быстрее дать выход в практику открытия, которое произошло всего год назад. Сейчас такое трудно представить, хотя за последние два десятка лет были научные прорывы сравнимых масштабов и значимости, а тогда это было нормальным делом. Высокая комиссия постановила построить несколько институтов, оснастить их и дать им соответствующие задания. И все это было сделано. Например, Институт физики микроструктур РАН, который сейчас вошел в состав нашего федерального центра, был организован и построен как раз в те годы.

К началу другой жизни мы успели нарастить научные мускулы. В ИПФ РАН за эти годы пришли сотни мотивированных молодых людей — лучшие выпускники университетов. Что важно — все они, только начинающие свой путь в науке, видели рядом тех, на кого можно было равняться, и работали с ними бок о бок. И над ними и рядом с ними — великий ученый и великий директор А.В. Гапонов-Грехов, который старше их лет на 15, — правильный возрастной квант в воспитании учеников в науке. За первые десять лет институт стал ведущим академическим институтом страны.

**Во взаимодействии
и балансе фундаментальных
и прикладных исследований
крайне важна ориентация
на очень крупные проекты,
способные «потащить»
за собой новые области
исследований и разработок**

— Вы оказались в нужное время в нужном месте?

— Нам повезло, потому что Горький, как известно, был закрытым городом. Было относительно мало контактов с заграницей. А потому, когда люди в 1990-е гг. потоком поехали на Запад, у нас такого существенного оттока не было. А город ведь с очень хорошей прослойкой научно-технической интеллигенции, потому что военный арсенал страны — самолеты, танки, подводные лодки, радиолокаторы, электроника и т.д. — делался у нас. В девяностые, когда открылись границы и мир стал гораздо доступнее, особенно для ученых, А.В. Гапонов-Грехов сказал: «Вы можете поступать, как считаете нужным. Но я здесь, здесь и навсегда». Таких директоров не бросают.

— Да и проблематика у вас широкая?

— У нас мультидисциплинарный институт. Казалось бы, есть некая разбросанность, но она скрепляется единой научной культурой благодаря тому, что мы все — представители радиофизической школы. Все волновые явления в природе — это наша область физики. У нас есть единый подход в познании природы — через общие законы физики колебаний и волн в разных приложениях: оптика, СВЧ-электроника, волны в океане, волны

в твердом теле, волны и колебания в механизмах, конструкциях, волны в атмосфере, гравитационные волны.

Мультидисциплинарность также очень важна, когда вы попадаете в экономически сложное время. В нашем институте сформировался широкий и подвижный фронт исследований, мы отзывчивы к внешним вызовам, и, соответственно, сформировалась «пестрая» экономика. И это очень важно.

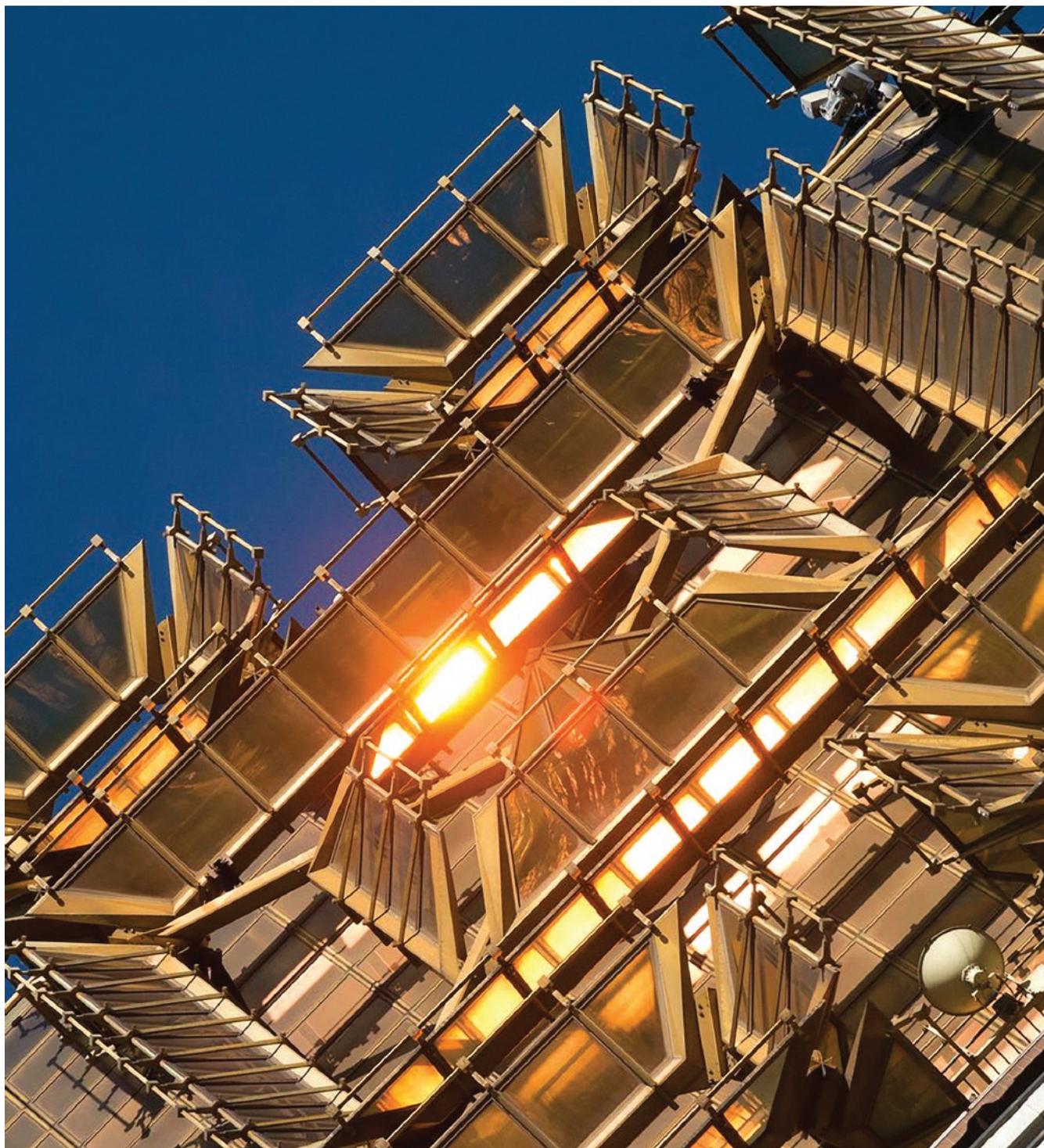
25% у нас бюджет, 25% — различные гранты, 50% — хоздоговорные работы. Из них половина — гособоронзаказ. Это совершенно разные типы работ, но, умело применяя достижения фундаментальной науки в прикладных исследованиях, мы всегда оказываемся интересными заказчику. Наш фундаментальный задел постоянно обновляется и оказывается перспективным для следующих приложений. С другой стороны, мы не можем заниматься только фундаментальными вещами, так как в стратегии развития страны всегда были и есть вызовы прикладного характера, на которые мы должны отвечать. Поэтому соблюдение баланса фундаментальных и прикладных исследований внутри одного института очень важно. Такой баланс, подчеркну, был изначально одним из краеугольных камней в здании института, это своего рода научное кредо ИПФ РАН.

— Вы хотите сказать, что модель работы вашего института подходит и для всей академии наук?

— В каком-то смысле да. И в смысле множественности источников поддержки исследований, и в смысле сочетания и взаимодействия фундаментальных и прикладных работ, и в смысле особого внимания к оборонной тематике. Я не могу говорить, что наша модель просто переписывается или масштабируется, но по принципам действия подходит для всей академии. И главное звено здесь — мультидисциплинарность. Во взаимодействии и балансе фундаментальных и прикладных исследований крайне важна ориентация на очень крупные проекты, способные «потащить» за собой новые области исследований и разработок.

Сейчас всего этого практически нет, но это должно вернуться в академию наук. Когда вернется, когда академия вновь ощутит себя ответственной за такие проекты в интересах инновационного развития страны, это и будет означать выход из «долины смерти» туда, куда и стремились искатели лучшей жизни для обретения смысла своего существования и реализации своего предназначения. ■

Беседовал Владимир Губарев



*Фрагмент декоративной конструкции на крыше главного здания президиума РАН.
Автор первого эскиза комплекса — выдающийся ученый-инженер, президент
АН СССР М.В. Келдыш.
Главный архитектор — Ю.П. Платонов.*



ИСТОЧНИКИ ЖИЗНИ

химия

Раньше считалось, что жизнь зародилась в глубоких океанах. Новые факты, наоборот, указывают на ландшафт действующих вулканов

Тара Джокич, Дэвид Димер и Мартин ван Кранендонк



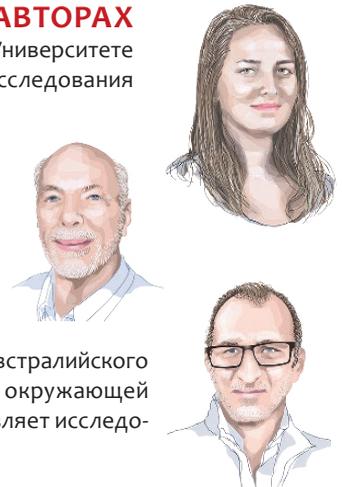
Водоем-первоисточник:
жизнь на Земле могла
появиться в местах, похожих
на Большой призматический
источник в Йеллоустонском
национальном парке

ОБ АВТОРАХ

Тара Джокич (Tara Djokic) — аспирантка Австралийского центра астробиологии в Университете Нового Южного Уэльса. В своем проекте она сочетает геологические методы исследования ранних свидетельств жизни в Западной Австралии и моделирование.

Дэвид Димер (David Deamer) — преподаватель факультета биомолекулярной инженерии Калифорнийского университета в Санта-Крузе, автор и редактор 12 книг, в том числе «Происхождение жизни» (*The Origins of Life*, 2010), совместная редакция с Джеком Шостаком (Jack W. Szostak), и «Первая жизнь» (*First Life*, 2011).

Мартин ван Кранендонк (Martin J. Van Kranendonk) — руководитель Австралийского центра астробиологии при факультете биологии, наук о Земле и об окружающей среде Университета Нового Южного Уэльса. Он более 30 лет возглавляет исследования древних горных пород, которые проводятся по всей планете.



В непроглядной темноте мы продираемся сквозь заросли на северо-западе Австралии, ориентируясь только с помощью тусклого света от экрана GPS-навигатора. Освещение слишком слабое, чтобы видеть упавшие деревья в русле пересохшей речки, вдоль которой пролегает наш путь, и мы постоянно спотыкаемся. Мы — геологи, работающие в отдаленном районе Австралии, известном как Пилбара. Тара Джокич идет впереди, Мартин ван Кранендонк — в нескольких шагах позади. Кажется, что наш грузовик, припаркованный где-то на маленьком плато, находится за тысячу километров отсюда. Мы не уверены, что заряда батареи навигатора хватит на обратную дорогу. В ночном небе, сверкающем мириадами звезд до самого горизонта, мерцают в танце Юпитер с соседней Венерой. К сожалению, это удивительное зрелище мало чем способно помочь сориентироваться двум ученым, пробирающимся в австралийской глуши в июне 2014 г.

Поднимаясь по берегу высохшей реки, Джокич, неожиданно споткнувшись, отклоняется назад. Она потеряла равновесие? Ван Кранендонк, чтобы не дать Таре упасть, подхватывает ее и подталкивает вперед. В ответ раздается какой-то неразборчивый хрип и, наконец, приглушенный вскрик: «Паук!» Джокич вовсе не споткнулась: пытаясь сорвать опутавшую ее толстую паутину, она готова бежать в страхе за свою жизнь. У пауков

в Австралии заслуженно плохая репутация, и в темноте не очень-то разумно предполагать, что вам встретился редкий неопасный вид.

Мы на ощупь продвигаемся в районе Пилбары ночью, потому что день мы провели, увлекшись открытием, сделанным Джокич при изучении формации Дрессер — осадочных пород, возраст которых 3,48 млрд лет. Некоторые из этих пород, смятые в складки из оранжевых и белых слоев,

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

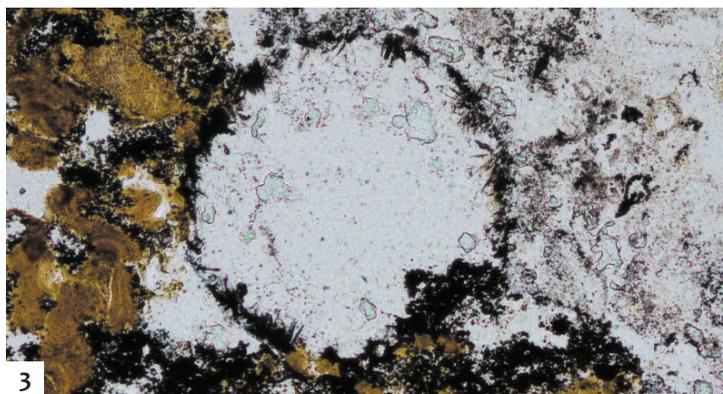
- Для зарождения жизни на Земле требовались энергия для создания сложных молекул и возможность собрать эти молекулы вместе.
- Система наземных вулканических водоемов и горячих источников обладает нужными для жизни составляющими, а циклы увлажнения-высыхания обеспечивают условия для взаимодействия молекул и естественного отбора.
- Теория происхождения жизни в вулканических водоемах на суше направляет нас в поисках жизни к другим областям Солнечной системы, отличающимся от тех, на которые указывает теория происхождения жизни в океане.

получившие название «гейзериты», появились в результате деятельности вулканического гейзера на поверхности Земли. В них обнаружались пузырьки, сформировавшиеся при попадании газа в липкую пленку, которая, вероятнее всего, образовалась из тонкого слоя бактериальных микроорганизмов. Наличие следов биопленок в поверхностных породах свидетельствует в пользу новой гипотезы, касающейся одной из самых древних загадок нашей планеты: как и где зародилась жизнь. Данные указывают на вулканические горячие источники и озера, образованные на суше примерно 3,5 млрд лет назад.

Эта картина происхождения жизни совершенно отличается от той, которую ученые описывают с 1977 г. Тогда научно-исследовательская подводная лодка *Alvin* обнаружила на дне Тихого океана гидротермальные источники, содержащие железо, серу и газы, такие как метан и сероводород, а вокруг обитали примитивные бактерии и большие черви. Это была процветающая экосистема. С тех пор биологи полагали, что такие гидротермальные источники, защищенные от катаклизмов, сотрясавших земную поверхность примерно 4 млрд лет назад, могли предоставить энергию, питание и убежище зарождающейся жизни. Но у этой теории есть недостатки, и основной заключается в том, что в гигантских объемах океанской воды необходимые молекулы слишком быстро разбрасывались и не могли взаимодействовать, чтобы создать клеточные мембраны и примитивный обмен веществ.

Сейчас авторы статьи и другие ученые полагают, что расположенные на суше водоемы, которые постоянно пересыхают и вновь наполняются водой, могли бы быть представлены гораздо интереснее. В таких водоемах присутствует высокая температура, которая служит катализатором химических реакций; сухие периоды, во время которых из более простых могут формироваться сложные молекулы (полимеры), сменяются влажными, когда такие полимеры поддерживаются на поверхности. Во время последующих сухих периодов полимеры остаются во впадинах, где они могут взаимодействовать и даже концентрироваться в компартментах из жирных кислот — прототипах клеточных мембран.

Находка, сделанная Джокич, служит веским геологическим доказательством того, что формация Дрессер, где сейчас жаркая, высушенная и бесплодная пустошь, когда-то была действующим



Жизнь на камнях. В австралийском регионе Пилбара оранжевые породы — гейзериты — состоят из минералов, выброшенных гейзерами горячих источников (1). Под микроскопом на шлифе шириной 1 см видны характерные темные полосы, богатые титаном, и светлые полосы, состоящие преимущественно из калия (2). Сохранившиеся в гейзеритах, возраст которых 3,5 млрд лет, крошечные пузырьки формировались в клейких биопленках, состоявших из живых организмов (3).

геотермальным полем, подобно покрытым паром водоемам и извергающимся гейзерам Йеллоустонского национального парка в США. И здесь повсюду присутствуют окаменелые следы жизни, тесно связанной с системой древнего горячего источника. Несмотря на то что первые примитивные живые организмы появились не в местности Дрессер, ее характер подтверждает, что гидротермальная среда на суше существовала уже в очень

ранний период истории Земли. Чарлз Дарвин в 1871 г. предположил, что микробная жизнь зародилась в «каком-нибудь теплом маленьком пруду». Ряд ученых, занятых в разных областях науки, сейчас полагают, что автор «Происхождения видов» интуитивно определил нечто очень важное. Эти предположения выходят за рамки нашей планеты: теория наземного происхождения жизни ведет нас в поисках ее иных форм к другим планетам и областям Солнечной системы, отличающимся от тех, на которые указывает теория происхождения жизни в океане.

Из России с жизнью

За десять лет до того как Джокич застряла в паутине, один из авторов этой статьи, Дэвид Димер (David Deamer), показал, что вулканические водоемы могут поддерживать сборки компартментов, состоящих из мембран — незаменимых границ всех клеточных форм жизни. Димер возглавлял экспедицию к действующему вулкану Мутновский (Дальний Восток России, полуостров Камчатка), где группа ученых исследовала участок территории, аналогичной существовавшей до появления жизни, которая дает представление о том, на что была похожа планета 4 млрд лет назад. Гипотеза Димера заключалась в том, что в расположенных на суше горячих источниках во время циклов увлажнения-высыхания простые молекулярные «кирпичики» могли соединяться в более длинные полимеры — носители информации, нуклеиновые кислоты, необходимые для роста и репликации примитивной жизни. Другие основные полимеры, пептиды, могли сформироваться из аминокислот при тех же условиях. Что особенно важно, еще одни молекулярные «кирпичики» — липиды — могли образовывать микроскопические компартменты, вмещающие и защищающие полимеры — носители информации. Для зарождения жизни необходимо присутствие всех компонентов, а вулкан Мутновский обладает множеством горячих источников и гейзеров, где можно проверить гипотезу.

Димер привез пузырек с белым порошком из компонентов, которые, вероятно, существовали на Земле до появления жизни: четыре аминокислоты, четыре основания, входящие в состав существующих в природе нуклеиновых кислот, фосфат, глицерол и липид. Он высыпал эту смесь в центр маленького кипящего источника, и через

Панорама происхождения

Согласно одной из теорий, горячие источники, водоемы и гейзеры могли дать начало химическим системам, необходимым для зарождения жизни на Земле. Совокупность условий привела к запуску семиэтапного процесса, начавшегося с химического синтеза и через циклы усложнения закончившегося колонизацией новой территории.

1

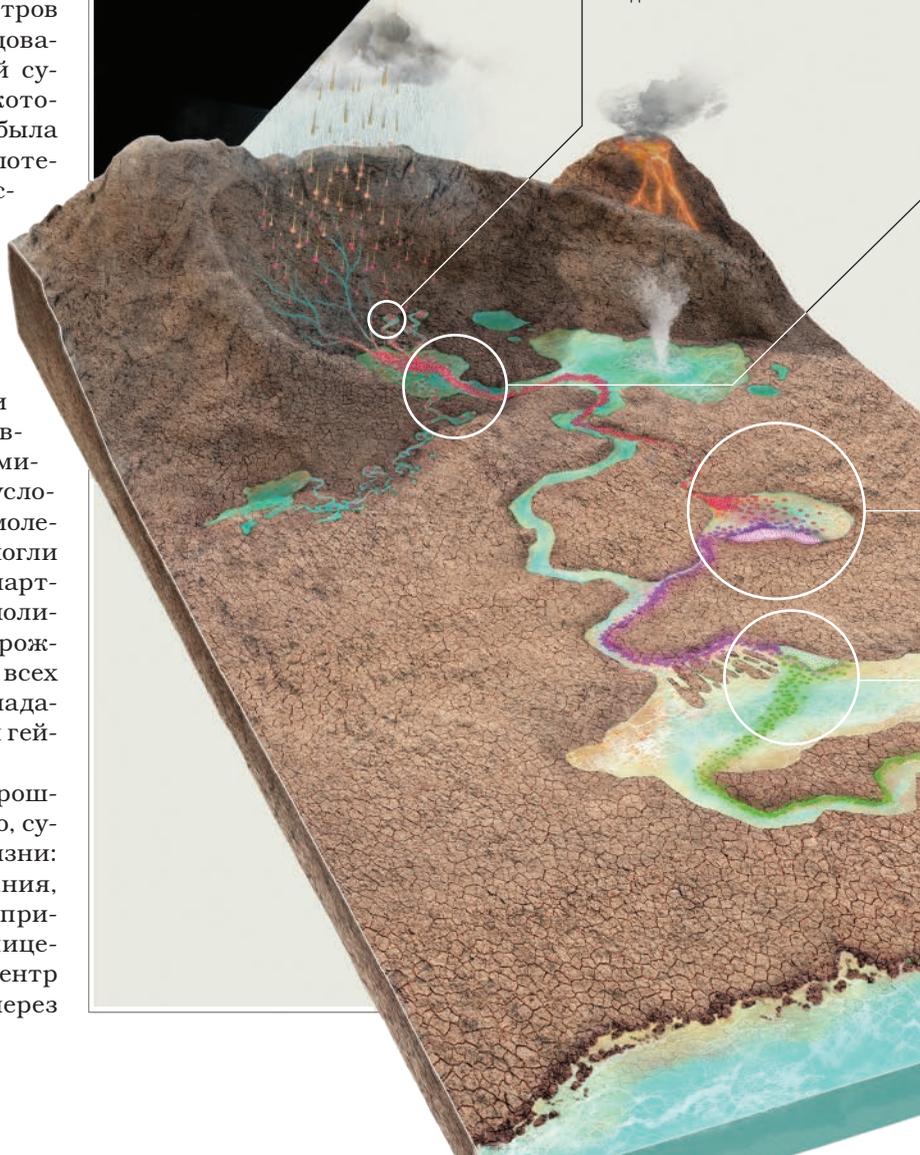
Синтез

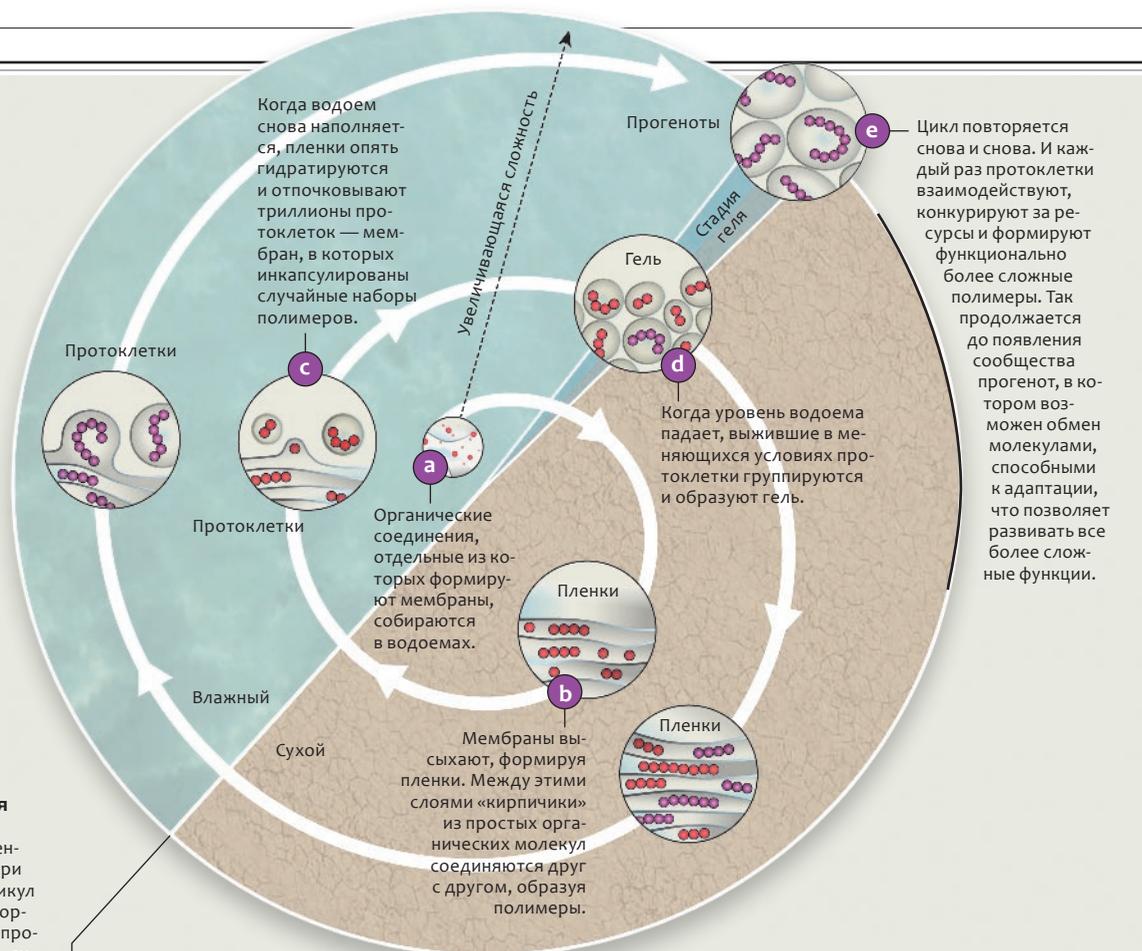
Многие из основных структурных компонентов жизни, такие как аминокислоты, формируются в космосе и падают на Землю.

2

Накопление

Органические соединения, попавшие из космоса, вместе с другими, образующимися внутри горячих вулканических источников, накапливаются в гидротермальных водоемах.





Цикл повторяется снова и снова. И каждый раз протоклетки взаимодействуют, конкурируют за ресурсы и формируют функционально более сложные полимеры. Так продолжается до появления сообщества прогенот, в котором возможен обмен молекулами, способными к адаптации, что позволяет развивать все более сложные функции.

3 Концентрация
Химические соединения концентрируются внутри крошечных везикул (пузырьков), сформированных из простых молекул — липидов. Благодаря высокой температуре и химической энергии, поступающей из системы источника, молекулы, заключенные в тесном пространстве, соединяются, формируя более сложные молекулярные цепочки.

4 Цикличность
Водоемы проходят через повторяющиеся циклы, состоящие из трех стадий: высыхания, увлажнения и стадии геля. Сухие периоды способствуют синтезу полимеров, таких как цепочки нуклеиновых кислот, которые используются для переноса информации. Во влажный период формируются протоклетки, в которых такие полимеры защищаются внешней оболочкой. Затем, на стадии геля, протоклетки собираются вместе в систему, которая называется «прогенота», где происходит обмен наборами полимеров и отбор таких комплектов, которые увеличивают шансы на выживание в течение множества циклов.

5 Распространение
Наиболее приспособленные протоклетки разносятся ветром и водой в другие водоемы или ручьи; у некоторых развивается способность использовать углекислый газ для фотосинтеза. Методом проб и ошибок в одной протоклетке собирается сложный молекулярный механизм, благодаря которому становится возможным деление на дочерние клетки. Так создаются предпосылки для появления первых сообществ живых микроорганизмов.

6 Адаптация
Некоторые из первых микроорганизмов попадают из родных пресных водоемов в эстуарию с соленой водой. Микроорганизмы, выжившие в морской воде, передают полезные признаки своим потомкам, и ареал обитания расширяется — в него включаются океаны.

7 Колонизация
Во время морских штормов и сильных приливов шероховатые пленки из микроорганизмов, использовавшихся для цементирования крупинки минералов, нагромождаются друг на друга. Из большого количества таких слоев формируются наросты — строматолиты. Жизнь продолжает занимать новые ниши, создавая условия для появления свободно живущих клеток. Спустя миллиарды лет в результате эволюции таких организмов появляются сложные многоклеточные растения и животные.

предположил, что каждый цикл высыхания заставлял липидные мембраны пузырьков открываться, позволяя полимерам и питательным веществам смешиваться. В период увлажнения мембраны из липидов инкапсулировали различные смеси полимеров, каждая из которых представляла собой результат естественного эксперимента. Более сложные протоклетки имели больше шансов выжить, потому что их более разнообразное молекулярное содержимое могло помочь им существовать в различных условиях: действовал то один набор молекул, то другой. Такие неповрежденные протоклетки выживали и передавали эти наборы полимеров следующему поколению на эволюционной лестнице. Дэймер обнаружил, что эта модель похожа на процесс начальной загрузки компьютера, причем химическая «загрузка» жизненных функций начинается со случайных «программ», записанных в форме полимеров.

В 2015 г. к имеющимся двум стадиям цикла Дэймер добавил третью — промежуточную между увлажнением и высыханием. Эта идея возникла во время совместной с авторами данной статьи научной командировки для изучения формации Дрессер в поисках строматолитов — одних из самых ранних свидетельств жизни на Земле, представляющих собой окаменелые слои бактериальных матов. Дэймер прогуливался по пустыне рядом с выходом кластов гранита, известным как Холм-Галерея, который покрыт наскальными рисунками аборигенов (петроглифами), когда заметил коричневые высохшие микробные маты в маленьких углублениях обнаженных пород. Из любопытства исследователь полил маты водой, и они снова вернулись к жизни, став зелеными и гелеобразными. Брюс Дэймер осознал, что если циклы увлажнения-высыхания в первозданном водоеме тоже включали промежуточную стадию, во время которой выжившие протоклетки скапливались в виде аналогичного геля, то становилось возможным смешение полимеров и молекул питательных веществ и обмен такими смесями через барьеры из липидных мембран. У подобного сообщества взаимодействующих протоклеток было даже больше возможностей обнаружить самые подходящие для выживания молекулы. Ученые Джордж Фокс (George Fox) и Карл Везе (Carl Woese) 40 лет назад предложили термин «прогенота» для обозначения таких сообществ на первичной стадии жизни. Фокс сообщил Дэймеру, что этот термин обозначает гель из протоклеток.

Эволюционные водоемы

Минералогический состав и найденные Джокич пузырьки в породах свиты Дрессер свидетельствуют о том, что в этом месте, вероятно, существовали трехфазные циклы. Доказательства в пользу этой гипотезы опубликованы нами в мае этого

года в *Nature Communications*. Когда мы узнали, что геотермальная система Дрессер включала поверхностные горячие источники, стало ясно, что там также присутствовали основные составляющие и структуры, которые необходимы для появления жизни. В качестве источника энергии выступали циркулирующие гидротермальные флюиды, насыщенные водородом и нагреваемые снизу магмой. Породы содержали большое количество бора — химического элемента, необходимого для синтеза рибозы, входящей в состав нуклеиновых кислот, в частности РНК. В формации Дрессер также присутствуют фосфаты, которые попадают в циркулирующие кислые геотермальные флюиды из растворенных подстилающих пород. Кроме того что фосфат — необходимый компонент нуклеиновых кислот, он используется всеми живыми организмами в форме АТФ (аденозинтрифосфата) — молекулы, которая обеспечивает клетки энергией. Помимо прочего, в формации были обнаружены высокие концентрации цинка и магния, которые входят в состав многих ферментов цитоплазмы клеток всех известных форм жизни, найденных как в гидротермальных жерлах, так и в отложениях испарившихся вулканических озер. И, наконец, в формации Дрессер были найдены различные виды глины, которые благодаря наличию в минеральном составе электрически заряженных поверхностей могли действовать как катализатор при создании сложных органических молекул.

Пожалуй, самое интересное свойство формации Дрессер как места, аналогичного тому, где появилась жизнь, — ее поразительное разнообразие, а в данной области науки разнообразие определяет жизнь. Сейчас Дрессер — сухая и скалистая местность, но в ранний период ее существования геотермальные поля с горячими источниками, такие как этот, состояли из сотни водоемов со слегка отличающимися *pH*, температурой, набором растворенных ионов и другими вариациями химического состава. Такие поля характеризуются богатым и сложным химическим составом благодаря высокоактивным зонам пограничного взаимодействия воды и горной породы, воды и воздуха, а также породы и воздуха. Кроме того, геотермальные поля имеют разную температуру в разных точках. Перемножим все составляющие: циклы увлажнения-высыхания, многократно повторяющиеся каждый день (вспомните гейзер Старый служака в Йеллоустонском парке), разнообразие химических веществ в водоеме, высокорекреационноспособные границы сред, способность водоемов обмениваться соединениями, разбрызгиваемыми гейзерами во все стороны, а также заполненную флюидами подземную сеть трещин. По результатам расчетов оказывается, что каждый год наземное геотермальное поле из 100 источников может создать миллион или более новых комбинаций условий!

Каждый теплый пруд становится эволюционным новообразованием — экспериментальной площадкой, где быстро появляются адаптивные комбинации молекул, которые находят способы расти и размножаться, а плохо приспособленные комбинации молекул терпят неудачу, так как не способны выдержать конкуренции. Вероятно, для того чтобы собрать первую примитивную версию жизни, требовалось огромное количество комбинаций, и в таком случае процесс занял бы сотни миллионов лет. Но количество возможных сочетаний условий на наземных геотермальных полях наводит на мысль о том, что для зарождения и начала развития жизни могло понадобиться всего 10 млн лет. И начальные стадии этого процесса приходится на время, когда появилась устойчивая земная кора с участками суши вулканического происхождения среди океанов, — чуть больше 4 млрд лет назад.

Иная точка зрения

Не все согласны с утверждением, что жизнь появилась, наиболее вероятно, в поверхностных горячих источниках. Гипотеза происхождения жизни в термальных источниках на дне океана все так же распространена и пользуется популярностью. Биохимик Майк Расселл (Mike Russell) из Лаборатории реактивных двигателей NASA на основе исследований с помощью батискафа *Alvin* гидротермальных систем создал элегантную — но все еще не доказанную — альтернативную модель. В этой модели минеральные мембраны, формирующие крошечные поры внутри породы, выстилающей выход источника, сначала отделяют щелочную воду от более кислой океанской воды. В результате создается градиент pH величиной в несколько единиц, похожий на разницу между раствором нашатырного спирта и апельсиновым соком. Градиент pH — это форма энергии, и современные бактериальные клетки успешно используют такую энергию для синтеза необходимого им АТФ. В гидротермальных потоках в смеси растворенных газов, таких как водород и углекислый газ, присутствует также и другой источник энергии. Расселл с коллегами предположили, что, когда в воде древних морей углекислый газ смешивался с водородом, поступавшим из жерл, в результате переноса электронов от водорода к диоксиду углерода могли синтезироваться более сложные органические соединения. По мнению ученых, минеральные компартменты напоминают клетки, а использование энергии градиентов pH и водорода могло в конечном итоге превратиться в примитивный обмен веществ, необходимый ранним формам жизни.

Гипотезы происхождения жизни в горячих источниках на суше или глубоко в океане имеют очень большое значение. Помимо дальнейших

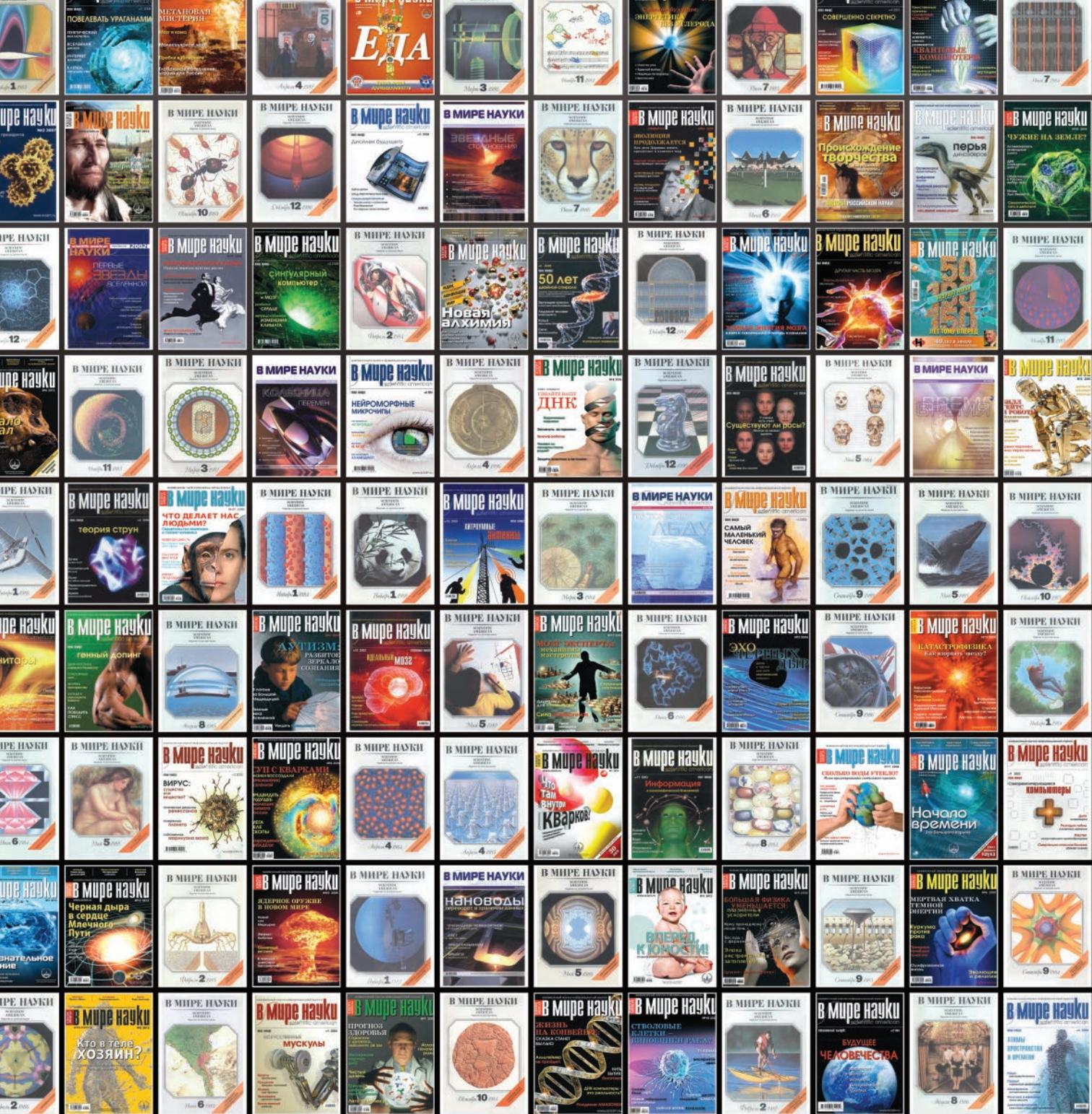
исследований, связанных с происхождением жизни на Земле, они определяют совершенно разные подходы к поиску жизни на других планетах и их спутниках. Если верна гипотеза глубоководных жерл, то можно рассматривать ледяные миры океанов Энцелада и Европы. С другой стороны, если верна наша модель флукутуирующих горячих источников, то вряд ли в этих мирах есть жизнь.

Как насчет Марса? Хотя имеются достоверные свидетельства, что в далеком прошлом на Марсе были мелководные моря, практически нет признаков существования здесь мирового океана или тектонических движений, обуславливающих гидротермальные явления на Земле. Если возникновение жизни зависело от океанических термальных источников, маловероятно, что она появилась бы на Красной планете. Но если на Земле жизнь зародилась на суше в горячих источниках, она могла возникнуть и на Марсе, где существовали вулканы и вода — необходимые компоненты горячего источника. И действительно, в 2008 г. марсоход *Spirit* обнаружил в Колумбийских горах на Марсе отложения горячего источника возрастом 3,65 млрд лет — примерно того же возраста, что и горячие источники формации Дрессер, которые хорошо потрудились, чтобы сохранить ранние свидетельства жизни на Земле.

Обеим моделям происхождения жизни — в горячих источниках на суше и в глубинах океана — предстоит еще долгий путь до того, как одну из них признают истинной. Проблема происхождения жизни напоминает пазл из множества деталей, и наших знаний пока недостаточно, чтобы каждый фрагмент занял свое место. Что касается формации Дрессер, например, то мы не понимаем, что заставляло определенные элементы концентрироваться в различных водоемах; как геотермальные поля менялись с течением времени; как различные химические соединения взаимодействовали, чтобы осуществлялся синтез или, наоборот, происходила дегградация органических молекул. Необходимо разработать более сложные эксперименты, воспроизводящие химические процессы в системах теплых маленьких водоемов до появления жизни, и изучить, как формируются сложные органические молекулы, а также как такие молекулы, инкапсулированные внутри мембран, взаимодействуют и соединяются.

Физические и химические законы задают рамки, а открытия в области геологии и химии, описанные в этой статье, заполняют разные участки этой мозаики. Но для того чтобы увидеть ясную картину происхождения жизни, многие детали еще должны встать на место. Тем не менее вдохновляет уже то, что теперь виден путь к решению этой загадки. ■

Перевод: С.М. Левензон



Хотите знать о науке больше?

Полный архив выпусков журнала
«В мире науки» — на сайте издания
по адресу: www.sciam.ru

В мире науки
SCIENTIFIC AMERICAN

Теперь можно купить
и отдельные статьи



Эффект бриллиантового кольца сразу до и непосредственно после полного солнечного затмения показывает свет солнечной фотосферы, проходящей по лунной долине

АСТРОФИЗИКА

Первое полное солнечное затмение, которое за последние 99 лет, — это не только уникальное



пересекло США от побережья до побережья
зрелище, но и возможность ценнейших
научных наблюдений

ВЕЛИКОЕ
СОЛНЕЧНОЕ
ЗАТМЕНИЕ
2017 года

Джей Пасачофф

ОБ АВТОРЕ

Джей Пасачофф (Jay M. Pasachoff) — астроном, работает в Колледже Уильямса; председатель рабочей группы по солнечным затмениям Международного астрономического союза. Исследования финансируются фондом Национального географического общества и Национальным научным фондом.



Во время солнечных затмений я люблю находиться вне дома, наслаждаясь зрелищем сгущающегося мрака Вселенной, — именно там начинается моя научная работа. С трудом верится, что когда-то давным-давно я советовал всем желающим самостоятельно конструировать проектор с отверстиями или даже использовать кухонные терки для того, чтобы наблюдать затмения. В последние годы доступность фильтров частичного затмения всего по доллару или около того за штуку сделала эти мои советы устаревшими. Теперь все могут взглянуть на Солнце через такой фильтр, начав наблюдения более чем за час до полного затмения и увидеть кажущийся скол солнечного диска. За последние несколько минут до полного затмения окружающий свет качественно меняется, становится жутким... Тени приобретают особую остроту, потому что их порождает тончайший полумесяц солнечного диска, а не полноценное светило. Холодеет воздух, налетает ветер и полосы тени стремительно скользят по земле.

В те секунды, пока Луна проплывает перед солнечным диском вся целиком, только редкие струи солнечного света просачиваются по долинам края диска Луны. Солнце смотрится дугой ярких бусин, которые постепенно угасают, оставляя место только одной, ярчайшей. Эта бусина сияет, как бриллиант на кольце, обрамленном узким красноватым ободком по бокам и беловатой линией вокруг лунного силуэта. Вскоре исчезает и этот бриллиант. Теперь нужно отбросить фильтры и прямо смотреть на то, что осталось от Солнца: на область его атмосферы, которая в обычное время скрадывается от глаз небесной голубизной. Эта область — внутренняя и средняя солнечная корона, жарчайший огонь плазмы, струящейся от солнечной поверхности. Корона соперничает яркостью с полной Луной — другими словами, она в миллион раз слабее, чем привычное дневное Солнце, и поэтому на корону можно безбоязненно смотреть невооруженным глазом. Сначала вы увидите корону как

ленту бриллиантового кольца, а потом во всем ее великолепии: жемчужно-белый газовый ореол, простирающийся от Солнца на расстояние до нескольких солнечных радиусов. Если особенно повезет, вас поприветствует мощное извержение плазмы в межпланетное пространство.

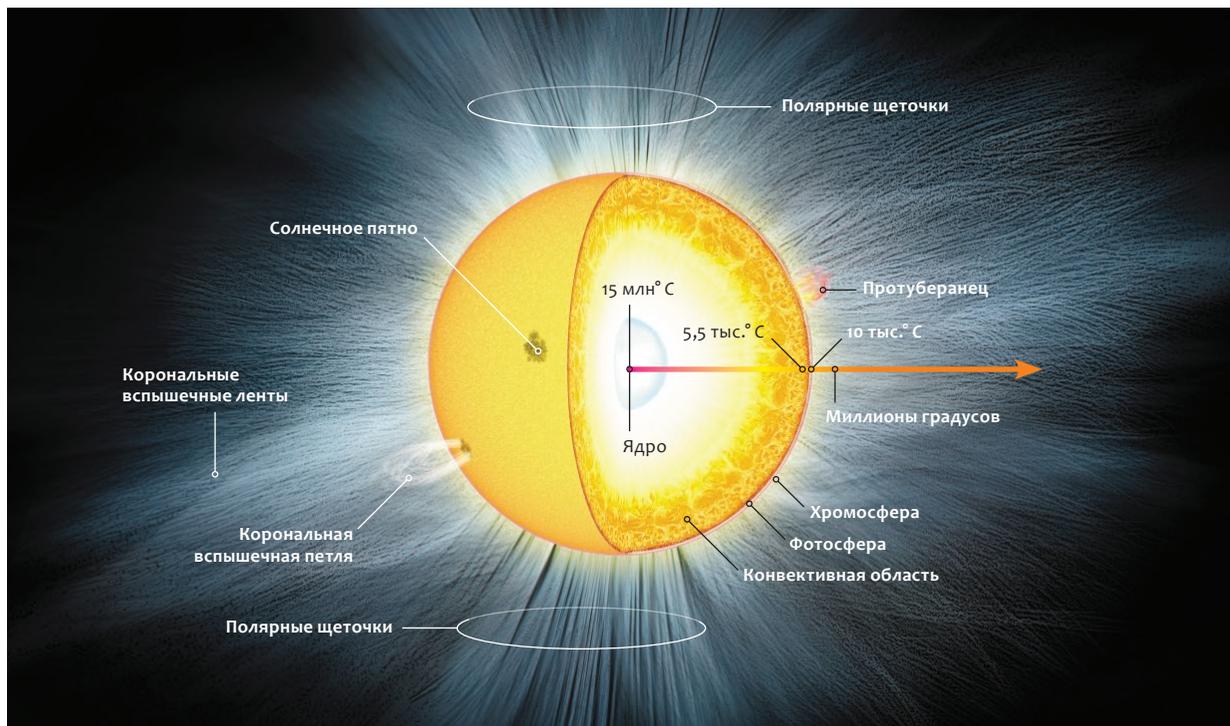
Вы спросите, в чем же смысл такого детального словесного описания полного солнечного затмения? Дело в том, что это зрелище настолько красиво и нежно, что никто никогда не мог дать адекватного описания. Как правило, люди приходят ко мне после наблюдений затмения, чтобы сказать, что теперь понимают, как я пытался передать охватывающее меня волнение, но все-таки не смог оправдать их впечатлений. Телеэкраны и компьютерные мониторы не в состоянии отразить реальной картины. Фотографии сглаживают динамический диапазон, и затмение теряет присущий ему ослепительный контраст. Никакими средствами нельзя дать почувствовать порождаемый зрелищем

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- 21 августа 2017 г. американский континент будет пересечен от Орегона до Южной Каролины узкой полосой полного солнечного затмения.
- Затмение предоставляет уникальную возможность изучить Солнце при условиях, невозможных в любое другое время.
- Ученые будут искать ответы на многие давние вопросы: например, как магнитное поле Солнца формирует солнечную корону и почему корона так горяча?

Затененное Солнце

Наблюдения Солнца во время его затмения, когда его лик скрыт лунной тенью, позволяют астрономам изучать слои солнечной атмосферы, которые не видны никаким другим способом. Солнечная корона — это газовое гало, которое исходит от поверхности Солнца в виде шлейфов и петель. Наблюдение затмения может помочь раскрыть тайну, почему корона горячее солнечной поверхности.



Две гипотезы: вспышки или волны

Для объяснения, от каких источников солнечная корона приобретает высокую температуру, ученые предложили два различных класса идей. Изучая корону во время затмений и измеряя скорость осцилляций коронального газа, исследователи надеются либо отдать предпочтение одному классу идей, либо установить, что основания имеют оба предположения.

Гипотеза микровспышек

Согласно одному из видов модели нагрева, миллионы крошечных взрывов, называемых микровспышками, могут совместно повышать температуру короны. Эти взрывы могут быть инициированы, когда несколько трубок коронального магнитного поля перекрещиваются друг друга, после чего разъединяются, высвобождая энергию.



Гипотеза магнитных волн

Другая возможность заключается в том, что магнитные волны, называемые альвеновскими, распространяются через корональные вспышечные петли. Эти волны, исходящие от начала и конца петли, могут взаимодействовать друг с другом и рассеивать некоторую часть своей энергии либо вблизи нижних концов петли, либо по всей короне.

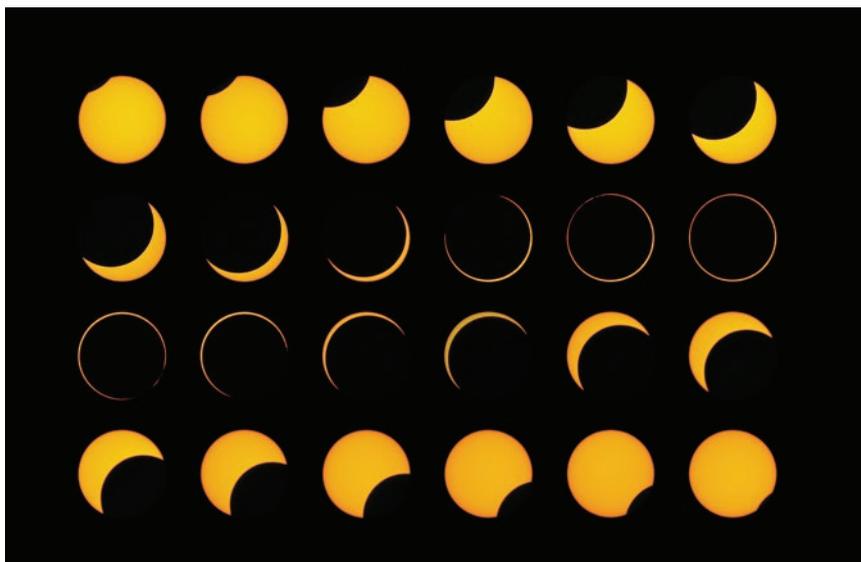


затмения первобытный страх потерять Солнце навсегда — как будто вся Вселенная погружается во тьму, сначала постепенно, а потом в течение нескольких секунд вдруг в 10 тыс. раз стремительнее.

Свое первое солнечное затмение я увидел, будучи студентом первого курса, — и оно произвело на меня неизгладимое впечатление. Начиная с того момента я объездил весь мир и был свидетелем 65 солнечных затмений (включая 33 полных). Я с нетерпением ожидал мое 66-е, которое произошло 21 августа, когда тень полного затмения пролегла от западного побережья Соединенных Штатов до их восточного края. Такое произошло впервые с 1918 г.

Я охочусь за этими событиями не только ради удовольствия. Затмения предоставляют ученым исключительные наблюдательные условия, которые нельзя воспроизвести в обычных ситуациях. Наземные телескопы, конечно, могут быть оснащены небольшим металлическим конусом или диском, так называемым коронографом, который позволяет «вырезать» Солнце по требованию программы наблюдений. Однако такое искусственное затмение далеко не так хорошо, как настоящее. Дело в том, что молекулы окружающего воздуха делают небо слишком синим и чересчур ярким, даже в условиях высокогорья. Космические коронографы должны убирать не только влияние солнечного диска, но и широкую полосу вокруг него, иначе внутри инструмента будет рассеиваться слишком много света. Кроме того, разрешение любого телескопа ограничено, и входящий свет несколько «размазан». Природные затмения лишены указанных недостатков. Действительно, в этом случае в качестве телескопа выступает вся система «Земля — Луна», обладающая исключительно высоким разрешением. Желая получить полную картину происходящего на Солнце, мы связываем наши наземные наблюдения с наблюдениями космических аппаратов. Только четкая тень Луны дает возможность наблюдать внутреннюю и среднюю часть солнечной короны в видимом свете.

Именно в этих внутренних областях мы ищем ключ к одной из самых вопиющих головоломок в астрофизике: почему температура Солнца растет с удалением от его поверхности? Обычно при удалении от источников тепла все остывает, как, например, в случае костра или парового радиатора. Внутри Солнца температура начинается с 15 млн



Последовательность кольцевого солнечного затмения, которое было сфотографировано автором в феврале 2017 г. в Патагонии, Аргентина

градусов по Цельсию в его центре и неуклонно падает при движении наружу, опускаясь до 5,5 тыс. градусов Цельсия в солнечной фотосфере — поверхности, излучающей свет в окружающее пространство. Однако потом такая тенденция меняется. Температура разреженного газа, расположенного чуть выше видимой поверхности Солнца, составляет 10 тыс. градусов Цельсия и внезапно возрастает до миллионов градусов. До сих пор детали этого феномена служат предметом научных дискуссий.

С момента выхода моей статьи в *Scientific American*, посвященной исследованиям солнечной короны, была проведена гигантская теоретическая и наблюдательная работа. Флотилия космических аппаратов проводит мониторинг Солнца в ультрафиолетовых и рентгеновских лучах, недоступных для наблюдений с поверхности Земли. Специалисты отыскивали средства для сведения всех наблюдений в единое целое. Намечены решения задачи нагрева солнечной короны, в том числе с учетом магнитного поля Солнца, однако детали все еще не ясны. Это едва ли не единственная проблема, которую ставит перед нами солнечная корона, и наблюдения затмения должны помочь ее разрешить.

Солнечный пейзаж

О солнечной короне ученые знают уже многое. Во-первых, она похожа на гигантского дикобраза. Корона вытягивается в тонкие узкие корональные лучи, отдельные из которых шире у основания и сужаются на больших высотах, становясь похожими на заостренные шлемы. Формы корональных лучей изменяются в зависимости от цикла активности солнечных пятен.

С ростом пятен, как это было в период с 2012 по 2014 г., корональные лучи видны даже на северных и южных широтах, достигающих 30°, так что корона проявляет себя со всех сторон. Во время периодов минимальной активности солнечных пятен (в одном из таких периодов мы сейчас находимся) корона понижается и размеры ее лучей ограничиваются областями, расположенными ближе к солнечному экватору. На полюсах появляются тонкие прямые корональные щеточки. Из открытых областей между лучами следуют потоки заряженных частиц, называемые солнечным ветром. Он движется по Солнечной системе со скоростью в сотни километров в секунду, что, возможно, вдвое превышает скорость солнечного ветра в других областях. В основании солнечной короны, «привязанные» к солнечной фотосфере, расположены аркады небольших газовых вспышечных петель. Они, возможно, состоят из нескольких струй, слишком тонких для современных наблю-

Каждую секунду в солнечной короне происходят миллионы маленьких взрывов, любой из которых обладает миллиардными долями энергии по сравнению с энергией большой вспышки; эти взрывы дают короне постоянный нагрев

дательных возможностей. Корональные петли могут пульсировать в зависимости от движения волн. Такое сложное поведение — результат действия солнечного магнитного поля, возникающего из-за взрывов газа в глубинах Солнца. Однако исследователи до сих пор не знают, как именно динамика магнитного поля порождает необычайно высокую температуру в короне.

Известно, что магнитное поле вовлечено в корональные процессы, поскольку магнитные процессы не подвержены термодинамическим ограничениям, которые препятствуют течению энергии от горячей поверхности к еще более горячей короне.

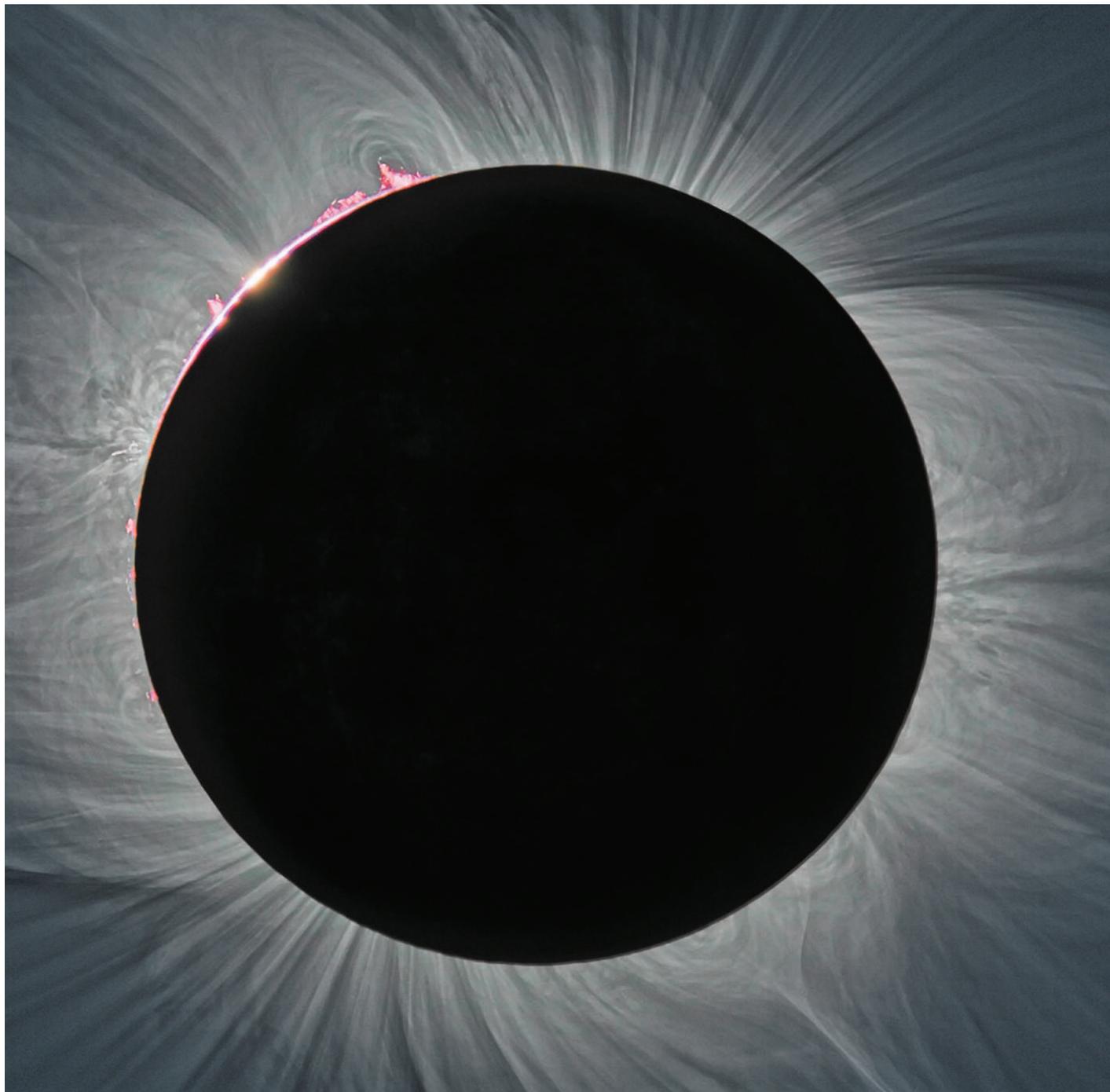
Взрывы или волны?

Ученые рассматривают две основные идеи того, как солнечное магнитное поле могло бы передавать часть своей энергии для разогрева короны. Первый способ разогрева — посредством крошечных солнечных вспышек. Такие взрывы происходят, когда в течение нескольких секунд распределение магнитного поля резко изменяется. При построении карты магнитного поля на поверхности Солнца иногда обнаруживается, что северная и южная полярности в областях пятен становятся

беспорядочными (*реальный физический процесс магнитного пересоединения. — Примеч. пер.*). Это приводит к образованию у магнитного поля огромных напряжений, и для их уменьшения две полярности внезапно соединяются новым образом, излучая огромное количество накопленной энергии. Такой процесс пересоединения локально нагревает корону до 10 млн градусов по Цельсию или даже выше, порождая яркие вспышки, а иногда и выброс плазмы в космическое пространство. Вспышка может причинить вред космическому кораблю на орбите Земли и может представлять серьезную опасность для путешествующих на Марс космонавтов.

Наблюдаемые вспышки слишком дискретны, чтобы объяснить постоянные показатели температуры в солнечной атмосфере. Быть может, взрывы слишком малы для возможности их индивидуального различения, но они тоже разрушают корону? Джеймс Климчук (James Klimchuk) из Центра космических полетов Годдарда NASA отстаивал идею таких микровзрывов. Каждую секунду в короне происходят миллионы мелких взрывов, каждый из них обладает одной миллиардной долей энергии большой вспышки, в результате чего поддерживается наблюдаемая температура короны.

Большинство конкурирующих теорий говорят о том, что корону нагревают колебания магнитного поля. Вибрирующие петли в нижней части короны могут перемешивать окружающий газ, тем самым повышая его температуру. Образующиеся волны способны принимать всевозможные формы. Ученые исключили возможность того, что это звуковые волны, вызванные давлением газа. Однако альвеновские волны чисто магнитной или смешанной магнитно-акустической природы имеют право на существование. Будет ли достаточно магнитных волн какого-нибудь типа, чтобы поднять корональную температуру до 1 млн градусов Цельсия? В принципе, исследователи должны иметь возможность различать микровспышки и волновой механизм, измеряя колебания коронального газа. Флуктуации с периодом от примерно 10 с до 1 мин разрешают прохождением стандартных альвеновских волн вдоль корональных петель. Наблюдения за колебаниями солнечной поверхности с использованием метода, известного как гелиосейсмология, предполагают, что Солнце способно генерировать такие волны. Несмотря на то что наиболее сильная осцилляция происходит со сравнительно небольшим периодом около 5 мин, это всего лишь один тип среди многих других колебаний, происходящих на поверхности Солнца.



На мозаичном изображении, составленном из десятков частей, полученных во время полного солнечного затмения в Ливии, видны солнечная хромосфера (розовый) и корона

Наблюдения затмений имеют решающее значение для измерения флуктуаций корональных петель. Логистические преимущества наблюдений с Земли позволяют использовать оборудование с более высоким разрешением по времени, чем существующее на космических аппаратах. Моя команда использует быстродействующие приборы с зарядовой связью (ПЗС), которые захватывают

изображения много раз в секунду. Для сравнения: камеры сборки визуальных атмосферных данных, принадлежащие Обсерватории солнечной динамики NASA, получают изображения каждые 12 с с помощью десяти фильтров, а прибор на новом национальном океаническом и атмосферном рабочем геостационарном спутнике (GOES-16), который получает изображения Солнца

в ультрафиолетовых лучах, обладает в лучшем случае десятисекундной экспозицией для шести фильтров.

Все то, что мы до сих пор находили, расширяет сферу возможностей. Некоторые осцилляции могут обладать периодом меньше 1 с, что соответствует теоретическому предсказанию о наличии особых колебаний альвеновских волн, которые движутся вдоль как по поверхностям петель, так и внутри их. Однако наши данные скудны: от двух предыдущих полных солнечных затмений мы обладаем всего несколькими минутами наблюдений с высокой экспозицией. В этом году мы будем использовать наши сложные ПЗС-матрицы с фильтрами экстремально чистой длины волны, что нужно для изоляции горячего коронального газа. Наша цель — новый поиск спектра волн в зависимости от времени. Мы надеемся, что наши результаты смогут помочь исследователям в выборе между разными моделями нагрева короны или, быть может, привести к выводу, что температура короны увеличивается в результате действия нескольких механизмов. В активных областях над солнечными пятнами условия для вспышек (факелов) благоприятны, а волны сравнительно слабы. Тем не менее в спокойных областях мы можем иметь либо волны на малых петлях, либо миллиарды непрерывных микровспышек.

Тактика затмения

Ученые разработали несколько приемов для того, чтобы максимально эффективно использовать исключительные возможности затмений. Наблюдения затмений позволяют тщательно анализировать форму короны с высоким пространственным и временным разрешением. Детали на изображениях затмений, которые наблюдаются с поверхности Земли, примерно в восемь раз более тонки, чем полученные с помощью лучших космических коронографов. Недостаток затмений заключается в их краткосрочности и прерывистости, но это можно компенсировать объединением наборов данных от отдельных затмений, наблюдаемых из различных точек.

Например, наблюдая затмения в течение всего 11-летнего цикла солнечной активности, мы следим за изменениями степени округлости короны, другими словами, за распределением вспышечных лент на разных широтах, и сравниваем эти данные с другими показателями солнечной активности. В этих исследованиях я сотрудничаю с астрономом Войтехом Рушиным (Vojtech Rušin) из Словацкой академии наук. Несмотря на то что солнечная корона видна во время затмения всего несколько минут в каждом конкретном месте, мы можем комбинировать наблюдения, проведенные в разных пунктах. Таким образом, можно будет выявить изменения в корональных вспышечных

лентах и щеточках в течение тех часов, пока лунная тень путешествует по поверхности Земли. Во время затмения 21 августа мы сможем провести непрерывные измерения от восточного до западного побережья США.

Еще одна выгода в совмещении большого числа изображений затмения состоит в том, что окажется возможным захватить широчайший диапазон яркости короны. Из отдельных изображений, снятых с большим количеством экспозиций, мы можем отобрать и объединить десяток частей с нужной экспозицией. Эксперт по компьютерной визуализации изображений — программист Милослав Друкмюллер (Miloslav Druckmüller) из Брненского технического университета в Чехии. С учетом того, что корона примерно в тысячу раз ярче непосредственно за краем Солнца по сравнению с ее яркостью на расстоянии в один солнечный радиус, мы обязаны отобрать снимки с наилучшей экспозицией среди большого их количества и сконструировать сборное изображение. Используя такие изображения полных затмений, составленные из множества частей (недавние затмения в Индонезии, на Шпицбергене, в Габоне, Австралии и других странах), моя научная команда измерила скорости в корональных вспышечных лентах, в полярных щеточках и областях корональных выбросов. Мы надеемся, что сможем получить значительное пополнение данных в августе.

Еще один прием, служащий для улучшения изображения, — использование постепенного изменения лунного силуэта во время затмения. В зависимости от того, покрыты или не покрыты краем Луны области солнечных пятен, телескопы могли бы зарегистрировать резкие скачки яркости Солнца, что позволяет выявить детали изображения. Для того чтобы в этом году получить очень высокое пространственное разрешение, мы установили сотрудничество с Дейлом Гэри (Dale Gary) из Технологического института Нью-Джерси, Тимом Бастианом (Tim Bastian) из Национальной радиоастрономической обсерватории и Томом Койпером (Tom Kuiper) из Лаборатории реактивного движения NASA. Мы планируем использовать радиотелескопы для измерения переменности радиоизлучения, идущего от любых активных областей солнечных пятен, которые могут быть видны на разных частотах, когда Луна закрывает Солнце. Хотя эти телескопы расположены вне полосы полного затмения, в их зоне наблюдений около 70% солнечного диска все же будет покрыто каждым из них. Мы получим радионаблюдения с самым высоким разрешением с помощью системы из 13 связанных между собой радиотелескопов, расположенных в Калифорнии (*Expanded Owens Valley Solar Array*). Эта система позволит вести непрерывные наблюдения Солнца на сотнях частот от 2,5 до 18 ГГц. Изображения с низким разрешением, которые будут

получены на другом радиотелескопе в Калифорнии (*Goldstone Apple Valley Radio Telescope*), позволят улучшить качество изображения, заполнив фон.

Мы ожидаем, что удастся определить точное положение мест областей свечения в корональных петлях, как это показывают радиоволны, регистрируемые с космических аппаратов, с пятнами, которые излучают в ультрафиолетовом или рентгеновском диапазоне. Таким образом мы сможем узнать механизм нагрева петель.

Магнитное поле фотосферы хорошо изучено, однако магнитное поле короны исследовано гораздо хуже. Для решения этой проблемы Эд Делука (Ed DeLuca) из Гарвард-Смитсоновского центра астрофизики и студентка Гарвардского университета Дженна Самра (Jenna Samra), работающие с учеными-солнечниками Леоном Голубом (Leon Golub) из Гарвард-Смитсоновского центра и Филипом Джаджем (Philip Judge) из Высокогорной обсерватории Национального центра атмосферных исследований (*NCAR*) в Боулдере, штат Колорадо, решили следовать за затмением на самолете *NCAR «Гольфстрим-В»*. С такой огромной высоты, выше основной части атмосферы, поглощающей инфракрасное излучение, ученые смогут измерить ширину спектральных линий инфракрасного диапазона в надежде отыскать среди них такие, которые чувствительны к магнитному полю. В случае успеха ученые планируют лететь снова во время следующего затмения, взяв на борт поляризационные фильтры для измерения коронального магнитного поля. Разделение световых волн, обладающих разной поляризацией, поможет выявить составные части короны.

Во время полного солнечного затмения мы глазами можем различить то, что находится внутри средней части короны: области высокоионизованного газа, рассеивающего вокруг нас обычный солнечный свет. Из-за рассеяния свет поляризуется, и движение электронов, вызванное этим процессом, размывает темные линии, которые иначе присутствовали бы в радужном спектре излучения Солнца. Дальше от короны, ближе к орбите Меркурия пыль в межпланетном пространстве отражает свет в нашем направлении, но не поляризует его и не меняет обычного солнечного спектра.

Другие научные группы также готовятся к изучению поляризации при этом затмении — например, Нат Гопалсвами (Nat Gopalswamy) из Центра космических полетов *NASA*, Джадж и Сивен Томчик (Stiven Tomczyk), оба из Высокогорной обсерватории, и Падма Янамандра-Фишер (Padma Yanamandra-Fisher) из Института космических исследований. После того как Солнечный телескоп Дэниела Иноуэ (Daniel K. Inoué), построенный на Мауи, начнет наблюдения в 2018 г., один из его инструментов в конечном итоге сможет

непосредственно измерить корональное магнитное поле с помощью изучения поляризации инфракрасных спектральных линий. В 2018 г., когда будет запущен солнечный зонд «Паркер» *NASA*, его траектория пройдет через солнечную корону, что поможет устранить все существующие неопределенности в механизме ее разогрева.

Общими усилиями

В целом усилия наблюдателей во время затмения окажутся действительно огромными — здесь я показал только верхушку айсберга. *NASA* предоставило финансирование 11 проектам, из них шесть по исследованиям солнечной короны и пять связанных с откликом земной атмосферы на похолодание во время затмения (последняя тема относится к моей работе с Маркосом Пеньялоса-Мурильо (Marcos Peñalosa-Murillo) из Андского университета в Венесуэле).

Еще одна научная группа из США, использующая затмения для изучения солнечной короны, — это группа (называющая себя «Шерпы солнечного ветра»), которую возглавляет Шадия Аббал (Shadia Habbal) из Гавайского астрономического института. Они планируют получить изображение солнечной короны с помощью фильтров, отобранных для выявления плазмы при различных температурах. Новый проект Аббал, поддержанный *NASA*, нашел поддержку в недавно разработанном этой группой двухканальном спектрографе, который был успешно протестирован в 2015 г.

На сегодня разнообразие наземных и космических наблюдений обеспечит комплексное исследование инфракрасной короны, ее спектра и поляризации.

У моей группы было преимущество международного сотрудничества во время 33 полных солнечных затмений, которые я наблюдал по всему миру. Теперь пришло наше время благодарить за оказанное гостеприимство. Мы ожидаем высококачественные изображения и анализ от Сержа Кучми (Serge Koutchmy) из Парижского астрофизического института и от его сотрудников, чтобы присовокупить эту информацию для изучения августовского затмения. На интернет-сайтах моей собственной научной команды к нам присоединятся коллеги из Австралии, Словакии, Греции, Японии, Китая, Ирана и других стран.

Американские ученые тоже, без сомнения, будут иметь возможность внести вклад в изучение грядущего затмения. Я вовлечен в проект по визуализации процесса затмения. Этот проект, который возглавляет Лора Петиколас (Laura Peticolos), разрабатывается в Лаборатории космических исследований в Калифорнийском университете в Беркли. Простые люди смогут отправлять свои фотографии через интерфейс *Google* для архивации с целью последующей сборки фильма, который

Почти здесь

будет находиться в открытом доступе для просмотра и анализа для всех желающих. Аналогичным образом Мэтт Пенн (Matt Penn) из Национальной солнечной обсерватории организовал эксперимент, позволяющий жителям континентальной Америки использовать свои телескопы для получения изображений с целью их последующего объединения. Проект охватывает около 70 сайтов с маленькими телескопами и ПЗС-детекторами.

Один необычный эксперимент в августе этого года никак не связан с наблюдениями солнечной короны. Корона предстает здесь совсем в другой роли. Известно знаменитое наблюдение солнечного затмения в 1919 г. Артуром Эддингтоном для проверки общей теории относительности Эйнштейна. Эддингтон искал признаки того, что массивное Солнце искривляло траектории лучей света от далеких звезд, расположенных позади него, — эффект, указывающий на искривление пространства-времени. Я потратил десятилетия, объясняя людям, что при полном затмении мы можем сделать нечто лучшее, чем просто повторять этот эксперимент. В конце концов, в наши дни физики нашли более точные способы проверки теории относительности. Однако новые наблюдательные возможности могут сделать для них грядущее затмение полезным — или, во всяком случае, интересным. Вышедший на пенсию физик Дон Брунс (Don Bruns) из Калифорнии будет вести такие наблюдения. У него есть замысловатые планы калибровки своего телескопа путем измерения большого количества ночных звезд. Предыдущая попытка использовать наблюдения затмения, проведенные с помощью цифровых камер с одним объективом (DSLR), была сделана в 2006 г. Жан-Люком Дигайе (Jean-Luc Dighaye) из Бельгии. Карлтон Пеннипакер (Carlton Pennypacker) из Калифорнийского университета в Беркли и Национальной лаборатории им. Лоуренса и я безрезультатно пытались анализировать его данные, однако тогда в наблюдениях использовалась не очень хорошая оптика коммерческих зеркальных фотокамер. Мы надеемся, что уменьшение размера пикселя изображения, а также точная калибровка астрономического ПЗС-детектора позволят достичь успеха. Брэдли Шефер (Bradley Schaefer) из Университета штата Луизиана утверждает, что современные приемники изображений обладают достаточными разрешениями и чувствительностью, чтобы превзойти точность наблюдений предыдущих тестов, и он собирается это проверить. Европейское космическое агентство недавно выпустило каталог звезд, полученный в ходе космической миссии *Gaia*. Теперь нам известно положение звезд с очень высокой точностью, и поэтому мы можем искать любые отклонения их положений, вызванные Солнцем, используя меньшее количество калибровочных объектов.

Затмение 21 августа 2017 г. начнется на рассвете в Тихом океане. Полное затмение накроет континентальную часть Соединенных Штатов в Орегоне; частичные фазы затмения будут видны на всей территории США, Канады, Мексики и еще южнее, в Южной Америке. После того как затмение покинет Южную Каролину вблизи Чарлстона 90 минут спустя, оно закончится над Атлантикой. Его частичные фазы будут видны в северо-западной части африканского континента и в Западной Европе.

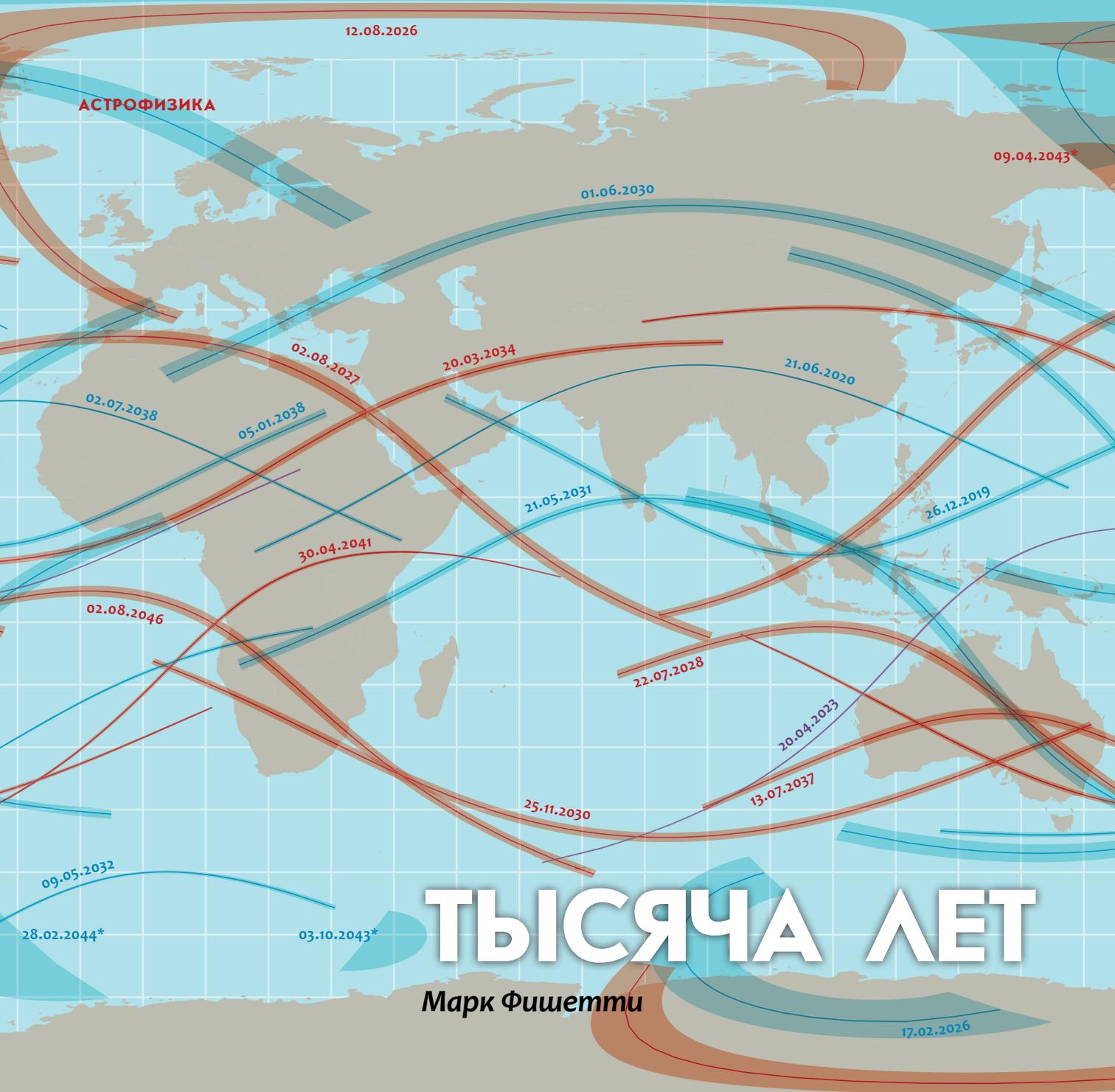
Если погода окажется благоприятной, ученые и широкая общественность должны быть впечатлены и даже ошеломлены увиденным. Совместное использование результатов наземных наблюдений затмения, наблюдений спутников в видимом диапазоне спектра, а также на ультрафиолетовых, рентгеновских и радиоволнах даст ученым самое полное представление о солнечной атмосфере из когда-либо имевшихся.

Все то, что мы узнаем о Солнце, приложимо к миллионам и миллиардам звезд, подобных Солнцу, которые мы не способны так же детально разглядеть. Некоторых не может не огорчать тот факт, что даже наше Солнце — ближайшая к нам звезда — все еще так плохо изучено. Лично я, наоборот, нахожу в такой глупой неудовлетворенности прекрасный повод, чтобы принять участие в величайшем событии в природе. Что до меня, то, фотографируя десятилетия назад предыдущие затмения, я был так занят, что едва успевал взглянуть на него сам. На этот раз автоматизированные компьютеры дадут возможность выкроить несколько секунд, чтобы лично насладиться зрелищем. Я с нетерпением жду моего 66-го солнечного затмения в Орегоне. Ну а те, кто так же увлечен этим грандиозным природным феноменом, могут подумать о 2019 и 2029 гг. — времени затмения в Чили и Аргентине. А еще о 2024 г., когда полное солнечное затмение пронесется по всей восточной части США от Техаса до Мэна. И о 2023 г., когда кольцеобразное затмение покажет частичные фазы над Северной и Южной Америкой. ■

Перевод: О.С. Сажина

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Structure and Dynamics of the 2012 November 13/14 Eclipse White-Light Corona. J.M. Pasachoff et al. in *Astrophysical Journal*, Vol. 800, No. 2, Article No. 90; February 20, 2015.
- Key Aspects of Coronal Heating. James A. Klimchuk in *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, Vol. 373, No. 2042, Article No. 20140256; May 28, 2015.
- The Sun. Leon Golub and Jay M. Pasachoff. Reaktion Books and University of Chicago Press, 2017.



Если вы долго живете и много путешествуете, то у вас предостаточно возможностей наблюдать за исчезновением Солнца

Сильнейший ажиотаж по поводу солнечного затмения, которое произошло 21 августа 2017 г., удивителен тем, что солнечные затмения случаются как минимум два раза в год. Это событие происходит, когда Луна, Земля и Солнце выстраиваются вдоль одной линии. Необычно в этот раз было то, что Луна не частично, а полностью закрыла собой Солнце, причем отбрасываемую на Землю полосу тени смогли наблюдать миллионы людей, а не только планктон в океанах или белые медведи и пингвины на полюсах. 46 солнечных затмений всевозможных конфигураций будут происходить в ближайшие 30 лет. Так что прихватите друзей и идите наслаждаться зрелищем.

* Оси этих необычных затмений касаются Земли, поэтому только небольшая область на поверхности нашей планеты окажется погруженной в полную темноту.

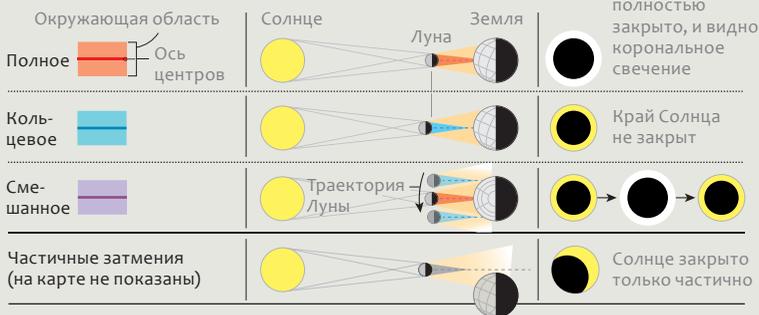


Дорожки солнечных затмений, 2017–2046

СОЛНЕЧНЫХ ЗАТМЕНИЙ

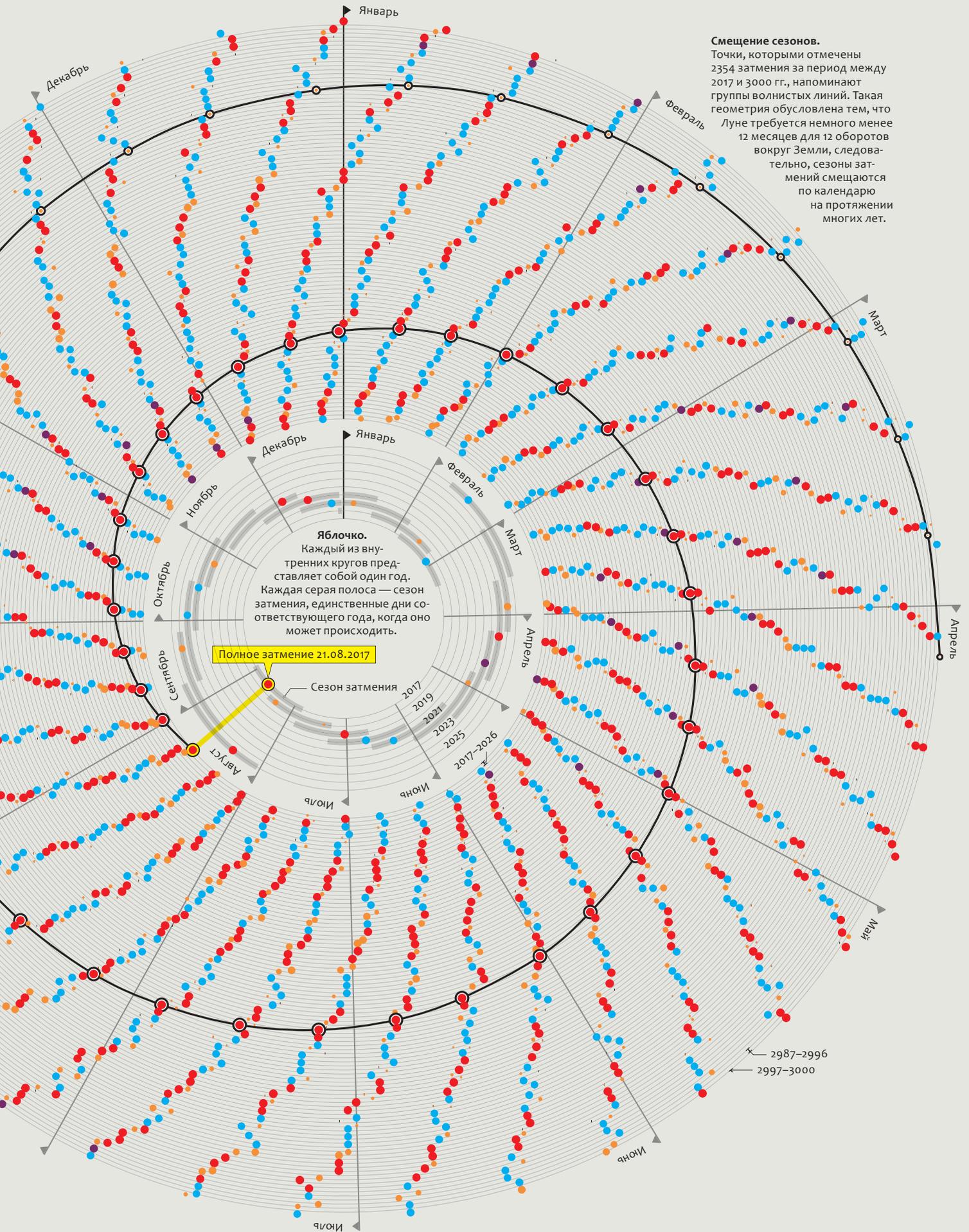
Graphic by Jan Willem Tulp (map) and Jan Christiansen (schematic)

Центральные затмения



Несколько способов спрятать Солнце

Центральное затмение (показано на карте) происходит, когда видимая с Земли Луна полностью проходит перед Солнцем. Это разворачивается в одном из трех вариантов. Первый — полное затмение, когда Луна находится достаточно близко к Земле, чтобы целиком покрывать Солнце. Второй вариант — кольцевое затмение, когда Луна располагается дальше от Солнца и загоразивает только его середину. Наконец, третий вариант — смешанный, когда расстояние от Земли до Луны меняется на протяжении затмения. Полное затмение для наблюдателей на поверхности Земли представляет собой узкую тень — полосу абсолютной темноты; чем ближе Луна к Земле, тем шире эта полоса (при изображении на плоской карте вблизи полюсов эти полосы выглядят растянутыми). Наблюдатели, находящиеся на поверхности Земли по обе стороны от полосы, видели потускнение солнечного света, а на расстоянии в несколько километров от полосы этот эффект исчез полностью.



Смещение сезонов.
 Точки, которыми отмечены 2354 затмения за период между 2017 и 3000 гг., напоминают группы волнистых линий. Такая геометрия обусловлена тем, что Луне требуется немного менее 12 месяцев для 12 оборотов вокруг Земли, следовательно, сезоны затмений смещаются по календарю на протяжении многих лет.

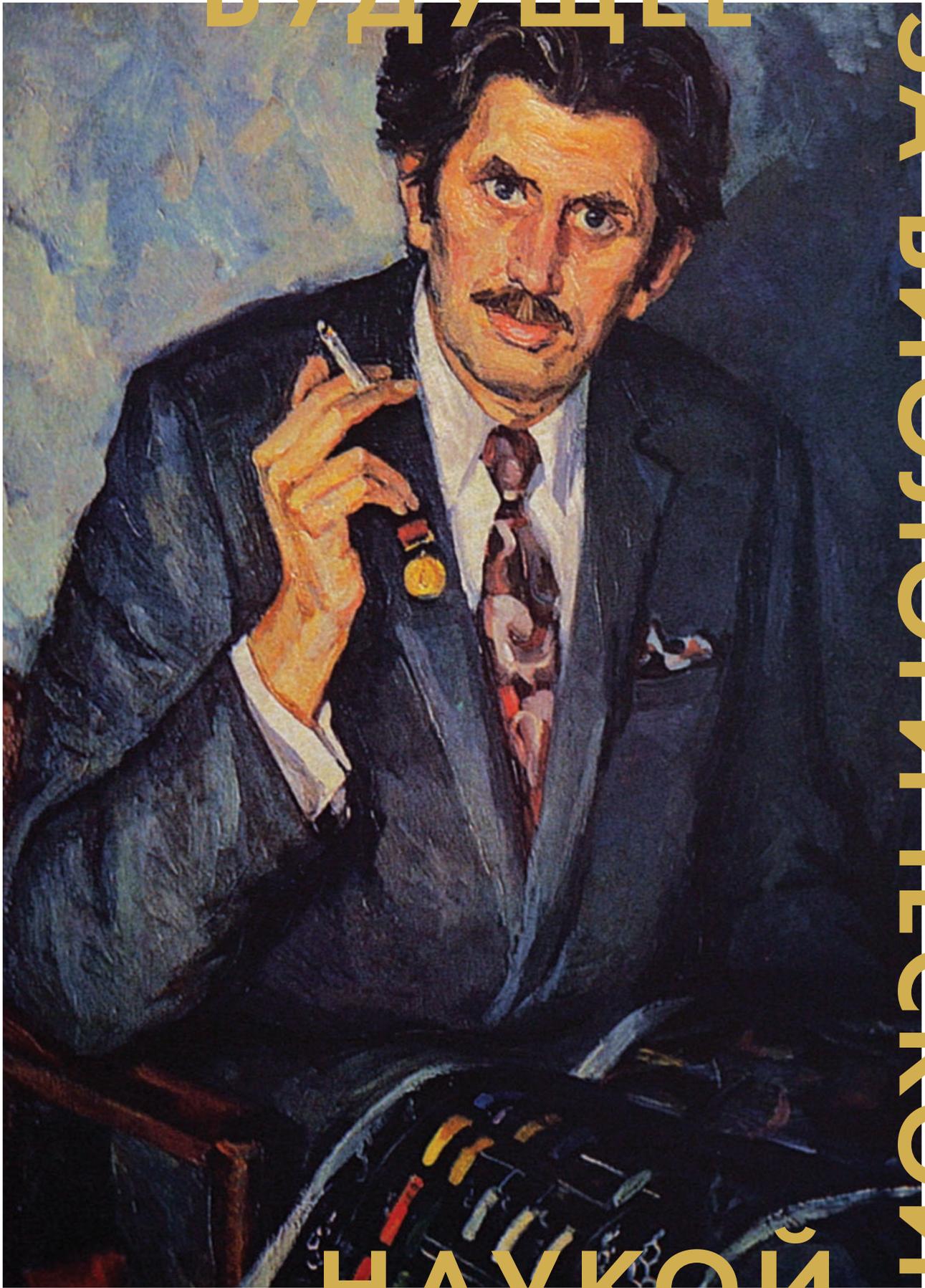
Яблочко.
 Каждый из внутренних кругов представляет собой один год. Каждая серая полоса — сезон затмения, единственные дни соответствующего года, когда оно может происходить.

Полное затмение 21.08.2017

Сезон затмения
 2017
 2019
 2021
 2023
 2025
 2017-2026

↗ 2987-2996
 ← 2997-3000

БУДУЩЕЕ —



ЗА БИОЛОГИЧЕСКОЙ

НАУКОЙ

ЮБИЛЕЙ

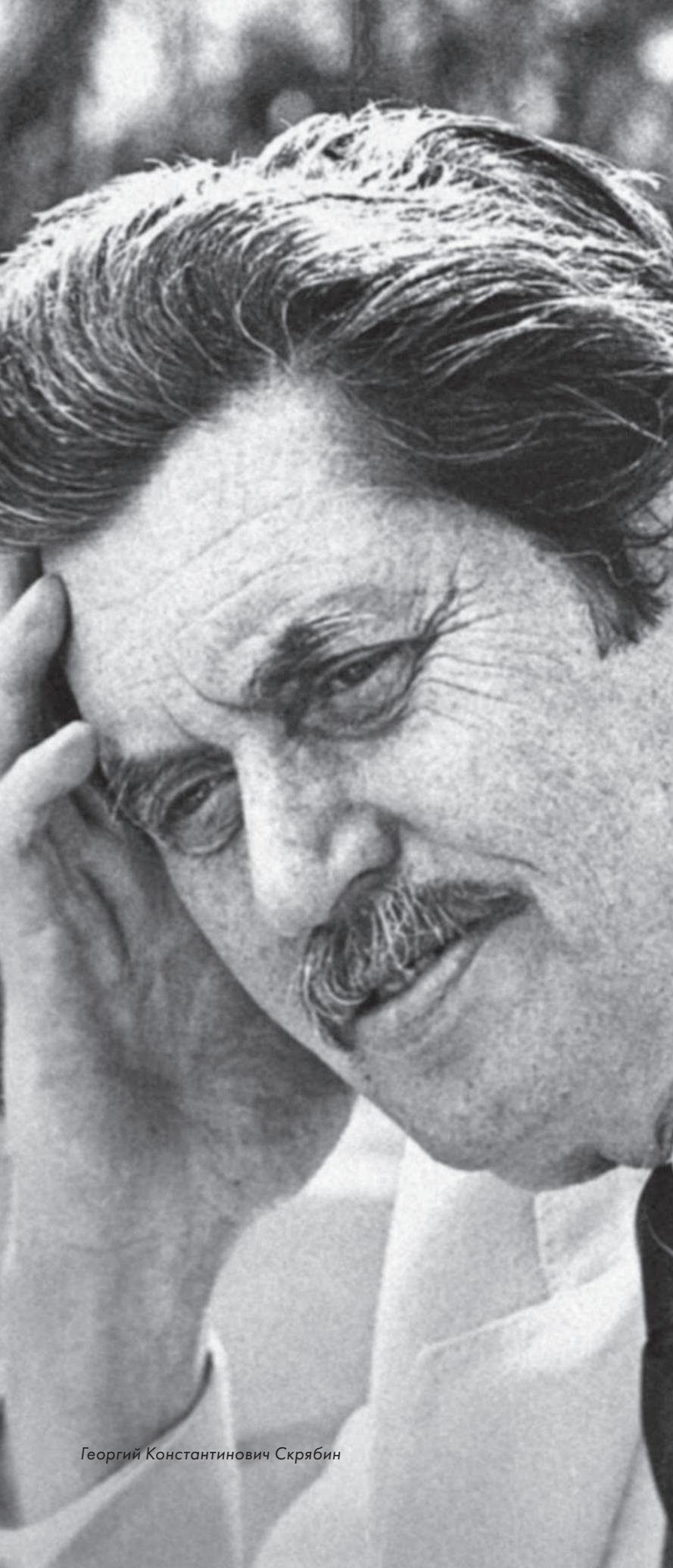
Исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося отечественного ученого, академика **Георгия Константиновича Скрыбина**.

В конце сентября Российская академия наук совместно с научным советом РАН по биотехнологиям, ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН и Институтом биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН провела конференцию «Постгеномные технологии», приуроченную к этой дате. На конференции прозвучали доклады академика В.А. Тутельяна «Современная биотехнология в производстве пищи: проблемы безопасности», академика В.А. Быкова «Метаболомика и липидомика в постгеномной биотехнологии», члена-корреспондента РАН А.М. Боронина «Микробиология на переломе веков», а также воспоминания ученых — коллег Г.К. Скрыбина.

ГЕОРГИЙ

КОНСТАНТИН

СКРЯБИНА



Георгий Константинович Скрябин

Академик Рэм Викторович Петров:

— Когда я слышу фамилию Скрябин, она у меня тут же утраивается, потому что были Скрябин-дед, Скрябин-отец, есть Скрябин-сын. Не знаю, есть ли кроме меня еще человек, который не просто встречался, но и взаимодействовал с этими тремя людьми. Так что Скрябин для меня — это некое триединство.

Со Скрябиным-старшим, Константином Ивановичем, я встречался, когда он был уже всемирно известным ученым, избранным в три академии — медицинскую, сельскохозяйственную и большую как крупнейший ветеринар, специалист в области гельминтов. С его сыном, Георгием Константиновичем, мне посчастливилось познакомиться еще до того, как я стал вице-президентом АН СССР. Он очень меня поддерживал, считал, что в академии нужны молодые силы, и полагал правильным развитие нового в то время направления в науке — иммунологии, которое я представлял. Мы много лет плодотворно сотрудничали в академии наук. В 1989 г. он ушел из жизни, но династия продолжается, и мне не верится, что его сыну К.Г. Скрябину в следующем году исполнится 70 лет.



Академик Евгений Павлович Велихов:

— Я физик, но сейчас, как мы понимаем, век биологии. И хотя президент России В.В. Путин призвал нас всех создавать искусственный интеллект, мы знаем, что это задача не из легких. Пока не получается. Однако Россия сильна, и династия Скрябиных в том числе, естественным интеллектом.

Познакомился я с семьей Скрябиных очень интересным образом. Первый раз я пришел со своим приятелем в эту семью босиком из Жуковки. Мой приятель, художник, брал уроки французского языка, а его учительница знала Скрябиных, была к ним вхожа. По его просьбе она написала записку, чтобы нас приняли на два часа. А мой приятель был человек лихой: он исправил «два часа» на «два дня». И мы с такой запиской пришли в семью Скрябиных. И, как ни странно, нас приняли очень дружелюбно. Был жив еще Константин Иванович, настоящий русский интеллигент. Так мы и провели у них два чудесных дня.

А потом, когда Георгий Константинович был главным ученым секретарем президиума академии наук, я всячески с ним взаимодействовал, плотно работал. Для меня всегда главным было то, что это династия. И я надеюсь, что она не закончится.

Академик Михаил Петрович Кирпичников:

— Вспоминаю себя в 1970-е гг. молодым человеком, только что пришедшим в науку. Именно тогда я впервые увидел Г.К. Скрябина. Что поражало? Огромная энергия, которой он просто светился. Это был исключительно эмоциональный человек, очень доброжелательный, но при случае умел довольно жестко поставить на место. Он 17 лет занимал руководящие посты в академии наук, но, что удивительно, даже с нами, молодыми людьми, не допускал никакого высокомерия. Он всегда был готов выслушать, помочь, дать совет. Исключительный организатор. Все считают, что главное его дело — это Пущинский научный центр и Институт биохимии и физиологии микроорганизмов (ИБФМ). Действительно, Пущино началось с его легкой руки. Там велись замечательные микробиологические работы. Он пригласил туда академика

М.В. Иванова, членов-корреспондентов Л.В. Калакуцкого и А.М. Боронина, И.С. Кулаева.

Интересы Георгия Константиновича распространялись не только на чистую науку. Вспомним хотя бы проблемы микробиологического белка, создание промышленности по получению субстанции стероидов, его совместные с М.В. Ивановым усилия по развитию геобиотехнологий и т.д. Он прекрасно понимал, что есть фундаментальная наука и есть ее приложения, на основе которых надо строить промышленность. И он это делал. Он был выдающимся гражданином нашей страны, и, может быть, это в нем основное. Не ошибусь, если скажу, что многие сегодняшние известные ученые ему обязаны той судьбой, которая у них сложилась.



Член-корреспондент РАН Александр Михайлович Боронин:

— Пушинский Институт биохимии и физиологии микроорганизмов основал именно Г.К. Скрыбин, он же им и руководил. В последние 15 лет его жизни нам довелось тесно общаться. Он поражал своей удивительной работоспособностью. Человек занимал ответственный пост в академии наук, пропадал там почти всю неделю, в Пушино приезжал обычно в пятницу — и мы сразу садились и начинали обсуждать институтские дела. Он вникал во все, для него не было несущественных деталей. Мы работали до поздней ночи, а в субботу рано утром я опять был у него и мы продолжали работу. Когда, наконец, заканчивали, мне хотелось только одного — дойти до постели и уснуть, так я выматывался. А для него это был привычный ритм жизни, и это, конечно, обязывало соответствовать и заряжало энергией.

Он многое предвидел, в том числе то, какие научные направления необходимо развивать. Благодаря ему в нашем институте была создана всероссийская коллекция культур микроорганизмов, и по сей день крупнейшая в мире. Восхищало его умение работать с людьми. Он мог быть строг и даже грозен, но в то же время не помню случая, чтобы он кого-то уволил или объявил выговор. Он именно работал с людьми, разговаривал с ними, не жалел на это времени, потому что ничего важнее человеческих отношений для него не существовало. Он остается в нашей памяти всегда элегантно одетым, с аристократической манерой поведения, с громадной жизненной энергией, взрывным характером, но с очень добрым отношением к людям. Мы гордимся, что наш институт носит его имя.

Академик Виктор Александрович Тутельян:

— Мне посчастливилось встречаться с Г.К. Скрыбиным. Он приезжал в наш НИИ питания, участвовал в нескольких конференциях. Георгий Константинович был выдающимся ученым, блестящим организатором, умел преодолеть ведомственные барьеры, которые существовали, существуют и, наверное, будут существовать, для решения крупной государственной задачи.

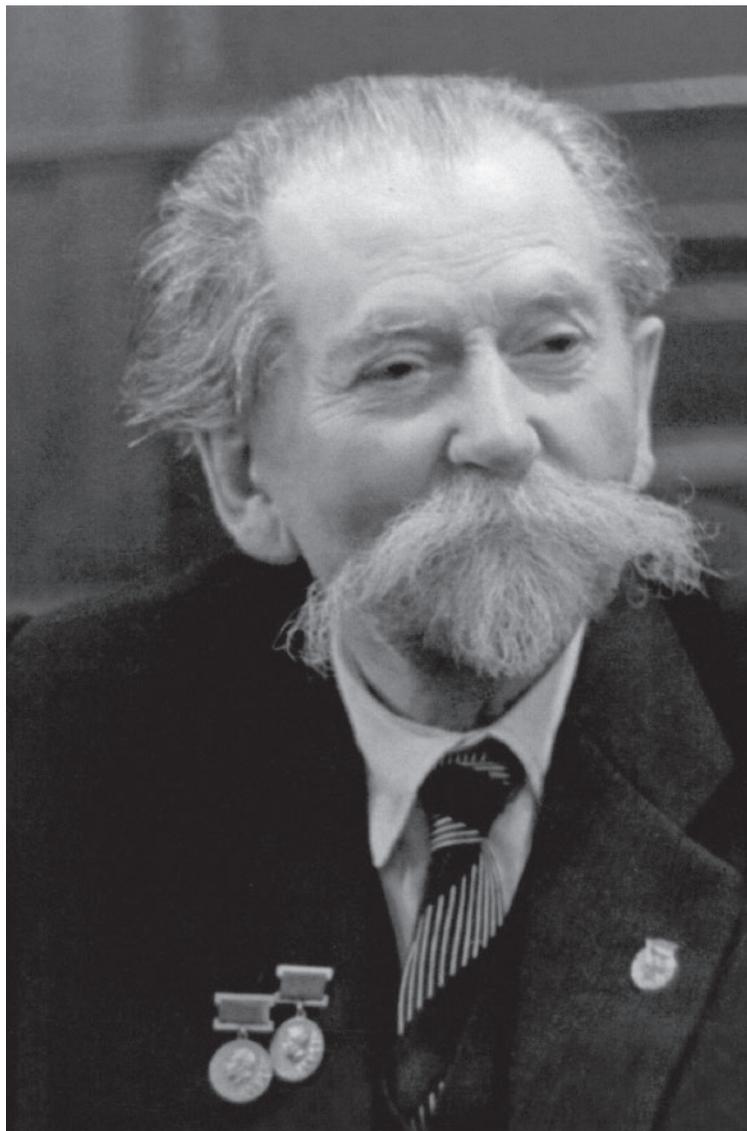
К сожалению, в истории нашей науки встречались драматические страницы. Первый раз мы наступили на грабли, когда генетику обозвали лженаукой, а второй — в 1994 г., когда уничтожили собственную биотехнологию. К чему мы пришли в результате? У нас не стало кормового белка — и тут уже упало все птицеводство. И что мы начали делать? Закупать «ножки Буша». Полностью пропали собственные витамины, и сейчас ни одного грамма витаминов у нас в стране нет — все импортное. то же самое с аминокислотами — полностью закупаем их в Китае, в Японии, а раньше абсолютно себя обеспечивали. А это в первую очередь парентеральное питание, которое необходимо пострадавшим в катастрофах, военных конфликтах, то, без чего мы не выживем.

Сейчас мы переживаем эпоху Возрождения. Сформирована комиссия РАН по генно-инженерной деятельности. Появились законодательная и нормативная базы. Мы активно работаем на уровне Государственной Думы, там немало здравомыслящих людей, которые понимают: если мы сейчас отстанем, то уже навсегда, и это будет преступлением перед народом, потому что развитие современного сельского хозяйства, животноводства без использования биотехнологий бесперспективно. В этих направлениях мы работаем рука об руку с К.Г. Скрыбиным, а основы биотехнологической промышленности заложил его отец, Г.К. Скрыбин. Так что все мы — его ученики и последователи.



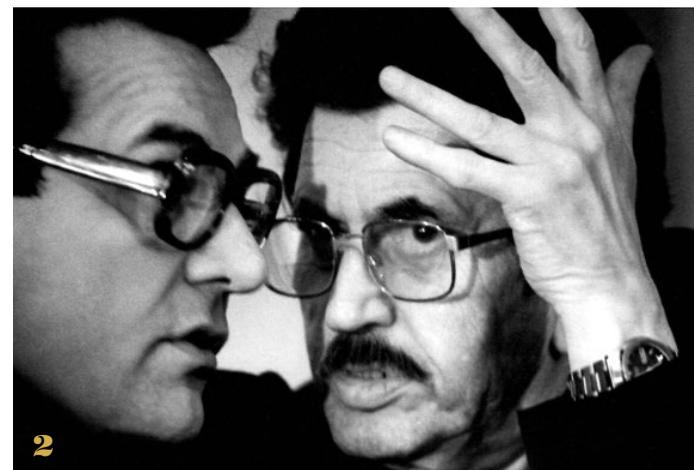
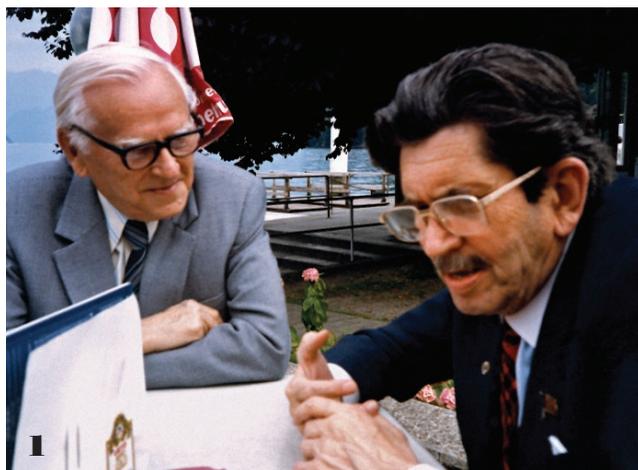
Академик Владислав Яковлевич Панченко:

— Г.К. Скрыбин был первым человеком в России, который представлял наше научное сообщество в международном Научном совете научных организаций. Первая генерация этого совета возникла еще в позапрошлом веке, в 1899 г., и там была представлена еще дореволюционная академия наук. В 1931 г. ее преемником стала Ассоциация международных организаций, и вице-президентом долгие годы оставался академик Г.К. Скрыбин. В прошлом году мы вместе с К.Г. Скрыбиным провели очень интересную конференцию «Научная дипломатия». Сейчас все больше людей обращают внимание на то, что ученые остались единственным мостиком со многими странами, трансфером идей и возможностью влияния, в том числе на свои правительства. В рамках фондов РАН мы продолжаем проводить совместные исследования, и крупнейшие американские организации — Национальные институты здоровья США, Национальный научный фонд США — работают с нашим научным сообществом благодаря именно тому, что стали называть научной дипломатией. На конференции, которая проходила в МГИМО, мы договорились о том, что научная дипломатия — это особый вид деятельности, который требует изучения, и этим нужно серьезно заниматься. И мы продолжаем это направление развивать. А первым это понял Г.К. Скрыбин.

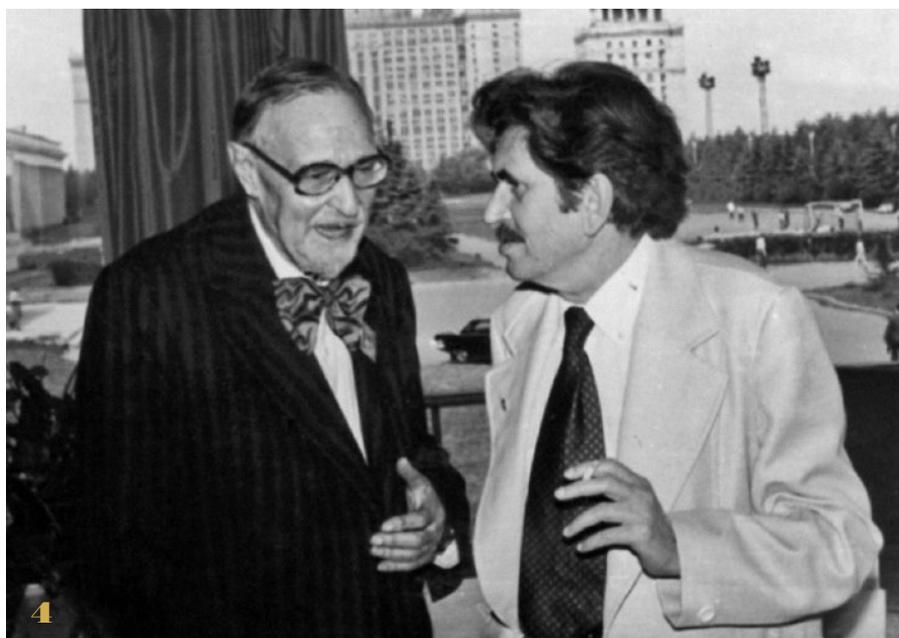


Константин Иванович Скрыбин (вверху); К.И. Скрыбин и В.Л. Комаров (внизу)





- 1. Г.К. Скрябин и А.А. Баев
- 2. Г.К. Скрябин и Ю.А. Овчинников
- 3. Г.К. Скрябин и В.А. Энгельгардт
- 4. Г.К. Скрябин и А.И. Опарин
- 5. Г.К. Скрябин и А.П. Александров
- 6. Г.К. Скрябин и Маргарет Тэтчер



— Но ведь иногда молодого человека стоит ориентировать.

— Наверное. Вообще, по деятельности моей семьи можно проследить за развитием биологии в XX в. Дед занимался больше зоологией, систематикой, классической описательной биологией. Отец — микробиологией и классической биотехнологией. А мы занимаемся в основном вещами, связанными с молекулярной биологией и генной инженерией, с геномами, секвенированием ДНК. Это и есть путь развития всей биологической науки за названный период. У меня возникает только одна трудность из-за династии биологов в семье: когда я изучаю импакт-фактор и индекс Хирша, очень сложно разобраться с фамилией Скрябин, потому что и я, и дед — оба Константины Скрябины.

— И у кого из династии Скрябиных индекс цитирования выше?

— Думаю, у меня сейчас самый большой из всей семьи. Дело не в том, что я самый крутой: просто сейчас другие условия. Тогда ведь все публиковались только в России, особенно во времена отца, а теперь мы публикуемся за границей. Мои оппоненты никогда не используют в разговоре со мной тему индекса Хирша, потому что он у меня около 30. Но я считаю, что это совсем не критерий качества ученого.

— В следующем году ваша семья отмечает еще один юбилей — 140 лет со дня рождения вашего деда. Расскажите, что он был за человек. Властный, решительный?

— Совсем нет. Всегда был максимально вежлив. Он мне объяснял: когда приходишь на работу или на учебу, надо быть особенно вежливым с гардеробщицей — неважно, какое у тебя настроение. А если ты очень хочешь ругаться, иди к ректору,

директору, скажи ему все что угодно. А вот таким людям, самым уязвимым, грубить не надо — это стиль жизни нашей старой русской интеллигенции.

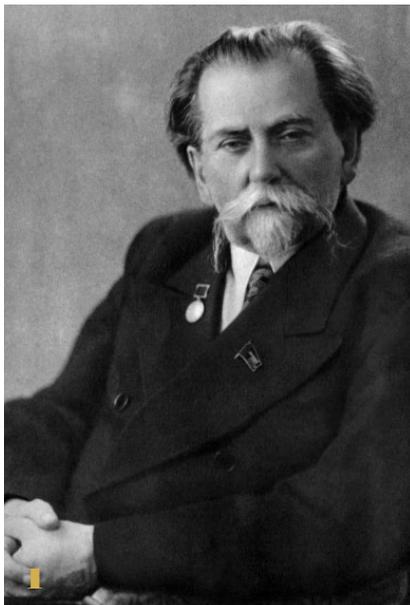
Очень интересная, непростая судьба у деда. Недавно, будучи в Санкт-Петербурге, я нашел старое кладбище, где около десяти памятников Скрябиным, моим предкам. Первый Скрябин, мой прапрапрадедус — это времена Екатерины Великой. Повезло, что это кладбище сохранилось.

— Ваши предки не имели отношения к науке. Первым был ваш дед, а таким, наверное, труднее всего?

— Либо проще, это как посмотреть. Я никогда не забуду, когда я в университете сдавал зоологию беспозвоночных. Это единственный предмет, по которому у меня тройка. Профессор, которому я сдавал, часа два меня расспрашивал, а потом сказал: «Как вам не стыдно! Вы же Скрябин!» Все остальное, правда, было на отлично.

— Как вышло, что дед пошел в науку?

— Трудно сказать, почему так сложилась судьба. Его отец и все родственники занимались железными дорогами. В 1895 г. прадеда назначили работать в Красноярск, где не было реального училища, и дед уехал в Томск, где его родственник строил мост через реку Томь. Там он оканчивал реальное училище, а для того чтобы поступить в университет, нужно было обязательно окончить гимназию. Окончившие реальное училище должны были сдавать классическую историю, литературу и языки, а разрешение на такой экзамен давал император. И дед добился разрешения Николая II: ему позволили досдать экзамены, и он поступил в Тартуский университет. Он очень старался получить образование — медицинское или ветеринарное. Не знаю, как сейчас, но раньше





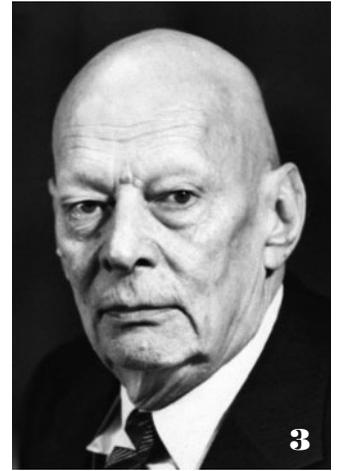
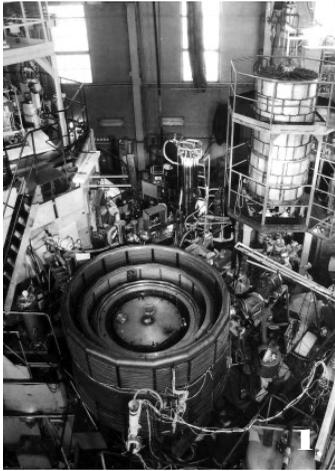
DNK

История создания и развития Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова, ныне входящего в состав Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», чрезвычайно интересна. В ней, как в капле воды, отражается вся история развития отечественной науки. О прошлом и настоящем института мы беседовали с его нынешним директором — доктором технических наук **Денисом Юрьевичем Минкиным** и его заместителем по научной работе — доктором физико-математических наук **Владимиром Владимировичем Ворониным**.



В ОРЛОВОЙ РОЩЕ БОЛТЕ

В ОЛЬУКОВИ



1. Водо-водяной реактор (ВВР-М) — одна из базовых установок ПИЯФ НИЦ «Курчатовский институт»
 2. Первые исследователи на реакторе ВВР-М, 1959 г.
 3. А.П. Александров, президент Академии наук СССР в 1975–1986 гг., директор ИАЭ им. И.В. Курчатова в 1960–1989 гг.
 4. Главный корпус и проходная ПИЯФ НИЦ «Курчатовский институт»
 5. Вид на реактор ПИК с высоты птичьего полета
 6. Президент НИЦ «Курчатовский институт» М.В. Ковальчук (справа) и генеральный директор ГК «Росатом» А.Е. Лихачев (в центре) на выездном заседании в ПИЯФ, октябрь 2017 г.
 7. Экспериментальный зал реактора ПИК





Установка протонной стеректоической терапии

а на высокопоточном — три-четыре дня. Высокий поток нового реактора позволяет не только активно использовать его нашим сотрудникам, но и приглашать сюда другие исследовательские коллективы. Здесь, примерно как в CERN, смогут работать многие международные коллективы. В ближайшее десятилетие установка ПИК будет лучшей в Европе в своем классе. Наши зарубежные коллеги очень ждут пуска этого реактора.

— **Почему нейтронный источник так интересен для физиков? Есть Большой адронный коллайдер, есть другие ускорители. Зачем еще один инструмент?**

В.В. Воронин: Нейтрон — замечательная частица с уникальными свойствами. У него есть масса, есть магнитный момент, но нет электрического заряда. Потоком нейтронов можно «просвечивать» самые разнообразные материалы и получать сведения об их структуре. Если поток нейтронов поляризовать (сориентировать одинаково магнитные моменты всех нейтронов), вообще появляются исключительные возможности. Представьте себе, что у вас есть поток поляризованных нейтронов с точно известными параметрами. После прохождения этого потока через исследуемый образец стройность потока нарушается. Но, отследив изменения характеристик, можно с очень высокой точностью судить о том, что произошло с нейтронами в образце. По изменениям магнитной ориентации можно судить о магнитных свойствах вещества, по отклонению от исходной траектории — о структуре и т.д. То есть подобные эксперименты

с нейтронным потоком дают нам некие базовые знания о свойствах материи. Это совершенно необходимо в современных биологии, материаловедении, медицине, исследованиях археологических артефактов, предметов искусства и др.

— **В последнее время идет очень много разговоров о соотношении объемов фундаментальных и прикладных исследований, о значении фундаментальных исследований и их необходимости...**

Д.Ю. Минкин: Это очень важный вопрос. Фундаментальная наука часто занимается тем, о чем человечество не просто ничего не знает, а даже и не понимает, нужно ли это изучать. Но это работа «про запас». Любая фундаментальная наука дает некое базовое знание. Это тот гумус, та почва, из которой произрастает все остальное. И чем лучше мы освоим эту базу, тем увереннее затем сможем заниматься новыми, абсолютно прикладными задачами. Так было и в атомном проекте, и в космическом. Изначально совершенно кабинетные исследования в итоге изменили лицо современной цивилизации.

— **Хорошо, в результате фундаментальных исследований открыли бозон Хиггса. Ну и что? Ничего же не поменялось, реки продолжают течь, Солнце светит, конец света не случился, что это дало?**

В.В. Воронин: И правда, реки вспять не потекли. Но изменения произошли. И весьма существенные. Это открытие подтвердило, что мы правильно понимаем происходящие процессы. В этом смысле

достоверность нашего знания повысилась. Когда эти исследования будут востребованы, но может пройти очень много времени. Так устроена фундаментальная наука. Фундаментальные исследования не нужны обычному производителю, платить за определение времени жизни нейтрона он не будет. Но вспомните, когда Майкла Фарадея спросили, для чего может пригодиться проводочная рамка, вращающаяся в магнитном поле, он ответил, что не знает, может быть, для детских игрушек. Прошло каких-то 100 лет, и на Земле не осталось уголка, где не крутились бы генераторы и электромоторы. Результаты сегодняшних фундаментальных исследований обязательно понадобятся. Может быть, через 100 лет. Но если сегодня их не получить, через столетие взять их будет неоткуда.

Д.Ю. Минкин: Есть еще очень важный момент. Как уже говорилось, уникальные свойства нейтронного излучения делают его универсальным методом для междисциплинарных исследований. После ввода в эксплуатацию реактора ПИК наша страна сможет занять одно из ведущих мест на мировых рынках оказания высокотехнологичных услуг по использованию нейтронных и ядерных методов в разработке новых материалов. То есть наличие источника нейтронов дает конкретному научному центру, стране эффективный способ изучения свойств вещества. Нейтронный или синхротронный источник предназначен не только для одного института, а для коллективного использования учеными из российских и мировых научных центров. Такие мегаустановки в современной науке — показатель научно-технологического потенциала страны, ее конкурентоспособности и даже элемент национальной безопасности.

В современной российской науке ввод в эксплуатацию реактора ПИК — один из самых масштабных научных проектов.

— Вы сказали, что ПИЯФ НИЦ «Курчатовский институт» занимается в основном фундаментальными исследованиями. Но есть и прикладные работы. Каково их соотношение?

Д.Ю. Минкин: Соотношение фундаментальных и прикладных исследований примерно 4 : 1. Чрезвычайно интересное и очень востребованное направление прикладных исследований в институте — ядерная медицина. На базе большого протонного синхроциклотрона СЦ-1000 у нас была разработана методика облучения опухолей головного мозга. После этого воздействия медики провели около 2 тыс. операций с очень высоким процентом дальнейшего успешного излечения — порядка 80%. Некоторое время назад, в связи с техническим переоснащением нашего синхроциклотрона, мы эти работы приостановили, но планируем их возобновить в ближайшем будущем.

Второе, не менее интересное направление — производство радиоактивных фармацевтических препаратов. На новом изохронном циклотроне Ц-80 в ближайшее время будет налажено производство изотопов для диагностики и лечения онкологических, сердечно-сосудистых заболеваний. Это, конечно, прикладная, «доходоприносящая» деятельность. Третье направление — тоже протонная терапия, но уже на базе маленького циклотрона. Здесь специализация — лечение онкологических заболеваний глаз. Еще одна прикладная сфера — проведение доклинических испытаний различных препаратов. В Курчатовском институте есть база для проведения такого рода работ, в частности построен прекрасный виварий.

Высокий поток нового реактора позволяет не только активно использовать его нашим сотрудникам, но и приглашать сюда другие исследовательские коллективы

Если вернуться к соотношению фундаментальных и прикладных исследований, то и в биологической части оно примерно 2 : 1. Говоря о соотношении фундаментальных и прикладных исследований, нужно помнить, что прикладные всегда виднее, ярче, показательнее. Но без фундаментального знания они попросту невозможны. ■

Подготовил Дмитрий Зыков



Молодой сотрудник лаборатории биосинтеза белка отделения молекулярной и радиационной биофизики



Демография —

вперед смотрящая

наука



ДЕМОГРАФИЯ

Ирина Евгеньевна Калабихина, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой народонаселения экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, говорит о том, что демография — точная наука. Если следовать ее рекомендациям, можно создать лучшие условия, в которых будет хорошо и людям, и государству. О том, что это за условия, — наш разговор.

— Ирина Евгеньевна, ваша кафедра отмечает юбилей. Она была организована в 1967 г. Расскажите о самых интересных вехах из жизни кафедры.

— На мой взгляд, кафедра народонаселения и дружественная лаборатория по экономике народонаселения и демографии, которые вместе образуют Центр по изучению проблем народонаселения экономического факультета МГУ, представляют собой совершенно уникальную организацию. 50 лет назад профессор Д.И. Валентей создал современную демографическую школу России, по сути, первую на советском пространстве после долгой демографической тишины, вызванной репрессиями 1930-х гг. в отношении демографической науки. Он пригласил математика, экономиста, географа, философа, историка, статистика и создал междисциплинарную демографическую школу с системным взглядом на взаимосвязи населения с обществом, экономикой, природой. Так родилась новейшая демографическая школа в России с уникальной институционализацией: кафедра и лаборатория, объединенные идеей хорошо учить студентов демографии и наукам о народонаселении, в том числе на основе собственных исследований.

Многие идеи Д.И. Валентея и сейчас свежи: единство образования и науки, междисциплинарный подход, системный взгляд, связь теории и практики, вовлеченность и поколенческий союз, мобильность, создание международной партнерской сети.

В 1968–1994 гг. на экономическом факультете работала группа специализации по демографии, с 1992 г. реализуется специализация в магистратуре, созданная на базе международного образовательного проекта *TEMPUS* 1990-х гг. За полвека дипломы получили около 600 выпускников, диссертации защитили около 160 кандидатов и более 20 докторов наук, среди которых были ученые из республик Советского Союза и стран дальнего зарубежья. В 1977–1991 гг. при кафедре работали курсы ООН для развивающихся стран, которые окончили 450 специалистов из 62 стран. В 1984–1992 гг. существовало отделение по подготовке кадров для специалистов-практиков, преподавателей и научных работников из регионов России и республик СССР. Всегда были востребованы консультации и экспертиза государственной политики в области населения на федеральном и региональном уровнях.

В 2016–2017 гг. начался новый этап жизни кафедры. Мы возобновили практику повышения квалификации федеральных государственных служащих по вопросам демографической политики. Подписали соглашение о двойном руководстве аспирантами с Институтом демографии Университета Париж I Пантеон-Сорбонна, что дает возможность одновременно получать кандидатскую степень и *PhD*. Заработала комиссия по присуждению стипендии им. Д.И. Валентея бакалаврам и магистрам за успешные работы





Рыбаки в беспокойном море Кортеса вытягивают сети с горбылем. В убийстве вакуты обвиняют рыбный промысел, но организованные преступные группы и коррумпированные правительственные чиновники — тоже подозреваемые.

ОХРАНА ПРИРОДЫ

Реквием по Ваките

Гибель маленькой мексиканской морской свињи:
повествование о вымирании в XXI в.

Эрик Ванс



ОБ АВТОРЕ

Эрик Ванс (Erik Vance) — научный писатель из Мехико, в сферу его интересов входят окружающая среда и нейробиология. Его первая книга «Человек внушаемый» (*Suggestible You*, 2016) рассказывает о том, как глубокая уверенность в чем-либо влияет на мозг.



Вакуты, маленькие морские свиньи, имеют примерно такие же размеры, как незаконно добываемые тотоабы, и поэтому попадают в сети для тотоабы и погибают

Ночь опускается на северную часть Калифорнийского залива. Пугающе тихо: крачки и пеликаны улетели к месту ночевки, и стайки дельфинов больше не снуют туда-сюда. Морские львы на ночь выбрались на берег. Обычно бурная вода, цвета шоколадного молока, сейчас гладкая, как стекло. Закат — лучшее время, чтобы побывать в северной части моря Кортеса (как еще называют этот залив), вклинивающейся в мексиканскую пустыню недалеко от границы с США. Палящее солнце сменяют фантастические полосы оранжевого, розового и красного, раскрашивая воду танцующими отблесками гаснущего света.

Засмотревшись, я почти забыл, что нахожусь на судне под пиратским флагом, которое в любой момент могут взять на бордаж разгневанные вооруженные рыбаки. Ник Аллен (Nick Allen), помощник боцмана на этом 54-метровом корабле природоохранного общества «Морской пастух» (*Sea*

Shepherd Conservation Society), вытягивает браконьерский ярус (крючковую рыболовную снасть) длиной 1219,2 м. До сих пор на ярусе обнаружались несколько мертвых угрей и акула-молот, которая относится к вымирающим видам. Но затем показывается настоящий трофей. «Тотоаба!» — кричит Ник.

Попавшаяся на крючок рыба длиной около 1,2 м и похожая на дирижабль стоит несколько тысяч долларов. Тотоаба еще жива, и воодушевленные члены команды готовятся освободить пленницу. Последние четыре месяца находящиеся на борту 20 человек извлекают сети, засоряющие северную часть залива. За это время экологи достали свыше 1 тыс. заброшенных снастей и множество мертвых тотоаб, морских львов и других находящихся под охраной животных. Почти каждую ночь радар «Морского пастуха» отслеживает рыбаков, устанавливающих новые сети со скифов, которые легко обгоняют катера местных правоохранителей. Днем члены команды запускают дроны, наблюдающие за тем, как браконьеры практически под носом у местных властей определяют места для установки сетей так, как будто это обычная морская прогулка.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- В природе осталось только 30 калифорнийских морских свиней, или вакуит, и все они обитают в Калифорнийском заливе (море Кортеса). В течение многих лет эти животные погибали в рыболовных сетях для промысла тотоабы.
- Отсутствие правительственного надзора за соблюдением правил рыбной ловли, борьба сторонников разных точек зрения в научном лагере, организованные преступные сообщества, продающие плавательные пузыри тотоабы на черном рынке, и неспособность мексиканского правительства сотрудничать с рыбаками общинами обрекли вакуиту на вымирание.
- Множество других видов — от снежных барсов до слонов — также находятся под серьезной угрозой. Биологи не смогут их спасти. Это должны сделать лидеры правительств, которые способны повлиять на рост местной экономики.

Мексиканские военные напротив одинокого рыбака, который, по их словам, незаконно забросил сеть с берега у Гольфо-де-Санта-Клара. Но организованные группы браконьеров постоянно ускользают от правоохранителей.



«Вот это да! Вон она! Как разошлась!» — восклицает кто-то, когда гигантская рыба затрепыхалась, как только отрезали крючок, и исчезла в мутной морской воде. — «Да-а, эта определенно была здоровой».

И все же не тотоаба интересует экологов. Они находятся здесь ради самой мелкой из морских свиней, вымирание которой почти неизбежно. Калифорнийскую морскую свинью (*Phocoena sinus*) местные жители называют просто «вакита», что обозначает «маленькая корова». Слишком часто именно вакиты попадают в сети, предназначенные для тотоабы, и погибают.

Экипаж «Морского пастуха» — нежеланные гости при решении любых проблем, связанных с рыболовством. Этих сторонников крайних мер, известных преследованиями японских китобойных судов в Северном Ледовитом океане, ненавидят рыболовные артели во всем мире. Появление «Морского



пастуха» обычно означает, что все дипломатические усилия по сохранению природы провалились. Нигде это так не очевидно, как в северной части Калифорнийского залива.

Море Кортеса — одна из самых впечатляющих экосистем на нашей планете: здесь обитает почти 1 тыс. видов рыб, причем 10% от общего числа видов не встречаются больше нигде. Улов, полученный в этом море, составляет половину от общего объема добычи мексиканского промышленного рыболовства. Но защитники природы и местные рыбаки постоянно конфликтуют. Последние

30 лет они расшибают лбы, оказавшись в заколдованном круге обвинений, коррупции и случайной жестокости по отношению к ваките. Недавно федеральные чиновники, пытаясь остановить браконьеров, объявили об окончании сезона рыболовства до следующего года. В ответ взбунтовавшиеся рыбаки в Гольфо-де-Санта-Клара, городке

в нескольких милях к востоку, сожгли десять правительственных грузовиков и несколько катеров и избили сотрудников агентства по рыболовству.

Еще больше усложняет ситуацию то, что торговцы наркотиками объединяются с браконьерами, чтобы контролировать поток товара через границу с США. Чиновники и экологи почти каждую неделю получают угрозы в свой адрес. По меньшей мере двух рыбаков застрелили за последние несколько лет. Когда-то мирные, рыбаки теперь выходят в море вооруженными до зубов и делят торговые пути и доходы с главарями наркомафии. Туристический поток почти прекратился из-за распространенных историй о лабораториях по производству метамфетамина, расположенных рядом с рыбацкими лагерями, и о наркобаронах, разъезжающих по берегу на грузовиках и стреляющих по полицейским, чтобы защитить лодки браконьеров.

«В море Кортеса необходимо запретить рыбную ловлю, — говорит Уна Лайоль (Уна Layolle), вдохновитель акций «Морского пастуха». — При нынешнем количестве людей на Земле такие моря, как это — уязвимое, с огромной экосистемой, — необходимо защищать».

Тем временем, по официальным данным, число ваки сократилось до 30. В отчаянной попытке их спасти объединенная американо-мексиканская команда планирует выловить столько особей, сколько смогут найти, и содержать их в неволе.

Вакита, близкая к тому, чтобы встать в один ряд со странствующим голубем (*Ectopistes migratorius*, вид, вымерший в результате массового истребления в конце XIX в.), — самый драматичный пример неразумного природопользования в наше время. История вакиты показывает, каковы причины вымирания в современном мире. Это создание уничтожили не колонисты, как несчастного додо (*Raphus cucullatus*, вид семейства дронтовые, обитал на острове Маврикий, истреблен в XVII–XVIII вв.), и не интенсивное развитие человечества, как китайского речного (озерного) дельфина (*Lipotes vexillifer*, другое название — байцзи). В отличие от амурского тигра (*Panthera t. Altaica*) или белого носорога (*Ceratotherium simum*) вакита не имеет коммерческой ценности. К ее гибели привели опасное сочетание жадности



и коррупции, недостаток правительственного надзора, постоянные споры между сторонниками разных научных взглядов на первоначальные причины снижения численности и неспособность мексиканского правительства использовать благожелательность рыбаков.

Вакита, открытая относительно недавно, не всегда была источником напряженности. В 1950 г. легендарный морской биолог Кен Норрис (Ken Norris), исследуя пляжи северной части Калифорнийского залива, наткнулся на странной формы маленький череп морской свиньи, лежавший



Изуродованная тотоаба выброшена в пересошем русле реки Колорадо. Рыбаки ловят охраняемый вид и вырывают плавательный пузырь. Бандиты переправляют плавательные пузыри, предположительно обладающие огромными целительными свойствами, в Китай, где продают на черном рынке за тысячи долларов.

на солнце. Спустя восемь лет в опубликованной статье ученый описал калифорнийскую морскую свинью, хотя никогда и не видел живую особь.

В течение последующих двух десятков лет это животное оставалось почти призраком. Его видели всего несколько раз, когда ученые обнаруживали вакиту, выброшенную на берег напротив рыбацкого поселка. Исследователи заинтересовались, не угрожает ли выживанию вакиты местный промысел тотоабы. Тотоаба (*Totoaba macdonaldi*, семейство горбылевых) — очень ценная рыба, которая каждую весну собирается для размножения в богатых пищей водах недалеко от Гольфо-де-

Санта-Клара. Размер вакиты — две трети от размера обычной морской свиньи, а тотоаба весом чуть более 45 кг — величиной с вакиту. Поэтому неудивительно, что в жаберные сети попадают и та и другая.

К 1975 г. ученых по-настоящему встревожило снижение популяции тотоабы, поэтому ее промысел в Мексике запретили. Через три года новый мексиканский закон также защитил вакиту, несмотря на то что, за исключением рыбаков, немногим встречались эти млекопитающие. Вакита в отличие от бойких дельфинов и любопытных морских львов не любит лодки и всеми силами избегает людей, а спасать животное, о котором ученые ничего не знают, довольно трудно. Все изменилось в 1985 г., когда в Гольфо-де-Санта-Клара появился биолог Алехандро Роблес (Alejandro Robles). Молодой аспирант Монтеррейского института технологий и высшего образования приехал из университетского городка в Гуаймасе якобы для того, чтобы определить, на самом ли деле тотоаба находится под угрозой или надо опять открывать рыбный промысел. Но втайне от других Роблес хотел найти неуловимую калифорнийскую морскую свинью. Вскоре он обнаружил, что судьбы тотоабы и вакиты тесно переплетены.

Роблес быстро нашел местных браконьеров, добывающих тотоабу недалеко от берега, прямо под носом у инспектора рыбнадзора. Вместо того чтобы остановить или арестовать нарушителей закона, инспектор наблюдал, как они достают свой улов. В то время рыбаки еще не относились к биологам с подозрением и приглашали Роблеса, чтобы он помогал под-

нимать браконьерские сети. Однажды весенним днем они вытянули двух взрослых вакит с двумя детенышами. «Видеть погибшее семейство было очень печально, — рассказывает сегодня Роблес, крепкий и обычно веселый мужчина шестидесяти лет. — Но я понимал, какова ценность этих экзотических землянок».

Все, о чем мог думать Роблес, — на какое количество вопросов могло бы ответить исследование этих животных в лаборатории. У самых мелких в мире китообразных вокруг рта и глаз есть широкие черные кольца, как будто густо разрисованные помадой. Для чего в воде с нулевой видимостью

Команды судов могут разгружать улов ночью — в зависимости от приливов. Одни ловят горбылей легально, другие нелегально, а третьи, охраняемые бандитами на грузовиках, добывают запрещенную тотоабу. Правоохранители могут постараться определить, кто что делает, а могут и отвернуться.



нужны такие пятна на морде? Чем питались эти животные? Было ли это семейство здоровым или подверглось воздействию загрязнения? Животных разрешили заморозить, используя оборудование местного рыболовецкого кооператива, и, взяв с собой двух взрослых особей, Роблес оправился в десятичасовую поездку на юг, в Гуаймас, где биологи могли бы тщательно исследовать образцы.

Когда ученый садился в автобус, волоча два тяжелых завернутых тела, водитель посмотрел на него подозрительно и спросил, что же это такое он везет.

— Вакиту, — сообщил Роблес.

— А-а, наподобие железного дерева? — поинтересовался водитель, имея в виду древесину твердой породы, используемую в регионе для скульптуры.

— Хм, ну да, — заняв свое место, ответил Роблес. Однако он забыл о пункте таможенного контроля по дороге. К ужасу водителя, таможенники вытащили из автобуса размороженных животных и потребовали предъявить на них документы. Роблес показал разрешение на останки китов, молясь, чтобы проверяющие не вглядывались слишком тщательно. Таможенники были совершенно сбиты с толку и колебались, в то время как среди пассажиров автобуса росло недовольство в связи с задержкой.

«И тогда я сказал: "Хорошо, ребята, если они вам нужны, то забирайте", — вспоминает Роблес. — Таможенники ответили: "И что нам с ними делать? Ладно, можете ехать"».

Взаимовыгодное сотрудничество рыбаков и ученых продолжалось долгое время. Биологи из Мексики и США, проводившие вскрытие, подтвердили, что эти представители млекопитающих питаются донными организмами и размножаются только один раз в два года. Но один ключевой вопрос остался: почему их так мало? Напрашивался единственный вывод: из-за сетей для ловли тотоабы.

И все же в этой цепочке выводов не учли важную проблему, связанную с рекой Колорадо. В течение почти целого столетия США строили вдоль реки Колорадо плотины, чтобы обеспечить водой сельское хозяйство и растущее население. К 1980 г. уровень воды в реке понизился настолько, что Колорадо обычно уже не достигает моря Кортеса, в результате чего пресная вода не поступает в северную часть Калифорнийского залива, как это было в течение тысячи лет. В ныне пересохшем месте слияния реки и залива, где раньше существовала экосистема дельты реки с мескитовыми деревьями (*Prosopis juliflora*), сотни миль превратились



НАУКА
ТЕЛЕКАНАЛ

«ЭТО ЕДИНСТВЕННОЕ МГНОВЕНИЕ,
МЕНЯЮЩЕЕСЯ КАЖДЫЙ МИГ»

- РИЧАРД МЮЛЛЕР

«ЭТО ХИТРОУМНЫЙ СПОСОБ
ОПРАВДАТЬ СВОЕ БЕЗДЕЙСТВИЕ,
ЛЕНЬ И РАЗНЫЕ УНЫЛОСТИ»

- ЛЕВ ЛАНДАУ

«ЭТО ЧИСЛО ДВИЖЕНИЯ ПО ОТНОШЕНИЮ
К ПРЕДЫДУЩЕМУ И ПОСЛЕДУЮЩЕМУ»

- АРИСТОТЕЛЬ

ВРЕМЯ

ПРЕМЬЕРА НА ТЕЛЕКАНАЛЕ «НАУКА»

ВЕДУЩИЙ:

Алексей Семихатов

Доктор физико-математических наук

 vk.com/tv_nauka

 facebook.com/nauka20

 youtube.com/c/naukatv

 naukatv.ru

СПРАШИВАЙТЕ У ОПЕРАТОРОВ ПЛАТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

 ПОЗНАНИЕ

12+

КАК ИЗ

ДЫМА



Ученые ТПУ разрабатывают
бронекерамику для «Тайфунов»
и защиту от радиации для
электроники космических аппаратов

СДЕЛАТЬ

БРОНЮ

НАНОТЕХНОЛОГИИ



в 2007 г., НИЦ «Спектр» был преобразован в Нанодиректор ТПУ, на базе которого в рамках национального проекта «Образование» была создана кафедра наноматериалов и нанотехнологий.

Сейчас центр оснащен современным нанотехнологическим и аналитическим оборудованием, обеспечивающим полный цикл исследований и разработок объемных изделий заданной формы из нанокерамики и нанокompозитов различных составов: характеризацию порошков, их формование и спекание различными методами, включая искровое плазменное спекание (быстрое спекание с одновременным прессованием для сохранения наноструктуры в изделиях), тестирование физико-механических свойств изделий. Наша опытно-технологическая линия состоит из растрового и просвечивающего электронных микроскопов, атомно-силовых микроскопов; рентгеновского дифрактометра; приборов для определения дисперсности частиц, пористости, удельной поверхности материалов; прессового оборудования; ультразвукового оборудования; вакуумных и атмосферных печей для спекания, установки спарк-плазменного спекания; высокотемпературного dilatометра; нано- и микротвердомеров; установки испытаний прочности и др.

— Какой метод производства нанопорошков вы предложили?

— Нанопорошки мы не делаем, мы либо покупаем их на рынке, либо нам их предоставляют заказчики изделий.

Наночастицы — это дым,
из которого нужно произвести
изделия, причем строго заданной
геометрии и с нужными свойствами,
для применения в электронике,
авиакосмической промышленности,
автомобилестроении, в других отраслях

Мы предложили новый метод формования сухих нано- и микродисперсных порошков для равномерно плотной упаковки частиц даже в прессовках сложной геометрии. Наночастицы — это дым, подобный дыму костра или саже. И из этого дыма нужно произвести изделия, причем строго заданной геометрии и с нужными свойствами, для применения в электронике, авиакосмической промышленности, автомобилестроении, в других отраслях.

Обычно порошки смешивают с жидкими компонентами, которые образуют смесь — шликер, и отливают из этой суспензии некую форму. Однако



Директор Нанодиректора ТПУ О.Л. Хасанов

затем этот жидкий компонент перед окончательным спеканием нужно удалять, поскольку он может внести примеси в изделие, а в процессе от-

жига может создавать зарытую пористость. Это может стать причиной коробления, растрескивания изделий, то есть дефектов и брака.

Традиционные шликерные технологии применяются потому, что необходимо снизить силы трения между частицами порошка. Нанопорошки име-

ют особенно высокую удельную поверхность, и при попытке их сформовать возникает сильное межчастичное и пристенное трение, что не позволяет равномерно «упаковать» частицы в заданную форму: обязательно где-то возникают области с большей или меньшей плотностью. Это влечет за собой появление дефектов при спекании изделий — если они неравномерно спрессованы, то и спекаются неравномерно по объему.

Поэтому мы решили отказаться в технологии от примесных пластификаторов и связок. Метод, разработанный в ТПУ, основан на применении ультразвукового воздействия в процессе



Ученые ТПУ разрабатывают бронекерамику для автомобилей «Тайфун», современной электроники, а также прозрачную и люминесцентную керамику

прессования сухих полидисперсных порошков. То есть одновременно с прессованием на пресс-форму оказывает воздействие ультразвук, что помогает снизить трение между частицами (вместо жидкого пластификатора), и это способствует равномерному распределению плотности по всему объему изделия даже сложной формы. Сейчас нам понятны принципы упаковки наночастиц в равномерно плотную систему, методы перераспределения сил трения в процессе прессования сухих порошков. На базе этих фундаментальных исследований были разработаны технологии производства конкретных изделий, которые уже применяются на практике.

— **В чем преимущества таких технологий?**

— В наших технологиях не используются примесные пластификаторы, соответственно, исключаются стадии приготовления из них шликера и последующего удаления пластификаторов. За счет равномерной усадки при спекании формируется бездефектная микроструктура материала с заданной формой и допусками на типоразмеры, поэтому обеспечивается высокое качество изделий. Все это повышает конкурентоспособность технологий.

Разработанным нами методом прессование проводится при комнатной температуре, в обычных гидравлических прессах, тогда как при шликерном литье или горячем прессовании требуется специальное сложное и более дорогостоящее оборудование. Наша технология применима для самых разных порошков — керамических, композитных, металлических.

Напомню, что ТПУ создавался в 1896 г. как технологический институт практических инженеров, и в течение всей своей истории политехники применяли результаты своих исследований для

практического внедрения. Так и мы свои разработки проводим с целью конкретного применения на практике.

— **В других странах есть аналогичные технологии?**

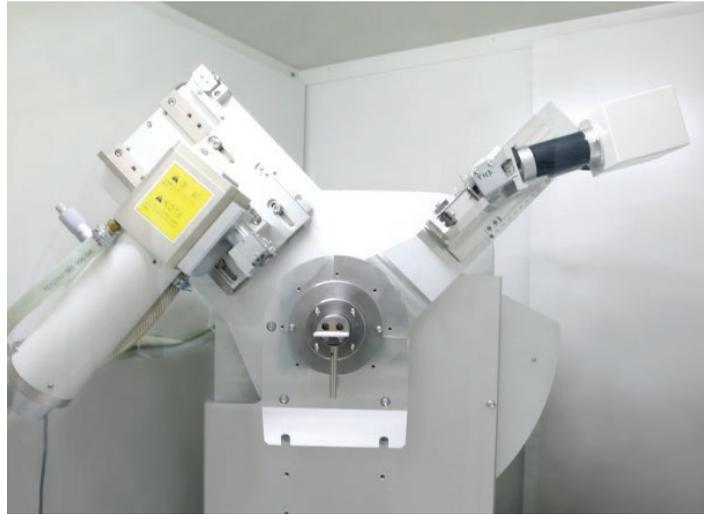
— Мы запатентовали разработанные методы в России, затем в США, Южной Корее, Европе, Индии, чтобы обеспечить наш приоритет. Мы выполнили ряд разработок по зарубежным заказам. Например, по контрактам с корейскими фирмами электронной отрасли были разработаны технологии изготовления подложек из сегнетоэлектрической керамики, диэлектрических корпусов с прецизионными размерами для СВЧ-смесителей средств сотовой телефонии. Эту задачу мы выполнили с применением методов сухого прессования порошков под действием ультразвука и коллекторного прессования.

Сейчас мы ведем совместный проект с Чунцинским университетом науки и искусств. Чунцин — это огромный промышленный центр Китая с 30-миллионным населением, где расположены крупные автозаводы, предприятия электронной промышленности и телекоммуникационных средств. И им нужны новые разработки из современных нанокерамических материалов.

— **Уже есть конкретные проекты для китайской стороны?**

— У нас заключен контракт по разработке керамических мишеней для напыления прозрачных полупроводящих пленок для сенсорных экранов, которые нужны в современной электронике: в мобильных телефонах, дисплеях мониторов, планшетах.

Такие мишени должны иметь заданное качество поверхности, форму и размеры для формирования качественной микроструктуры



В Наноцентре ТПУ собрано современное нанотехнологическое и аналитическое оборудование для полного цикла исследований и разработок объемных изделий

и свойств пленок. Мишени для распыления обычно изготавливаются с применением дорогостоящих и сложных технологий, например горячего изостатического прессования. Этими технологиями обладают немногие фирмы в мире, поэто-

Мы ведем совместный проект с Чунцинским университетом. Чунцин — это огромный промышленный центр Китая с 30-миллионным населением, с крупными автозаводами, предприятиями электронной промышленности и телекоммуникационных средств

.....
му цены на такую продукцию достаточно высоки. Мы хотим удешевить технологию, предложив свое решение: изготавливать полупроводящие мишени нашим запатентованным способом коллекторного и ультразвукового формования сухих порошков.

— А с российскими предприятиями вы сотрудничаете?

— Да, у нас есть несколько крупных проектов с российскими предприятиями. Например, выполнен проект по Постановлению Правительства РФ № 218 «Создание промышленного производства изделий из функциональной и конструкционной нанокерамики для высокотехнологичных отраслей».

За три года были разработаны четыре технологические линии с применением наших методов, которые переданы по лицензионному соглашению промышленному партнеру в Новосибирске — Холдинговой компании «НЭВЗ-Союз». Сейчас они выпускают продукцию с применением этих технологий: пластины разной геометрии из трех типов бронезащитной керамики (из оксида алюминия, карбида бора, карбида кремния) и керамические кольцевые изоляторы для электронно-оптических преобразователей (керамические вакуумно-плотные изоляторы специальной конфигурации).

Керамические бронепластины на основе оксида алюминия применяются, например, в современных бронев автомобилях «Тайфун». Для бронезилов используются более легкие пластины разной геометрии из карбида бора.

Сейчас перед нами стоит уже следующая задача — повысить прочность бронезащитных стекол. Так, если в них заменить несколько слоев стекла на прозрачную керамику, оно будет более прочным и вместе с тем меньше весить.

Более того, мы разрабатываем прозрачную люминесцентную керамику, которая включает в себя центры свечения — люминофоры. Подбирая состав люминофоров, возможно регулировать спектр свечения в видимом и инфракрасном диапазонах.

— Где это будет применяться?

Цикл телепрограмм ИДЕИ, МЕНЯЮЩИЕ МИР



Автор и ведущая —
Эвелина Закамская



очевидное
невероятное 

 ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ
Научная Россия



Дирк Хельбинг:
как выжить
в информаци-
онной лавине

Виктор Матвеев:
увидеть миг
рождения материи

Джек Ма:
«бесплатно» —
очень дорогое слово

Джон Перкинс:
исповедь
раскаявшегося шпиона

Майкл Газзанига:
автор концепции
«криминального мозга»

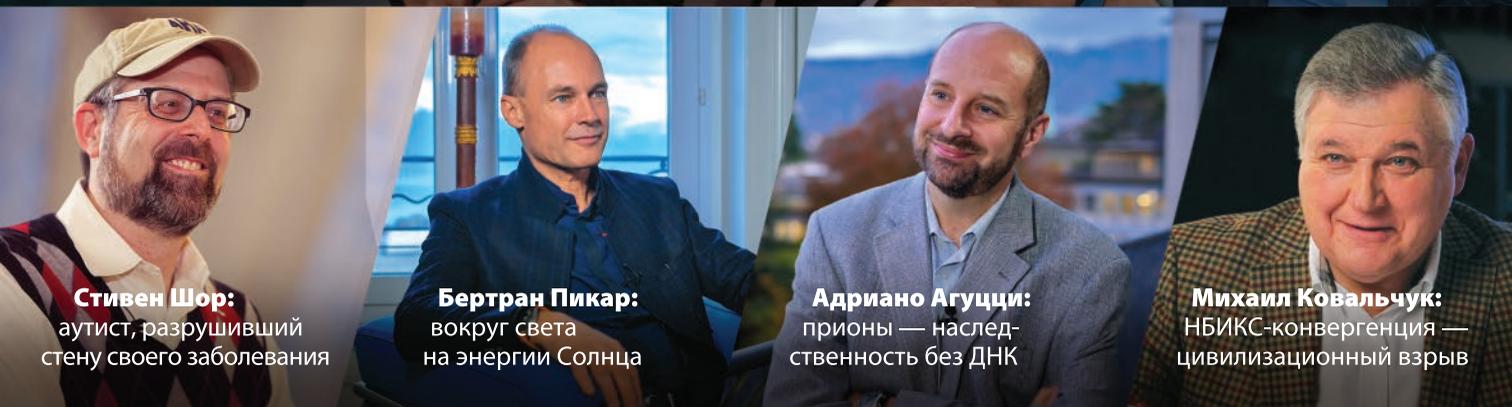


Джин Шарп:
человек,
взорвавший мир

Ноам Хомский:
интеллектуал
Западного полушария

Дэвид Гросс:
физика — это приключение

Рольф-Дитер Хойер:
человек, объявивший
о «поимке» бозона Хиггса



Стивен Шор:
аутист, разрушивший
стену своего заболевания

Бертран Пикар:
вокруг света
на энергии Солнца

Адриано Агуцци:
прионы — наслед-
ственность без ДНК

Михаил Ковальчук:
НБИКС-конвергенция —
цивилизационный взрыв



СЕЛЬСКОЕ
ХОЗЯЙСТВО

КАК

СДЕЛАТЬ

УРОЖАИ

ЛУЧШЕ

Воздействуя на сложные взаимоотношения растений с микроорганизмами, сельскохозяйственными вредителями, питательными веществами и другими компонентами фитобиома, биологи надеются решить проблему дефицита продовольствия

Марла Бродфут

ОБ АВТОРЕ

Марла Бродфут (Marla Broadfoot) — научный журналист, редактор журнала *American Scientist*. Живет в Уэнделле, штат Северная Каролина, имеет докторскую степень в области генетики и молекулярной биологии.



М

ерседес Диас (Mercedes Diaz) медленно идет по илистому полю, засеянному соей, пропуская между пальцев верхушки растений, доходящих ей выше колен. Присмотревшись к стеблям, стручкам и листьям, она на одном дыхании перечисляет болезни, поразившие растения: бобовый точильщик, серая пятнистость листьев, белая плесень. Диас указывает на пучок пятнистых листьев и восклицает: «Синдром внезапной смерти!» Она срывает один и подает его мне. Я переворачиваю сморщенный, размером с ладонь, лист. Его изнанка испещрена червоточинами и безобразными коричневыми пятнами, отливающими желтым, — результат действия токсина, вырабатываемого СВС-грибом, который поражает все растение, начиная с бобов и кончая листьями. Синдром внезапной смерти — один из самых безжалостных убийц сельскохозяйственных растений в США. По данным *United Soybean Board*, в 2014 г. ущерб от него составил более 60 млн бушелей.

Диас — одна из мириад фитопатологов, которые занимаются поиском новых способов защиты сельскохозяйственных растений от различных угроз и существенного повышения их урожайности. В 2016 г. она с коллегами провела следующий эксперимент: соевые бобы были покрыты тысячами различных микроорганизмов и высажены вместе с необработанными семенами на миллион гектаров в Среднем Западе и на Юге. По периметру гектаров росли разновидности сои, особо чувствительные к болезням. Они играли такую же роль, как и канарейки, которых выпускали в угольные шахты, чтобы по их поведению понять,

наличествуют ли там вредные газы. Обрамляющие гектарку растения «предупреждали» об угрозе заражения основной массы растений. Если Диас обнаруживала на них признаки СВС или других болезней, отсутствующие у подопытных растений, это означало, что микробная защита работает.

Но в тот дождливый сентябрьский день 2016 г. Диас увидела, что подопытные и контрольные растения постигла та же участь, что и «периферийные». Микробы не сработали? Ответить сразу было невозможно, следовало подождать сбора урожая и посмотреть, нет ли среди бактерий таких, которые все-таки помогли.

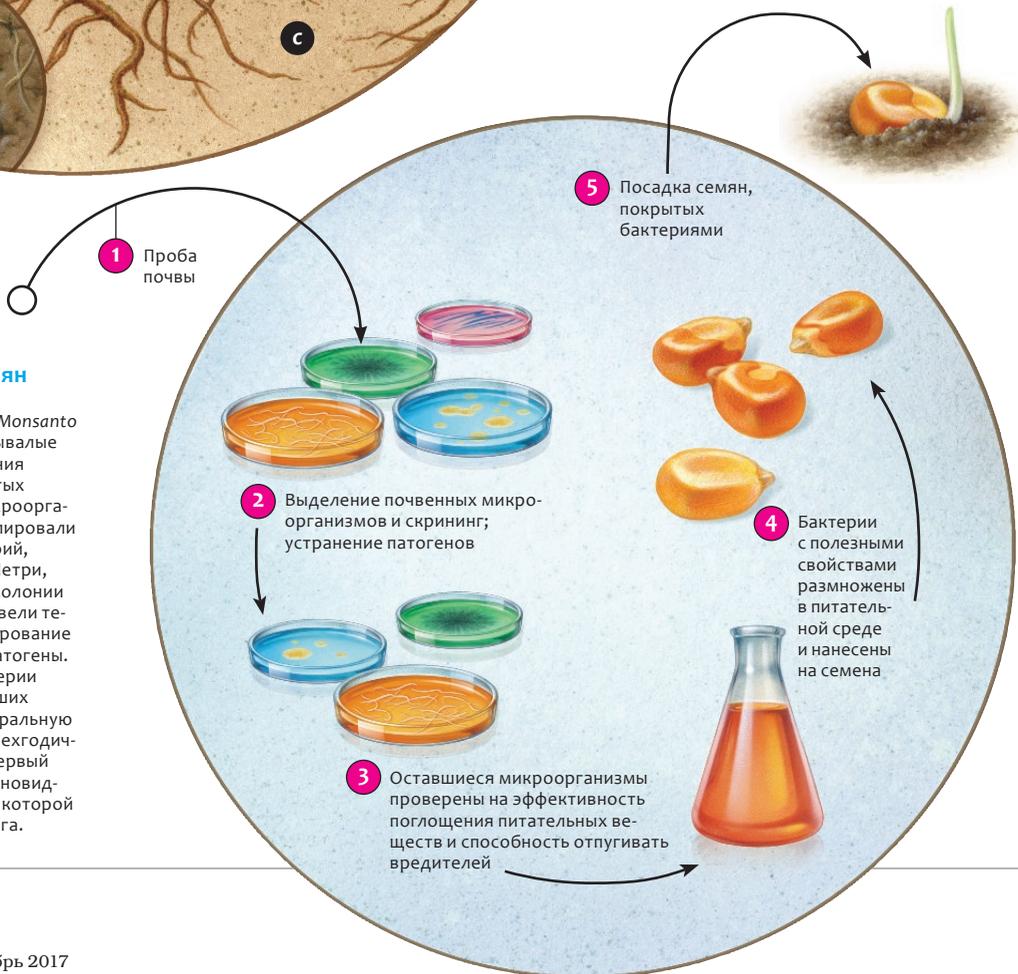
ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Пытаясь решить проблему глобального дефицита продовольствия, ученые занимаются поиском новых способов использования фитобиома — сложной системы, включающей сельскохозяйственные растения, микробное сообщество, почву, погодные условия, насекомых-вредителей и другие средовые факторы.
- Среди наиболее перспективных инноваций — покрытие семян пленкой из бактерий или грибов, которые отпугивают вредителей или способствуют росту и развитию растений. Первые партии таких продуктов уже поступили в продажу.
- Воздействие на фитобиом представляется менее неоднозначной процедурой, чем манипуляции с геномом растений, однако и она несет с собой определенные риски. Но в любом случае с помощью одних только биотехнологий решить проблему нехватки продовольствия невозможно.



Все о фитобиоме

Растения **a** находятся в состоянии постоянного взаимодействия с органическими и неорганическими факторами окружающей среды, составляющими в совокупности фитобиом. Этот «диалог» влияет на рост и развитие растения. Бактерии, грибы и вирусы **b**, обитающие на его листьях, стволе и корнях, а также находящиеся в воздухе и почве, могут как способствовать его росту, так и оказывать неблагоприятное воздействие. В зависимости от качества почвы **c** изменяется круговорот воды, углерода и питательных веществ. Питательные вещества **d**, например азот и фосфор, способствуют росту, а компоненты химических удобрений загрязняют почву. Животные **e**, например кролики и жуки, объедают листья, а дождевые черви разрыхляют почву. Погодные условия **f** и изменение климата влияют на все компоненты экосистемы. Здесь представлены два способа воздействия на фитобиом с целью повышения урожайности.



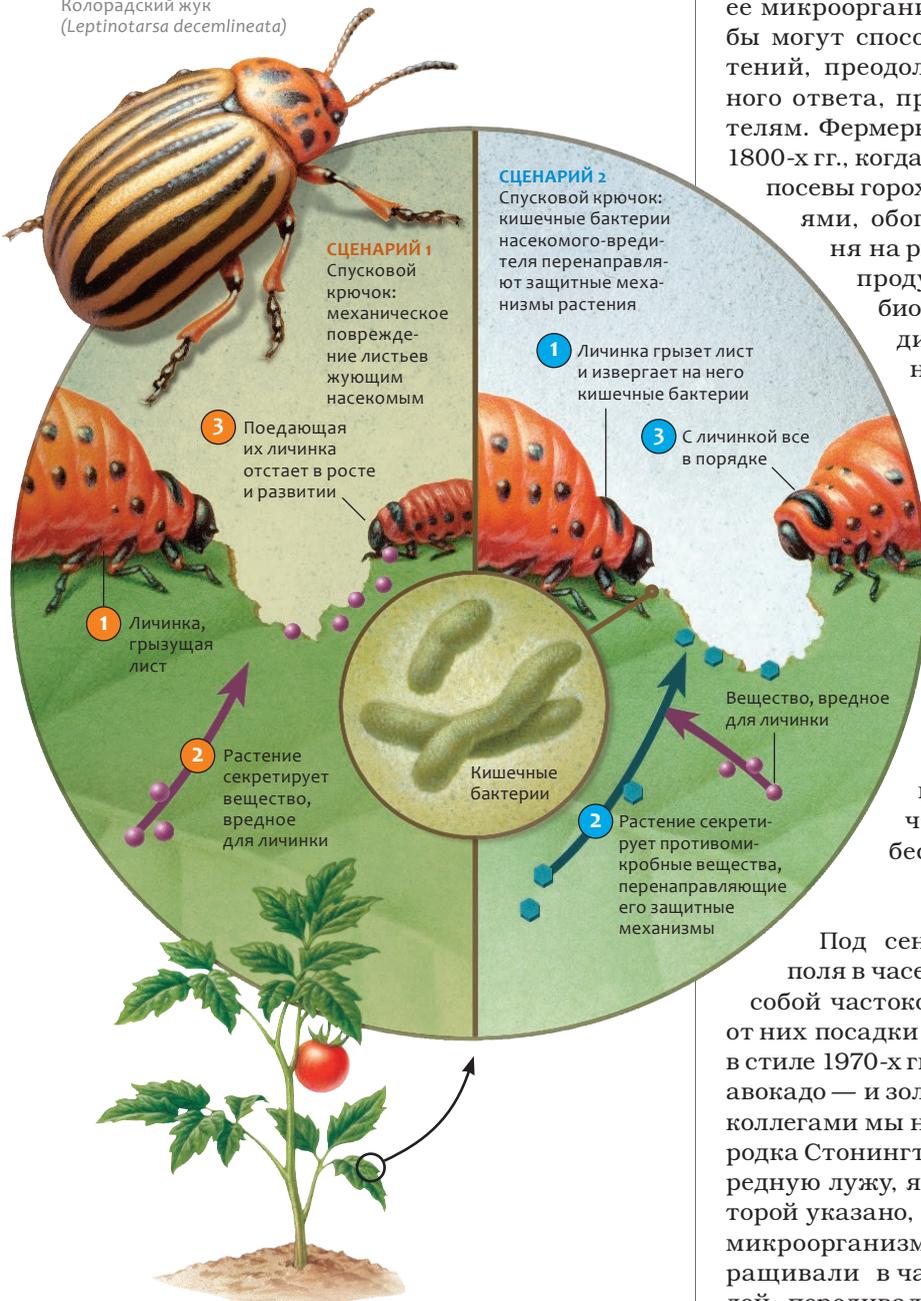
Способ 1: покрытие семян микроорганизмами

BioAg Alliance — партнерство Monsanto и Novozymes — проводит небывалые по масштабу полевые испытания с применением семян, покрытых потенциально полезными микроорганизмами. Исследователи изолировали миллиарды почвенных бактерий, культивировали их в чашках Петри, где примерно 1% образовали колонии с нужными признаками, и провели тестирование, включая секвенирование ДНК, с тем чтобы устранить патогены. Потенциально полезные бактерии вновь культивировали в больших объемах и погрузили в культуральную среду семени. В результате трехгодичного эксперимента получен первый коммерческий продукт — разновидность кукурузы, урожайность которой выше, чем обычно, на 76 кг с 1 га.

Способ 2: взаимодействие микробов, травоядных и растения

У растений, по сути, нет иммунной системы, но они «чувствуют», когда на них нападает насекомое-вредитель, и реагируют на это. В ответ на поедание листьев насекомыми растение секретирует вещества, которые влияют на процесс пищеварения вредителей, их рост и развитие (сценарий 1). Патогенные микроорганизмы вызывают выделение растением других, противомикробных веществ. Некоторые насекомые, например колорадский жук на стадии личинки, вводят в заблуждение растение-хозяина, извергая на листья свои кишечные бактерии. Растение бросает все силы на борьбу с этой мнимой угрозой, оставляя само насекомое без внимания (сценарий 2).

Колорадский жук
(*Leptinotarsa decemlineata*)



and Translation). В рамках реализации этого плана появились журнал *Phytobiomes* и организация *Phytobiomes Alliance*, объединяющая биологов и представителей индустрии; в нее вошли как новые компании, например *BioConsortia* и *Indigo*, так и давно известные, в том числе *Monsanto*, где работает Диас. За последние годы эти компании вложили большие средства в научные разработки и их реализацию, в результате чего появился глобальный рынок их продукции, объем которого к 2020 г., по оценкам, составит \$10 млрд.

Ключевыми игроками на этом поле исследователи считают почву и обширную сеть населяющих ее микроорганизмов. Почвенные бактерии и грибы могут способствовать росту и развитию растений, преодолению стресса, усилению иммунного ответа, противостоянию болезням и вредителям. Фермеры знают об этом примерно с конца 1800-х гг., когда они стали обрабатывать земли под посевы гороха и бобов клубеньковыми бактериями, обогащающими почву азотом. Сегодня на рынке представлены самые разные продукты на основе почвенного микробиома, еще больше находится на стадии разработки. *Monsanto* совместно с датской фирмой *Novozymes* специализируется на производстве покрытых микроорганизмами семян. Другие компании применяют альтернативные подходы, например изменяют геном зерновых таким способом, чтобы они привлекали полезные микроорганизмы, или воздействуют на коммуникации «вредитель — растение» так, чтобы последнее могло эффективно распознавать угрозу и реагировать на нее. Имея в виду сложность микробиома, можно сказать, что способов воздействия на него бесконечно много.

Записки из подземелья

Под сентябрьским солнцем кукурузные поля в часе езды от Сент-Луиса представляют собой часток от засохших стеблей. В отличие от них посадки сои напоминают ворсистый ковер в стиле 1970-х гг., выдержанный в зеленых — цвета авокадо — и золотистых тонах. Вместе с Диас и ее коллегами мы направляемся куда-то в сторону городка Стонингтона, штат Иллинойс. Ступив в очередную лужу, я вынимаю карту местности, на которой указано, где были высажены обработанные микроорганизмами соевые бобы. Микробов выращивали в чанах с богатой питательной средой, переливали в гигантские емкости из нержавеющей стали и погружали туда бобы. Покрытые

Даже если бы обмен информацией между учеными, работающими в частном секторе, академическими институтами и промышленностью происходил свободно, проблему нехватки продовольствия вряд ли удалось бы решить с помощью одних только биотехнологических инноваций: нужна еще и политическая воля

микроорганизмами бобы замораживали и хранили в таком виде до посадки. Как только они прорастали, микробы активизировались, но что происходило потом — зависело от множества факторов, влияющих на фитобиом.

Я вхожу вслед за Диас в лабиринт кукурузных стеблей. Она указывает мне на початки, покрытые розовой плесенью, над которой роятся крошечные белокрылки. У растений не такой уж мощный иммунитет, но они выработали способ отгонять насекомых. Клеточные стенки у некоторых из них толще, чем обычно, и вредители не могут проникнуть сквозь них, другие секретируют токсичные вещества через корни или листья, отчего растения становятся менее привлекательными для насекомых. Никотин, кофеин и даже танины, которые придают терпкость красным винам, — все это компоненты защитной системы растений.

Многовековые гибридизация и отбор, а позже манипуляции с генами усилили эту защиту и привели к появлению других полезных признаков, способствующих повышению урожайности. Так, более половины растений кукурузы, культивируемой в США, несут ген бактерии *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), продукт которого разрушает личинки колорадского жука. Ведутся исследования по поиску других связанных с фитобиомом признаков, которые повышали бы устойчивость растений к различным вредным воздействиям. Установлено, что растения расходуют 30% энергии на привлечение полезных микроорганизмов и отпугивание вредных. Джеффри Дангл (Jeffery Dangl), специалист в области биологии растений из Университета Северной Каролины в Чапел-Хилле, занимается поисками способов изменения генома растений с целью последующего культивирования оптимального микробного сообщества. Недавно он идентифицировал ген, опосредующий формирование такого сообщества, обитающего в корнях и в почве, которое аккумулирует больше фосфатов, чем обычно.

В центре внимания другого исследования, связанного с фитобиомом, находится проблема устойчивости к насекомым-вредителям. Обычно растения «узнают» о деятельности такого вредителя

по присутствию специфических веществ, называемых элиситорами, в слюне жующих листья насекомых. Гэри Фелтон (Gary Felton), энтомолог из Университета штата Пенсильвания, обнаружил, что некоторые жуки и гусеницы маскируют эти вещества, обрызгивая листья кишечными бактериями и заставляя растения реагировать на них, а не на насекомое. Недавно Фелтон показал, что скормливание жукам бактерий определенного вида изменяет их микробиом так, что они утрачивают возможность вводить растения в заблуждение.

Импульсом к началу очередной «зеленой революции» могут стать один или сразу все способы влияния на обмен информацией между растениями, насекомыми и почвенными микроорганизмами. Но сначала нужно заняться экспериментальными растениями и сбором большого массива данных.

В конце прошлого лета целая флотилия уборочных машин прочесала поля от Луизианы до Миннесоты и от Северной Каролины до Небраски, чтобы собрать урожай с каждой подопытной делянки кукурузы и сои компании *BioAg Alliance* (партнерство *Monsanto* и *Novozymes*). Данные от каждой машины передавались в реальном времени в центральный офис *Monsanto* в Сент-Луис, а также службам *Novozymes* в Исследовательском треугольнике в штате Северная Каролина. Ученые в своих центрах не отрывались от мониторов компьютеров, с энтузиазмом наблюдая, как изменяются цифры. «Это напоминало лошадиные скачки в замедленном режиме», — говорит Скотт Скечер (Scott Schaecher), руководитель отдела анализа биотехнологических данных в *Monsanto*.

Аналитики призывают не делать окончательных выводов из этих первых результатов. Они могут быть обманчивыми, поскольку не учитывают факторов, которые создают благоприятные условия для какого-то одного микроорганизма и неблагоприятные для других. Почвенный микробиом для разных делянок сильно различается. Неопределенность создают и погодные условия: дожди могут смыть пленку из микроорганизмов, покрывающую семена. Так, однажды *BioAg Alliance* лишился тысяч делянок из-за урагана «Хоакин».

ПСИХОЛОГИЯ

РАЗГОВОР С САМИМ СОБОЙ

Изучение внутренних диалогов
людей проливает свет на скрытые
механизмы работы сознания

Чарлз Фернихоу



ОБ АВТОРЕ

Чарлз Фернихоу (Charles Fernyhough) — профессор психологии Даремского университета (Англия). Области научного интереса: развитие ребенка, память, галлюцинации. Пишет художественные и научно-популярные книги. Его последняя на данный момент книга «Голоса внутри» (*The Voices Within*, 2016) посвящена теме внутренней речи.



Будильник поднял меня рано. Он прозвенел в гостинице недалеко от штаб-квартиры *BBC* в Лондоне. Я плохо спал. Посмотрев в зеркало, я увидел там бледного и немного напуганного человека. Неудивительно: чуть более чем через час я должен был выступать перед миллионами радиослушателей популярнейшей дискуссионной передачи *BBC Start the Week* («В начале недели»). Я смотрел в зеркало и слышал, как в моей голове мой собственный голос тихо меня подбадривал: «Успокойся, — говорил я себе, — ты в этой передаче уже не первый раз». И мне казалось, что я не просто говорю что-то самому себе, но еще и слышу у себя в голове, как знакомый голос что-то говорит в ответ.

Это происходит с нами каждый день: мысли, образы, ощущения роятся в нашей голове, пока мы отмокаем в ванне, режем лук на кухне или ждем в приемной, пока откроются двери важного кабинета. Спроси любого — и тебе расскажут, что их внутренняя жизнь просто кишит словами. Такой разговор с самим собой, происходящий в голове практически каждого человека, психологи называют внутренней речью. Есть еще эгоцентрическая речь — разговор с самим собой вслух. Если вы говорите себе: «Не забыть купить кофе» или: «Делаем все по плану» и при этом не издаете ни звука, это внутренняя речь. Если вы то же самое говорите себе вслух, это эгоцентрическая речь.

И та и другая формы речи служат многим целям: от выстраивания поведения и наблюдения за собой до управления эмоциями и творческого мышления. Взрослым людям более свойственна внутренняя речь, нежели эгоцентрическая, и это дает основания полагать, что внутренняя речь тесно связана с механизмами нашего мышления. Это очень интересная тема для специалистов в области человеческой психологии, причем изучать ее не так-то просто. Когда я только начинал в нее погружаться в 1990-е гг., научной литературы по вопросам внутренней речи практически не существовало. С тех пор многое изменилось, с одной стороны, благодаря новейшим

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Почти все люди разговаривают сами с собой в своих мыслях; этот феномен получил в психологии название «внутренняя речь».
- Внутренняя речь выполняет самые разнообразные функции, в том числе помогает нам структурировать планы, управлять эмоциями и реализовывать наши творческие способности. При этом исследовать ее крайне трудно.
- В последние годы психологи добились немалых успехов в изучении внутренней речи, во многом благодаря технологиям медицинской визуализации, которые позволяют увидеть мозг за работой.
- В ходе этих экспериментов ученым удалось проследить нейронные взаимосвязи, сопровождающие разговоры человека наедине с самим собой, и приоткрыть завесу над некоторыми величайшими тайнами человеческого сознания.

Из теории Л.С. Выготского можно сделать очень важный вывод: внутренняя речь должна иметь такую же структуру, как и речь вовне, — она должна иметь свойства диалога между различными точками зрения. Такое определение мышления как внутреннего диалога не ново, оно встречается уже у Платона, но я вдруг увидел здесь интересную зацепку, возможность взглянуть под другим углом на некоторые величайшие тайны человеческого познания. Одна из таких тайн — управление собой. Как удается имеющей интеллект системе придумывать и воплощать соображения о том, как следует поступать в той или иной ситуации? Можно «научить» робота реагировать на самые сложные сценарии, но как сделать так, чтобы он начал принимать решения самостоятельно? Если система не может выполнять какие-либо действия без четких инструкций извне, значит ее нельзя считать полностью разумной.

В понятии диалога меня прежде всего привлекало то, что диалог по самой своей природе — саморегулирующееся явление. Когда вы ведете с кем-либо беседу, никто не стоит за плечом вашего собеседника и не машет дирижерской палочкой, подсказывая вам, как повернуть мысль дальше. Вы с вашим собеседником управляете репликами друг друга естественным образом, с помощью вопросов, аргументов, ответов, выражения согласия и т.д. Объяснение феномена внутренней речи с этих позиций скрывало из виду один важный аспект: природную гибкость человеческой мысли и ее многовариантность — в том смысле, что она не всегда направлена на конкретную цель.

Однако для диалога абсолютно необходимо, чтобы каждый из собеседников сформировал у себя представление о позициях, с которых ведут диалог другие собеседники (именно в этой способности Жан Пиаже отказывал маленьким детям, когда объяснял их эгоцентрическую речь). Как правило, никто не знает заранее, о чем думают другие, но как только вы уяснили для себя точку зрения собеседника, вы бессознательно удерживаете ее в уме и уточняете ее по мере продвижения разговора. При этом в вашем мозге происходят совершенно определенные нейронные процессы. Сегодня накоплена достаточно большая база знаний о таких процессах, во многом благодаря исследованиям с использованием

функциональной магнитно-резонансной томографии и других методов медицинской визуализации, с помощью которых можно видеть, какие участки мозга выполняют ту или иную задачу.

Воодушевленные этими прозрениями, мы с коллегами начали серию экспериментов с целью выяснить, как происходит внутренний диалог. По нашим предположениям, он должен был задействовать те же участки головного мозга, что участвуют в формировании представления о точке зрения собеседника в обычном разговоре. В одном из экспериментов, который возглавил мой университетский коллега Бен Олдерсон-Дэй (Ben Alderson-Day), мы поместили двух человек в сканер функциональной МРТ и попросили их провести сначала внутренний монолог, в котором не предполагается взаимодействие разных точек зрения, потом — внутренний диалог. Темой внутренней речи

у обоих участников было посещение средней школы: монолог представлял собой выступление перед школьниками, а диалог — беседу с человеком, бывшим в то время директором школы.

Мы предполагали, что при обеих формах речи в работу включатся те

же речевые области, которые активируются, когда человека просят что-нибудь сказать, а именно участки на границе между левой лобной и височной долями и чуть дальше вглубь черепа — в верхней височной извилине. Мы также рассчитывали увидеть, как специально для внутреннего диалога дополнительно подключатся зоны, которые участвуют в считывании позиции собеседника. В этих зонах расположены механизмы социального познания, которые отвечают за формирование представления об образе мыслей, желаниях и убеждениях других людей.

Наши предположения оправдались. Когда участники нашего эксперимента вели свои внутренние диалоги, у них одновременно работали и речевые центры, и некоторые участки центра социального познания, расположенные в правом полушарии неподалеку от стыка височной и теменной областей. В процессе внутреннего монолога картина была другая. Этот эксперимент требуется еще не раз повторить, но уже эти предварительные результаты указывают на то, что для внутреннего диалога мозг задействует оба полушария и в работе одновременно участвуют системы, которые принято считать отдельными и самостоятельными.

Внутренний монолог способен принести большую пользу в конкретных ситуациях, однако ему далеко до гибкого и непредсказуемого внутреннего диалога, живого разговора, в котором человек выступает в роли собеседника самого себя

Эта нейронная связь речевых центров и центра социального познания позволяет предположить, что Л.С. Выготский был прав, когда утверждал, что мысленный разговор ничем не отличается от обычного разговора.

Переживания, застигнутые врасплох

Интерпретация результатов нейровизуализации требует большой внимательности по многим причинам, а в случае нашего эксперимента еще и потому, что он вполне способен перевернуть существующие представления о нейронных взаимодействиях, сопровождающих внутреннюю речь. В большинстве экспериментов, предшествующих нашему, участников просили просто повторять про себя заданные предложения, то есть получался отвлеченный монолог, примерно такой же, какой вы обычно прокручиваете у себя в голове, когда бродите по рядам в супермаркете, повторяя про себя оставшиеся позиции из списка покупок. Внутренний монолог способен принести большую пользу в конкретных ситуациях, однако ему далеко до гибкого и непредсказуемого внутреннего диалога, живого разговора, в котором человек выступает в роли собеседника самого себя. В нашем эксперименте нас интересовала именно эта особенность диалогической внутренней речи, однако приходится признать, что без искусственных условий не обошлось: вместо того чтобы дожидаться спонтанного возникновения мысленных диалогов в головах наших испытуемых, мы вынуждены были попросить их начать внутреннюю беседу по нашей команде. Здесь проблема заключается в том, что все условия экспериментов в области когнитивной нейробиологии должны находиться под строгим контролем экспериментаторов, в противном случае результаты могут оказаться недостоверными. Вряд ли можно говорить о строгости научного эксперимента, если мы будем сидеть и ждать, пока у наших добровольцев возникнет потребность поговорить с собой.

Значит, нам необходимо найти способы перехватывать внутреннюю речь в условиях, когда она возникает спонтанно, и наша команда ученых уже сделала шаг в этом направлении. Мы воспользовались сложным методом перехвата и описания внутренних переживаний (*descriptive experience sampling method, DES*), суть которого сводится

к следующему. В течение дня добровольцы носят с собой устройство, которое в случайный момент времени издаст звуковой сигнал. Услышав этот сигнал, человек должен сразу же зафиксировать свое внутреннее состояние: что он в этот момент думает, чувствует, слышит и т.д. — и письменно кратко его охарактеризовать. На следующий день исследователи подробно расспрашивают добровольца о каждом зафиксированном переживании и разносят переживания по категориям: внутренняя речь, чувственное осознание и т.п.

Мы с коллегами первыми провели исследование, которое объединило в себе метод перехвата и описания внутренних переживаний и функциональную МРТ. При проведении экспериментов мы просили некоторых добровольцев произносить про себя заданные фразы, пока они лежали в сканере, а других, тоже лежащих в сканерах, мы снаб-

дили издающими случайный звук устройствами, чтобы перехватывать спонтанно возникающие внутренние состояния. Из полученного объема зафиксированных переживаний мы отбирали те, которые относились к внутренней речи (на основании выводов из опросов испытуемых), и сравнивали картину работы мозга в эти моменты с картиной работы мозга в стандартном эксперименте.

Мы увидели поразительные различия. При стандартном монотонном повторении заданных предложений активация наблюдалась только в зоне Брока (один из участков мозга, который участвует в производстве внешней и внутренней речи), в то время как при спонтанной

внутренней речи возникали ярко выраженные вспышки в задней части височной доли, непосредственно в извилине Гешля. Картина нейронной активности мозга, сопровождающая естественный внутренний диалог, существенно отличалась от нейронных обстоятельств механической внутренней речи по запросу.

Результаты нашего эксперимента позволяют сделать ряд важных уточнений относительно существующей практики исследований внутренних переживаний в когнитивной нейробиологии. Они ставят ребром многие вопросы о методологии исследований внутренней речи и показывают, что нельзя спешить с выводами в экспериментах с внутренними переживаниями человека в ситуации, когда последние воспроизводятся по команде.

Все условия экспериментов в области когнитивной нейробиологии должны находиться под строгим контролем экспериментаторов, в противном случае результаты могут оказаться недостоверными

Все это говорит в пользу необходимости снизить темп исследований и обратиться к так называемой неторопливой нейробиологии, которая с помощью новейших технологий и методов позволяет получать максимально точные описания внутренней жизни человека.

Есть и другие причины, по которым следует уделять больше внимания описанию внутренней речи во всех ее проявлениях. По теории Л.С. Выготского, диалог и монолог — не единственные формы общения человека с самим собой. Л.С. Выготский утверждал, что язык, интериоризируясь сначала в виде эгоцентрической, а затем внутренней речи, меняет свою форму. Это происходит разными путями, в том числе через аббревиацию и конденсацию. Я помню, что, успокаивая себя в лондонской гостинице перед выступлением на радио, я произнес у себя в голове все предложение целиком: «Ты в этой передаче уже не первый раз». Но, как правило, я разговариваю с собой более короткими фразами. Когда я слышу раздающийся на кухне пронзительный звук таймера духовки, я вполне могу сказать себе: «Запищал таймер — духовка закончила работу».

Но я скорее просто отмечу в мыслях: «Таймер». Сравнивая внутреннюю и эгоцентрическую речь с речью, направленной на реального собеседника, Л.С. Выготский обращал внимание на значительный объем сокращений в предложениях, предназначенных собственному вниманию человека. Когда мы говорим сами с собой, мы, как правило, не утруждаем себя формулировать развернутые фразы, отчасти благодаря тому, что нам и так известны все обстоятельства высказывания. Великий русский писатель В.В. Набоков тоже подметил это свойство внутренних мыслей ужиматься до основ смысла и делаться совсем не похожими на те же мысли, высказанные вслух. «Мы думаем не словами, но тенью слов», — писал он в примечаниях к роману «Бледное пламя» (из интервью журналу *Playboy*, 1964 г.).

По странному стечению обстоятельств до недавних пор эта особенность внутренней речи совсем никого не интересовала. Несколько лет назад мы с моим коллегой Саймоном Маккарти-Джонсом

(Simon McCarthy-Jones), ныне сотрудником Тринити-колледжа в Дублине (Ирландия), запустили онлайн-опрос, в котором просили людей охарактеризовать различные свойства внутренней речи. Наша команда также разработала специальное приложение для смартфонов, куда стекались ежедневные наблюдения и заметки наших добровольцев. Мы опубликовали предварительные результаты этого исследования в 2011 г. Главными характеристиками внутренней речи, отмеченными обычными людьми, оказались следующие: диалогичность, тяготение к сокращениям, способность звучать разными голосами и роль в оценке и объяснении нашего поведения. Несмотря на то что тяготение внутренней речи к сокращениям было отмечено меньшинством участников эксперимента, все же это достаточно общее наблюдение, и оно за-

служивает внимательного изучения.

Самый главный вывод из эксперимента с онлайн-опросом заключается в том, что внутренняя речь разнообразна и сложна. Она принимает различные формы, и не исключено, что каждая форма может иметь особое назначение, а также вызывать уникаль-

ную нейронную картину в человеческом мозге. Теперь перед исследователями стоит непростая задача сравнить нейронные схемы при формулировании сокращенных и развернутых предложений. Для этого потребуются либо найти способ перехватывать отрывочные мысленные фразы в сканере МРТ, либо разработать технологию, позволяющую фиксировать такие фразы, возникающие спонтанно. Внутренняя речь продолжает оставаться для исследователей практически неуязвимой мишенью.

Ключ к творческим способностям

С тех пор когда я в 1990-е гг., еще будучи студентом, впервые заинтересовался проблемой внутренней речи, ученые достигли немалых успехов в изучении этого предмета. Эта всегда казавшаяся неприступной для научного исследования сторона психической жизни человека начала поддаваться под напором новейших экспериментальных методов и нейробиологических технологий. И чем ближе мы подбираемся к самым потаенным уголкам

Новейшие исследования доказывают: внутренняя речь — ни в коем случае не игра в одни ворота, она имеет чрезвычайно мощный потенциал благодаря разнообразию нейронных связей, которые она приводит в действие, дирижируя диалогом между разными точками зрения у нас в голове



ВОПРОС ВЫБОРА

Исследования показывают, что система школьных ваучеров снижает уровень знаний по математике и чтению. Почему же администрация Дональда Трампа так ухватилась за эту систему?

Пэг Тайер

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Использование ваучеров первым предложил экономист Милтон Фридман. В 1955 г. он говорил, что правительство должно не руководить школами, а выделять родителям стипендии на обучение детей.
- Ваучеры играют центральную роль в школьной реформе, запланированной Министерством образования США. До сих пор единственная финансируемая государством ваучерная программа в США реализовывалась в городе Вашингтоне.
- В нескольких других городах и штатах проводились аналогичные эксперименты, но небольшого масштаба. В области математики и чтения полученные результаты были неоднозначными или негативными, однако при этом число учеников, окончивших старшую школу, увеличилось.

ОБ АВТОРЕ

Пэг Тайер (Peg Tyre) была ведущим автором в *Newsweek*, пишет для *Politico* и *Atlantic*. Финалист премии *National Magazine Award* за статью про образование в журнале *Atlantic*. Тайер — приглашенный преподаватель в Школе государственной политики Маккорта в Джорджтаунском университете и руководитель по вопросам стратегического развития в Фонде Эдвина Гульда, где имеется крупнейший в США инкубатор для некоммерческих образовательных учреждений.



В эссе, написанном в 1955 г., пророк свободного рынка Милтон Фридман предложил принципиально новую модель образования. Вместо того чтобы рассматривать бесплатные государственные школы как ценное достижение и фактор социальной мобильности, он предположил, что они представляют собой пример избыточного контроля со стороны правительства. Он рассуждал, что, поскольку стабильное демократичное общество зависит от образованности избирателей, правительство должно оплачивать обучение детей в школах.

Но это не значит, что оно должно руководить ими. Фридман говорил, что вместо руководства правительству необходимо требовать обеспечения минимального уровня образования. И для финансирования такого образования оно должно выдавать родителям «ваучеры, по которым можно получить определенную ежегодную сумму для каждого ребенка при условии, что она будет потрачена на "одобренные" образовательные услуги». Он утверждал, что если будет разрушена государственная монополия в сфере образования, то «потребители» (родители) смогут поддержать лучший «продукт», зачисляя своих детей в наиболее полезные и эффективные учреждения. Слабые государственные школы под давлением рыночных сил улучшатся или погибнут.

Данная идея вызвала большой интерес у депутатов и политиков всего мира. Сейчас Бетси Девос (Betsy DeVos), министр образования в правительстве Дональда Трампа, готовится представить план своего первого общенационального проекта. Для повышения учебных результатов школьников она предлагает ввести ваучерную систему, уверяя, что это позволит родителям свободнее выбирать образовательное учреждение. «Министр считает: если мы сосредоточим внимание на учениках, а не на постройках или искусственно созданных границах, это будет правильный шаг к тому, чтобы каждый ребенок получил доступ к образованию, которое соответствует его уникальным потребностям», — говорит пресс-секретарь Министерства образования США Элизабет Хилл (Elizabeth Hill).

Поскольку администрация Трампа отстаивала ваучерную систему как прогрессивный способ улучшения образования в США, *Scientific American* изучил научные исследования использования ваучеров, чтобы выяснить, какие существуют данные

в поддержку идеи Фридмана. Разумеется, образовательные результаты — дьявольски сложная вещь для точного измерения. Но в целом исследования показали, что ваучерная система неоднозначно или даже негативно влияет на академические результаты и при широком применении может усилить неравенство между слоями населения с разным доходом. Есть и положительная сторона: существуют данные, что при использовании ваучеров учащиеся с большей вероятностью оканчивают школу и считают ее безопасным местом.

Предложение Девос означает основательные перемены в американской образовательной политике. Когда в 2002 г. при президенте Джордже Буше — младшем был принят закон «Ни одного отстающего ребенка», государственная пропаганда говорила: «Сдал тест — значит выучил» и государственные школы страны стали подстраивать свой учебный план под стандарты по чтению и математике. Те школы, где ученикам плохо удавалось освоить эти предметы на требуемом уровне, были публично названы «слабыми». Некоторые такие школы были наказаны, другие вообще закрыты. За эти годы были открыты сети чартерных школ, которые получают финансирование от государства, но обладают большей независимостью. Во многих из них учебный план строго соответствует государственным стандартам, около 20% таких учреждений процветали, так что у родителей из бедных районов был выбор, куда записать ребенка. И хотя чартерные школы получали большую часть внимания со стороны СМИ, в Вашингтоне были



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия



Взгляд на науку
с пристрастием

Актуальная информация о науке и технике в России и в мире
Открытия в разных областях фундаментальной и прикладной науки
Новости из научных центров и вузов страны и мира

scientificrussia.ru

ОБ АВТОРЕ

Дэвид Поуг (David Pogue) — обозреватель *Yahoo Tech*, ведущий научно-популярного телесериала *NOVA* на телеканале *PBS*.



Как бороться с фейковыми новостями?

Помимо современных компьютерных методов самое мощное оружие против легковерия — здоровый скептицизм

Дэвид Поуг

«Мир удивлен: папа римский Франциск поддержал кандидатуру Трампа на выборах президента США», «Самоубийство! Агент ФБР, подозреваемый во взломе электронной почты Хиллари Клинтон, найден мертвым», «Радиоведущий Раш Лимбо расструбил в эфире о неприглядном прошлом Мишель Обамы, отомстив ей за нападки на Трампа»... Нет-нет, об этих новостях никогда не сообщали солидные СМИ, такие как *New York Times* или *CNN*. Все эти информационные утки — дело рук каких-ни-

будь нерадивых тинейджеров. Весь этот новостной мусор был состряпан ими с одной лишь целью: разжечь любопытство читателей и заманить на сайты сомнительного содержания, на которых подростки делали деньги, продавая рекламные объявления.

Президентские выборы, которые осенью прокатились по США, войдут в историю с эпитетом «неожиданные», поскольку они привели к непредвиденным результатам; не обошлось дело и без фейковых новостей. Просочившись в *Twitter* и *Facebook*, они стали там очень активно распространяться. Дошло до того, что, например, первая двадцатка самых популярных фейковых сообщений привлекла к себе больше внимания пользователей *Facebook*, чем аналогичная двадцатка самых популярных, но подлинных, реальных новостей. Кроме того, информационные фальшивки стали причиной жестокой войны, разразившейся в интернете между сторонниками и противниками кандидатов в президенты. Но хуже всего то, что фейковые новости могли, может быть, даже оказать влияние на результаты президентских выборов (кстати, не забывайте, что 44% взрослого населения США привыкли узнавать новости именно из сети *Facebook*).

Кто бы мог подумать, что фейковая новость оказалась настолько сильным провокаторм! Ясно, что столь значимое событие, как выборы президента, просто обязано полагаться на правдивую информацию. Так почему бы не обратиться к соцсетям с просьбой о блокировке фейков?





ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия

<http://scientificrussia.ru>



ISSN 0208-0621



9 770208 062001

17010

