

В ПОИСКАХ ДРУГИХ ПЛАНЕТ

Передовые мощные телескопы откроют новые горизонты

ДЕТИ ВАКУУМА

Юрий Балега — об актуальных проблемах астрофизики

В мире науки

www.sci-ru.org

5/6 2018

**SCIENTIFIC
AMERICAN**

Ежемесячный
научно-информационный
журнал

12+

РОБОТЫ- САМОУЧКИ

Машины с искусственным
интеллектом проявляют
признаки спонтанного
обучения



ПЛЮС

**МИР
СОЗНАНИЯ
И СОЗНАНИЕ
МИРА**

Диалог российских
и буддистских ученых
в Дхарамсале





18



100

Темы номера

НЕЙРОНАУКИ

Мир сознания и сознание мира

Елена Кокурина

О чем говорили и договорились российские и буддистские ученые на конференции «Постигая мир» в Дхарамсале

4



АСТРОФИЗИКА

Дети вакуума

Валерий Чумаков

О загадках вселенского масштаба и о том, какое среди них место занимает человек, — вице-президент РАН **Юрий Балега**

18



ГИНЕКОЛОГИЯ

Академик Владислав Краснопольский: «Акушерство — это две жизни»

Наталья Лескова

Президент МОНИИАГ — о науке и жизни, о новых методиках и разработках, о ценности профессионализма и преданности

28



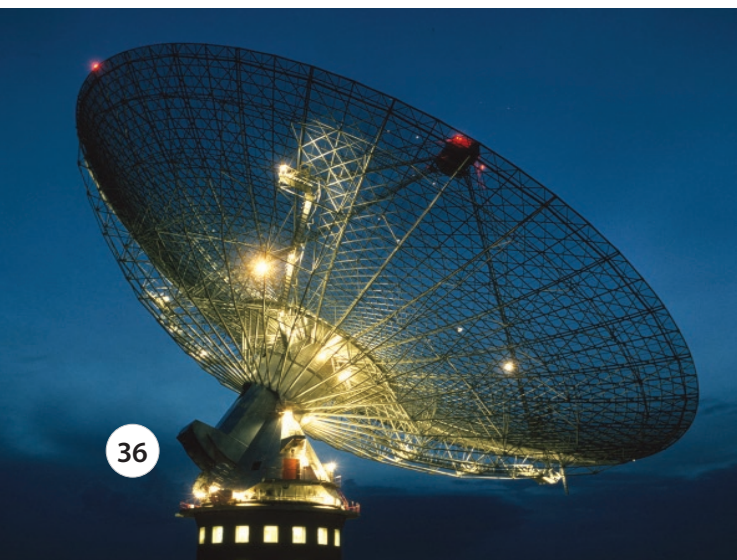
АСТРОНОМИЯ

Всполохи в ночи

Дункан Лоример и Мора Маклафлин

Астрономы наперегонки выдвигают теории о том, что вызывает мощные всплески радиоизлучения в далеком космосе

36



36

СОДЕРЖАНИЕ

Май/июнь 2018

ПЛАНЕТОЛОГИЯ

Тени иных миров

44

Джошуа Уини

Два телескопа, которые планируют запустить в этом году, возможно, обнаружат множество новых экзопланет

IN MEMORIAM

Система Физтеха

54

Продолжая знакомство с воспоминаниями **С.П. Капицы**, предлагаем вашему вниманию рассказ о его работе в Московском физико-техническом институте



ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Самообучающиеся роботы

58

Дайана Квон

Благодаря технике, которая обучается как ребенок, мы глубже понимаем, как разум и тело взаимодействуют друг с другом, обеспечивая обретение знаний и навыков

ЭВОЛЮЦИЯ

Самый страшный укус

66

Грегори Эриксон

Изучение силы укуса крокодилов и их близких родственников проливает свет на причины эволюционного успеха этой группы рептилий

ХИМИЯ

Остров тяжеловесов

74

Михаэль Блок и Кристоф Дюльман

Ведется работа по созданию самых тяжелых элементов в мире и изучению островов стабильности периодической системы, где такие элементы существуют дольше мгновения

НЕЙРОБИОЛОГИЯ

Переосмысление работы мозга

84

Дуглас Фокс

Физики, возобновившие эксперименты пятидесятилетней давности, говорят, что нервные клетки взаимодействуют с помощью механических сигналов, а не электрических



4

СОЦИОЛОГИЯ

Внутри эхокамеры

Вальтер Кватрочокки

Вычислительная социология изучает процесс распространения в интернете конспирологических теорий. Как их нейтрализовать?

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Дублер медоносной пчелы

Пейдж Эмбри

Крупнейший мировой производитель миндаля создает высокоэффективное насекомое, призванное помочь домашней пчеле опылять плантации плодовых деревьев

ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

От хаоса к белковой структуре

Наталья Лескова

Сегодня ученые приходят к выводу: лучшее, что можно сделать, — поучиться у природы. Национальным лидером в такого рода исследованиях выступает НИЦ «Курчатowski институт»

94 Опасная медицина

Линдси Фицхаррис

До середины XIX в. операции были рискованны и болезненны для пациентов, пока два выдающихся врача не преобразовали хирургию с помощью науки

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

100 Великое таяние

Дженнифер Фрэнсис

Климат в Арктике бьет рекорд за рекордом, выбивая из обычного режима погоду по всему миру

БИОМОДЕЛИРОВАНИЕ

Как формируются морские раковины 152

Ален Горили, Дерек Моултон и Режи Шира

Математическое моделирование показывает, что форма раковин моллюсков и их орнамента во многом определяются воздействием механических сил

ЭНЕРГЕТИКА

Топливо из глубинки

Дарья Дегтярева

В Томском политехническом университете создают технологию автономного энергообеспечения на основе топлива из возобновляемого сырья — биомассы

114 От редакции

Наука в графиках

50, 100, 150 лет тому назад

3

151

99, 160

МОРСКАЯ БИОЛОГИЯ

Совершенный зверь

Адити Митра

Миксотрофы, крошечные морские создания, которые охотятся как животные, но развиваются как растения, способны повлиять на все — от популяций рыб до темпов глобального потепления

120

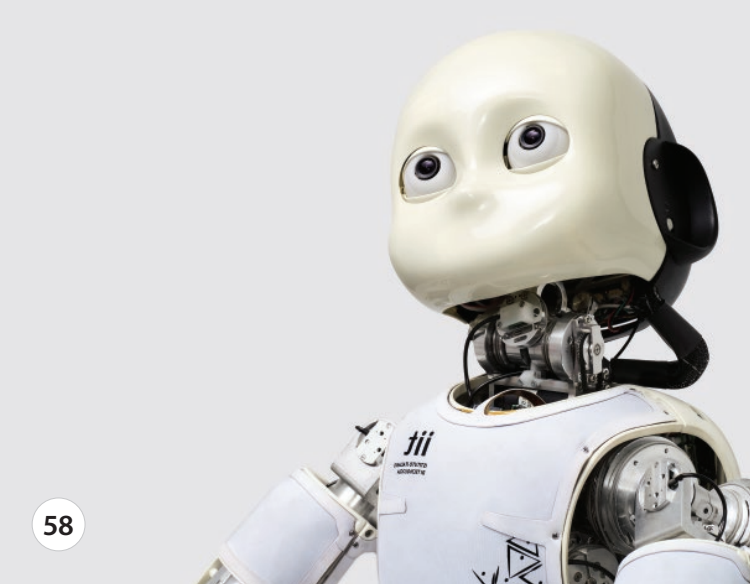
МЕДИЦИНА

Новые способы репродукции

Карен Уайнтрауб

Смогут ли биологи когда-либо использовать клетки крови или кожи для получения яйцеклеток и спермиев?

130



58

Разделы



144

В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Наши партнеры:



PETER



SERVICE



Сибирское отделение РАН



РОСАТОМ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



очевидное
невероятное



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия

Основатель и первый главный редактор
журнала «В мире науки / Scientific American»
профессор Сергей Петрович Капица



Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство
распространения научных знаний»

Главный редактор:

В.Е. Фортов

Первый заместитель главного редактора:

А.Л. Асеев

Ответственный секретарь:

О.Л. Беленицкая

Зав. отделом иностранных материалов:

А.Ю. Мостинская

Шеф-редактор иностранных материалов:

В.Д. Ардаматская

Зав. отделом российских материалов:

О.Л. Беленицкая

Выпускающий редактор:

М.А. Янушкевич

Обозреватели:

В.С. Губарев, В.Ю. Чумаков

Администратор редакции:

О.М. Горлова

Научные консультанты:

акад. Ю.Ю. Балега; к.ф.-м.н. Ю.А. Дьякова; акад. В.И. Краснопольский;

к.ф.-м.н. В.Г. Сурдин; к.т.н. Р.Б. Табакаев

Над номером работали:

М.С. Багоцкая, Д.А. Дегтярева, А.П. Кузнецов, С.М. Левензон, Н.Л. Лескова, А.И. Прокопенко,

И.Е. Сацевич, Н.Н. Шафрановская, А.В. Щеглов

Дизайнер:

Д.А. Гранков

Верстка:

А.Р. Гукасян

Корректур:

Я.Т. Лебедева

Президент координационного совета НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

В.Е. Фортов

Директор НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

В.К. Рыбникова

Финансовый директор:

Л.И. Гапоненко

Главный бухгалтер:

Ю.В. Калинкина

Адрес редакции:

Москва, ул. Ленинские горы, 1, к. 46, офис 138;

тел./факс: 8 (495) 939-42-66; e-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru

Иллюстрации предоставлены Scientific American, Inc.

Отпечатано:

в АО «ПК «ЭКСТРА М», 143405, Московская область, Красногорский р-н, г. Красногорск, автодорога
«Балтия», 23-й км, владение 1, д. 1

Заказ №5 18-05-00387

© В МИРЕ НАУКИ. Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати. Свидетельство ПИ
№ ФС77-43636 от 18 января 2011 г.

Тираж: 12 500 экземпляров

Цена договорная

Авторские права НП «Международное партнерство распространения научных знаний».

© Все права защищены. Некоторые из материалов данного номера были ранее опубликованы Scientific American или его аффилированными лицами и используются по лицензии Scientific American. Перепечатка текстов и иллюстраций только с письменного согласия редакции. При цитировании ссылка на «В мире науки» обязательна. Редакция не всегда разделяет точку зрения авторов и не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Торговая марка Scientific American, ее текст и шрифтовое оформление являются исключительной собственностью Scientific American, Inc. и использованы здесь в соответствии с лицензионным договором.

Постигая мир

Будда изложил положения квантовой физики 2,5 тыс. лет назад, а буддийские монахи знают о человеческом сознании больше, чем вся западная нейронаука. Возможно ли сотрудничество между наукой и буддизмом? Что они могут дать друг другу? Десять ведущих российских исследователей в области нейробиологии, нейрофизиологии, генетики, философии и психологии в течение трех дней вели труднейший диалог с духовным лидером буддизма Далай-ламой и буддийскими монахами на конференции «Постигая мир». Этому беспрецедентному событию посвящен эксклюзивный материал «Мир сознания и сознание мира». Там же вы сможете прочитать интервью с самим Далай-ламой.

Из глубин сознания — в глубины космоса. «Вакуум — не пустота, — утверждает академик Ю.Ю. Балега. — Он имеет энергию, случайные флуктуации которой приводят к тому, что из этой энергии рождается материя, вещество. Из этого вакуума мы родились и в этот вакуум спустя многие миллиарды лет опять превратимся». О загадках Вселенной читайте в статье «Дети вакуума».

Продолжаем рубрику «Год Сергея Капицы». «Система Физтеха» — так называется глава из его книги «Мои воспоминания», в которой Сергей Петрович рассказывает о своей работе в легендарном вузе.

Представляя американский контент номера, главный редактор журнала *Scientific*

American Мариэтт Ди Кристина пишет: «Дети быстро соображают, как нужно действовать в постоянно изменяющихся условиях, когда "правила игры" далеко не ясны даже для взрослых». Их мозг делает прогнозы изменений в самых разных ситуациях — от игры со щенком до собирания пазлов. В статье «Самообучающиеся роботы» исследуется, как программные алгоритмы обучения, подобные тем, какими распола-

гает мозг детей, преобразуют робототехнику и открывают новый взгляд на развитие ребенка.

Хотя мы и не планировали специальной подборки материалов о нашей планете с ее жизнью и океанами, пишет далее Ди Кристина, читатели найдут несколько статей на «водную тему». В материале «Великое таяние» читайте о том, как климат Арктики бьет рекорд за рекордом, меняя погоду во всем мире. Морские льды исчезают, температуры повышаются, вечная мерзлота тает, ледники уменьшаются. А статья «Совершенный зверь» посвяще-

на миксотрофам — микроскопическим океанским созданиям, которые развиваются как растения, но охотятся как хищные животные. В совокупности они оказывают колоссальное влияние на экосистему: их активность может влиять на все — от здоровья рыб до глобального потепления. ■

Редакция журнала
«В мире науки / *Scientific American*»



НЕЙРОНАУКИ

МИР СОЗНАНИЯ И СОЗНАНИЕ МИРА



ЧТО ВЫНУДИЛО ЕВРОПЕЙСКИХ УЧЕНЫХ

Десять ведущих российских исследователей в области нейробиологии, нейрофизиологии, генетики, философии и психологии в течение трех дней вели труднейший диалог с духовным лидером буддизма Далай-ламой и буддистскими монахами на конференции «Постигая мир».

Труднейший потому, что западная наука не приучена мыслить и рассуждать «вселенскими» понятиями, которые нельзя пощупать, измерить, разложить на составляющие. Не приучена, но в последнее время стремится к этому, по крайней мере лучшие ее представители, которые приехали на север Индии в Дхарамсалу, где в предгорьях Гималаев расположена резиденция Далай-ламы. Диалог-конференция был организован фондом «Сохраним Тибет», фондом Далай-ламы, Центром Тибетской культуры и информации при поддержке Института философии РАН и Центра исследования сознания МГУ.

**О чем говорили
и договорились российские
и буддистские ученые
в Дхарамсале**

Зачем это нужно нам

В августе прошлого года российские ученые уже встречались с Далай-ламой в одном из отелей Дели, но это, по свидетельству участников, была скорее ознакомительная, «прицельная» встреча, которая не предполагала глубокого взаимопонимания и разработки конкретных совместных проектов.

Цель этой серии встреч (предполагается, что они будут продолжены) — выработать общие подходы в фундаментальных вопросах исследования мозга и сознания, эволюционной биологии, генетики, космологии, физики. Основой для дискуссии стала книга Далай-ламы «Вселенная в одном атоме», опубликованная несколько лет назад, которая посвящена установлению диалога в познании мира между западной и «буддистской» наукой.

Для чего это нужно западной науке, имеющей крепкую методологию, уровень доказательности, правила постановки эксперимента? Оказывается — и это обсуждалось на встрече в первую очередь, — именно эта методология во многом тормозит, сдерживает развитие.

— На самом деле существуют две традиции западной науки — до Пифагора и после него, — выражает свое мнение участник встречи, физик по образованию, физиолог, исследователь мозга, создатель Института мозга человека РАН академик С.В. Медведев. — Во времена Древнего Египта теорема Пифагора не была доказана, но строители пирамид знали, чему равен квадрат гипотенузы, иначе эти строения развалились бы. Западная наука пошла по греческому пути, когда каждое положение требует доказательства. А это вовсе не обязательно, часто бывает достаточно крепкой логики, прочных знаний, чтобы выстроить верную гипотезу. Именно так строится буддистская наука, и, кстати, в этом весьма преуспела и наука российская. Наши предшественники И.М. Сеченов, И.П. Павлов, В.М. Бехтерев строили модели, теории, которые были подтверждены экспериментально лишь спустя десятилетия. А вот закон сохранения энергии — основа нашей модели мира — до сих пор не доказан. Чем ему уступают буддистские построения, основанные на более чем двухтысячелетнем опыте?

Потребность в буддистской методологии исследования интроспективного, внутреннего «я» все более остро ощущается сегодня в области исследований высших функций мозга. Западные исследователи, получая все больше и больше количественных данных о корреляции конкретных зон, областей мозга, сообществ нейронов с определенными когнитивными функциями и психическими состояниями, тем не менее не могут создать целостную картину, понять, почему и как эта система порождает наш субъективный мир.

— Существует непрерывная цепь объяснения окружающего нас мира, с которой естествознание достаточно уверенно справляется, начиная от фундаментальных уровней строения вещества, энергии, пространства и заканчивая биологическими структурами, — объясняет свое видение проблемы член-корреспондент РАН, профессор К.В. Анохин, который стал научным организатором этой встречи с российской стороны. — Но далее возникает вопрос человеческого психики и человеческого «я». С одной стороны, мы понимаем, что это следующий шаг в закономерной цепи развития природы, который имеет свою историю на Земле, насчитывающую сотни миллионов лет. Это был очень длительный, трудоемкий процесс, связанный с эволюцией мозга, но для его познания и включения в эту цепь естественно-научного объяснения существует большое препятствие. Оно заключается в том, что феномены, наблюдаемые в этом мире, субъективны, они находятся внутри каждого из нас. Тогда как вся остальная наука в том виде, как она возникла в Западной Европе, построена на объективном исследовании, то есть на интересубъективном: многие наблюдатели должны иметь возможность фиксировать одно и то же явление, быть способны согласовать свои наблюдения и прийти к заключению, что они регистрируют одно и то же. В этом заключается ключевой подход западной науки — от третьего лица. Естественно, западная наука применила его и к исследованию нашего «я», то есть психики и сознания. История западной психологии — это в значительной степени попытка исследовать психику теми же инструментами, как в физике, химии, биологии. Но при этом стало ускользать понятие перспективы первого лица: как, исследуя объективными методами поведение, изучая работу мозга, на который мы тоже смотрим с позиции наблюдателя, третьего лица, — как с помощью этих инструментов и основанных на них концепций объяснить субъективный мир? Как включить первое лицо в эту естественно-научную картину? Если не включать, то и философы, и задумывающиеся люди вам справедливо скажут, что вы не объясняете самое главное, что нас интересует, — наше уникальное и субъективное «я».

Поэтому когда в начале 90-х гг. XX в. стала развиваться новая волна научных исследований сознания, ученые получили, по сути, механические схемы, стало известно многое из того, что происходит в мозге, но это никак не объясняло, почему это происходит.

Как же быть? На встрече участники говорили о необходимости принципиальных подходов более высокого уровня, которые могли бы объединить феноменологию во всех смыслах (субъективные ощущения и эмоции с феноменологией в философском понимании), то есть позицию от первого

лица, с позицией объективного психолога-наблюдателя, представителя естественных наук, нейробиолога, нейрофизиолога-наблюдателя. Три в одном! Чтобы это осуществить, необходимо, в первую очередь, принципиальный каркас-схема, когда все три участника будут непротиворечиво соединены в рамках единого представления. И методы, которыми мы располагаем, тоже должны быть комплексными — методы самонаблюдения и «самовлияния» на психические процессы, методы объективной психологии и методы исследования мозга от третьего лица. До сих пор эти направления шли параллельно.

Поиски этой парадигмы ведутся, она есть в сугубо западных попытках решить проблему и тех, которые берут как раз опыт буддизма. Одна из них — нейрофеноменология Франсиско Варелы, выдающегося ученого чилийского происхождения, который работал во Франции. В 1987 г. он познакомился с Далай-ламой, и они сразу друг друга поняли, так как оба признавали, что буддизм — это тоже путь от феноменологии, подход к исследованиям своего внутреннего «я». То есть буддизм в этом смысле — систематический метод познания и трансформации своего разума, когда пользуешься только им самим, не прибегая к внешним наблюдателям или приборам.

— Нам очень трудно это оценить, — продолжает К.В. Анохин, — но буддистская психология, развивавшаяся в результате этих практик в течение 2,5 тыс. лет, гораздо более дифференцированная и многогранная по сравнению с психологией западной. Разница эта похожа на то, как мы, европейцы, знаем всего несколько оттенков снега, а эксимосы имеют 500 терминов для обозначения его оттенков и состояний. И в этом смысле глубоко развитая система и таксономия ментальных состояний в буддистской психологии — это большое богатство.

Итак, зачем западной науке нужна интеграция или по меньшей мере взаимодействие с буддистской наукой? Прежде всего, как следует из обсуждения, это необходимо науке о мозге, которая изучает высшие функции. Итогом такого

взаимодействия в идеале должно стать создание новой дисциплины, преодолевающей барьер между биологией и психологией, которая в привычные методы исследования мозга и психики (от третьего лица или при помощи наблюдателя) включит еще перспективы первого лица одновременно и в качестве метода, и в качестве объекта исследования.

Для западной нейронауки, по мнению ученого, контакты с буддийским опытом исследований сознания — это даже больше, чем появление в свое время психоанализа. Когда появился психоанализ, он изменил теорию и практику изучения внутреннего мира человека. А сейчас мы можем использовать результаты двухтысячелетней традиции буддизма в изучении этого внутреннего мира от первого лица, попытаться соединить их с объективными методами западной науки.

Основные вопросы и «трудности перевода»

Накануне серии заседаний, которые смело можно назвать дебатами, участники обменялись вопросами для обсуждения. Кроме ведущих (или, как их здесь называли, старших) ученых, в дискуссии приняли участие молодые исследователи. По такому же принципу подбирался состав принимающей стороны: монахи-наставники и молодые монахи, и, конечно, на вершине «пирамиды» — Далай-лама, вопросы которого ставили в тупик не одно поколение западных исследователей.

Стоит заметить, что обучение в буддистском монастыре длится 21 год, и это только основной этап, в то время как подготовка в западном университете с учетом аспирантуры или получения степени *PhD* — около десяти лет. Буддийские монахи с юного возраста учатся вести дебаты, осваивают умение с помощью построения логической цепочки развивать свой тезис. Еще они начисто лишены скепсиса (который иногда проскальзывал на лицах наших молодых участников), слушают и впитывают все с чрезвычайным вниманием и уважением.

Наши предшественники И.М. Сеченов, И.П. Павлов, В.М. Бехтерев строили модели, теории, которые экспериментально были подтверждены лишь спустя десятилетия. А вот закон сохранения энергии — основа нашей модели мира — до сих пор не доказан. Чем ему уступают буддистские построения, основанные на более чем двухтысячелетнем опыте?

АКАДЕМИК С.В. МЕДВЕДЕВ

Вот несколько ключевых вопросов от Далай-ламы и буддийских монахов, которые были предложены для обсуждения.

- Что западная наука понимает под термином «сознание»?
- Можем ли мы разработать такие методы исследования сознания, которые позволили бы зафиксировать его свойства?
- Сегодня не вызывает сомнений, что сенсорное восприятие напрямую зависит от физических особенностей и функционирования тела. Но не есть ли это доказательство того, что изменения в нашем организме могут возникнуть как следствие, результат наших мыслей?
- В какой момент формирования плода впервые возникает сознание?
- Допускаете ли вы, что момент предельной концентрации во время очень глубокой медитации может ассоциироваться с конкретными участками мозга?
- Испытывают ли эмоции насекомые, например комары? Что говорят об этом результаты исследований западной науки?
- Известно много случаев, когда сознание умирающего человека в последние секунды жизни проясняется. Согласно недавним исследованиям опыта конца жизни (*end-of-life experience*) в Великобритании, 70% медицинских сестер, ухаживавших на дому за больными деменцией, наблюдали резкое улучшение памяти у их подопечных примерно за час до смерти. Как может объяснить эти факты современная нейронаука?
- Каково соотношение генной инженерии и селекции с буддийской концепцией кармы?



Профессор Е.И. Рогаяев рассказывает о своих исследованиях мозга в ходе первой сессии диалога

В процессе обсуждения участники столкнулись с основной проблемой, которая не позволяла достоверно оценить позиции друг друга.

— Мы говорим на разных языках, — поделилась впечатлением профессор В.Г. Лысенко, руководитель отдела восточной философии Института философии РАН. — Мы формулируем вопрос с западных ментальных позиций, а нас не понимают, и наоборот. Очень сложно сформулировать вопрос так, чтобы получить ответ именно на него.

Прежде всего различия коснулись значения основного термина — что понимать под сознанием. В российской нейрофизиологии и психологии поиски определения этого понятия ведутся давно, было организовано несколько симпозиумов «Мозг и сознание», но общепринятого определения до сих пор нет. И все-таки при разных подходах внутри нашего научного сообщества они отражают единый пласт, в то время как буддисты понимают под сознанием совершенно иной уровень.

— Буддисты под сознанием подразумевают вообще весь спектр психических реакций и психических, когнитивных возможностей, — объясняет Д.Б. Волков, доктор философских наук, директор Центра исследования сознания МГУ. — Возможно, в бытовом языке мы подразумеваем то же самое, но в науке и философии есть четко определенные термины, и философы стремятся к тому, чтобы это значение уточнить и сузить. Поэтому из всего того, что буддисты называют сознанием, аналитические философы выделяют только один крохотный, но важный аспект: субъективные переживания, субъективную составляющую.

Я рад, что на конференции было озвучено предложение составить и издать словарь терминов, понятий, который помог бы нам общаться на одном языке. И второе хорошее предложение — обмена учеными и студентами. Мы накапливаем опыт выступлений и понимаем, как надо выступать для этой аудитории. Например, я лично понял, что нужно оперировать не абстрактными терминами. Буддистский язык — это в первую очередь язык истории. Они часто передают свои идеи, используя примеры, которые всем близки, и именно на них можно построить первоначальное знакомство с позициями друг друга.

Интересно, что во многом обращение к «буддизму в науке» происходит от слабости и недостаточного развития и знания философии на Западе.

Через 10–15 лет профессия философа будет более востребованной, чем профессия программиста. Особенно будет востребована аналитическая философия, построенная на объединении с естественными дисциплинами.



ДОКТОР ФИЛОСОФСКИХ НАУК Д.Б. ВОЛКОВ

По мнению, Д.Б. Волкова, в последнее десятилетие в Европе и Америке «наблюдаются ростки возрождения» (у России, конечно, и здесь свой путь — у нас философия долгое время воспринималась как идеология).

— Самое перспективное сегодня в мире, — считает Д.Б. Волков, — направление, называемое аналитической философией, построенное на логике. Это строгая наука, которая дальше всего от искусства и ближе всего к математике, логике и естественным наукам. Это рассуждения, построенные на хорошем предметном знании. Вообще, через 10–15 лет профессия философа будет более востребована и оплачиваема, чем профессия программиста. Дело в том, что практически все отрасли автоматизируются и очень скоро будут автоматизированы многие профессии, включая, например, врача и юриста. Но что сложнее всего автоматизировать, так это способность человека к творчеству, критическому мышлению. Философия учит человека анализировать, обобщать, подвергать сомнению ключевые и общие воззрения, приучает к тому, чтобы сомневаться, а сомнение — это выход за рамки данности, путь к инновациям. Особенно будет востребована философия, построенная на объединении с естественными дисциплинами. Буддисты, которые свои метафизические изыскания дополняют естественными науками, идут как раз по этому пути уже более 2 тыс. лет.

Эксперимент на себе

К последнему дню дебатов российские исследователи мозга очертили уже конкретный пул задач, которые можно решать совместно с буддистскими учеными, используя подходы и методологию друг друга.

Прежде всего, это изучение разума с позиций первого и третьего лица путем использования объективных исследований мозга. Теоретически сделать это можно двумя путями. Первый — интегрировать «первое лицо» в объективные исследования, то есть объектом и субъектом исследования станет буддист-практик, который будет дополнительно

снабжен методами и оборудованием, которыми располагает западная наука. Второй — западный исследователь сам становится «первым лицом», объектом и субъектом, овладевает буддистской техникой интроспекции и одновременно использует свои привычные методологию и оборудование. Что проще и эффективнее, пока не понятно, но скорее всего будут использованы оба подхода.

Исследования феномена «жизни после смерти», уже предпринимавшиеся западной наукой, могут быть продолжены на новом уровне, если в качестве модели использовать состояние, которого могут достигать некоторые буддийские старцы-практики. Известно, что их тела способны не разлагаться в течение многих недель, и можно предположить, что они находятся в каком-то «промежуточном» состоянии.

Браться за подобный эксперимент можно, естественно, хорошо его продумав, но еще важнее понять, будут ли в результате получены новые фундаментальные знания.

— Ясно, что то, что мы называем сознанием, а это, с нашей точки зрения, особый тип процессов в мозге, — рассуждает К.В. Анохин, — способно контролировать и соматические процессы в остальном теле. В этом, в принципе, нет ничего нового. Мы просто получим подтверждение безусловности экстремальных возможностей ментального управления телом, которые тем не менее не выходят за пределы естественного. Может ли тело продолжать существовать в каком-то «промежуточном» состоянии в результате этих практик в течение 18 дней после смерти, не разлагаясь? Вполне возможно, и я не считаю, что этот факт должен разрушить наши естественно-научные представления. Я могу придумать для этого некоторое количество объяснений, которые не уничтожат мою картину мира, а просто ее расширят.

Во время дебатов закономерно возник следующий, связанный с этим вопрос: а как ведет себя мозг? Возможно ли исследовать современными методами на очень глубоком клеточном, сетевом, имиджинговом уровне, что происходит с мозгом после смерти, какие процессы продолжают и перестают в нем течь и как долго?

Трудно представить более завораживающую и неоднозначную с этической точки зрения задачу, чем эта. Но не будем забывать о «трудностях перевода»; для буддистских ученых жизнь и смерть — это привычные понятия и подходы. Однако есть и у них феномен, проверка которого, может разрушить «главную опору». Это идея о перерождении, краеугольный камень буддистского учения. В приватном разговоре с Далай-ламой один из участников спросил его: «Вы провели уже более десятка конференций с западными учеными, планировали и даже осуществили совместные эксперименты, но ни разу никто не поднимал вопрос о перерождении. Это религиозное табу?» Далай-лама ответил: нет, это западные ученые не хотят заниматься этой проблемой, он открыт для совместного эксперимента.

Один из таких подходов, позволяющий сделать феномен воспоминаний о прошлых жизнях объектом научного исследования, был озвучен российскими учеными в Дхарамсале. Существует много случаев, когда маленькие дети в возрасте двух-четырёх лет начинают утверждать, что помнят эпизоды, которые не связаны с их нынешней жизнью. В Северной Индии это примерно один ребенок на 500, то есть теоретически явление не представляет собой что-то уникальное. Поэтому оно может стать объектом исследования специалистов в области развития памяти у ребенка. Дело в том, что современная психология памяти и когнитивная нейронаука знают уже очень много о разных формах памяти и их развитии в детском возрасте: когда и как формируются семантическая, эпизодическая, автобиографическая память, что при этом должно наблюдаться,

а что нет, какие области мозга отвечают за каждую из этих форм памяти. Допустим, у ребенка появляются какие-то необычные воспоминания, которые не могут быть объяснены родителями и тревожат их. Специалист в области развития памяти может оценить, насколько они необычны, в какой степени они объясняются прошлым опытом ребенка, сформированными им ранее концепциями, знаниями. Возможно также сравнить процессы в мозге, которые происходят у детей в момент воспоминаний о «прошлой» жизни и текущих, и выяснить, есть ли различия. Можно также сравнить их с паттернами активности мозга, когда дети просто фантазируют. (Примечательно, что этот необычный феномен исчезает с возрастом, к шести-восемью годам, что соответствует времени так называемой детской амнезии, когда дети вообще теряют ранние детские воспоминания. Известно, что это может быть связано с формированием различных структур мозга.) Конечно, это только первые шаги такого объективного исследования, но известно, что систематически двигаясь таким путем, наука в прошлом смогла дать естественно-научные объяснения многим «чудесам».

— Если такой феномен существует, это разрушит мою научную картину мира, мне придется строить ее заново, — заявил перед закрытием конференции К.В. Анохин. — А если нет, тогда это подбрасывает основные положения не только буддистской науки, но и буддистской философии в целом. Словом, это очень рискованный путь. Хотя я думаю, что сформированное сегодня научное знание очень устойчиво и риску подвергается именно буддийские представления.

Его поддержал научный руководитель Института общей генетики РАН академик Н.К. Янковский:

— Мне известен один закон: онтогенез следует за филогенезом. Развитие индивида повторяет развитие вида. Однако буддистская наука считает, что индивидуальное сознание субъекта в этой жизни — продолжение его сознания в предыдущей жизни. Сможем ли мы разграничить развитие сознания на индивидуальном уровне и развитие на эволюционном уровне, его повторяющее? Я хотел бы увидеть доказательства этого феномена в рамках моего понимания мира и готов принять вызов моим взглядам.



Академик С.В. Медведев слушает комментарии Его Святейшества Далай-ламы к своему докладу

Трудно сказать, как будут развиваться события и дойдут ли эти идеи до практического воплощения. Однако из истории науки нам известно, что в стремлении расширить свои знания или найти объяснение необъяснимому ученого вряд ли может что-то остановить.

Подготовила Елена Кокурина



Академик Н.К. Янковский, ведущий российский ученый в области генетики: «Я готов принять вызов моим взглядам»

Участники конференции от России

Константин Владимирович Анохин — член-корреспондент РАН, директор Центра нейронаук и когнитивных наук МГУ, заместитель директора НБИКС-центра НИЦ «Курчатовский институт», руководитель лаборатории нейробиологии памяти в Институте нормальной физиологии им. П.К. Анохина.

Павел Милославович Балабан — член-корреспондент РАН, директор Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН.

Давид Израилевич Дубровский — профессор, специалист в области аналитической философии сознания, ведущий научный сотрудник Института философии РАН.

Александр Яковлевич Каплан — профессор, руководитель лаборатории нейрофизиологии и нейрокомпьютерных интерфейсов МГУ.

Виктория Георгиевна Лысенко — профессор, руководитель отдела восточной философии Института философии РАН.

Святослав Всеволодович Медведев — академик, главный научный сотрудник и бывший директор Института мозга человека РАН.

Евгений Иванович Рогаев — профессор, руководитель лаборатории эволюционной геномики Института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, профессор отделения психиатрии Медицинской школы Массачусетского технологического института (США).

Андрей Анатольевич Терентьев — кандидат исторических наук, один из ведущих специалистов по тибетскому буддизму, главный редактор журнала «Буддизм в России».

Дмитрий Борисович Волков — доктор философских наук, директор Центра исследования сознания МГУ.

Николай Казимирович Янковский — академик, научный руководитель и бывший директор Института общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН.



ДАЛАЙ-ЛАМА XIV: «УЧЕНИЕ НЕЛЬЗЯ ПРИНИМАТЬ НА ВЕРУ»

Редакция благодарит сотрудников фонда «Сохраним Тибет»
за организацию и помощь в подготовке интервью с Далай-ламой,
а также Тензина Чойджора — за фотографии

В интервью журналу «В мире науки» духовный лидер буддистов поделился своими мыслями о преимуществах и недостатках западного научного мировоззрения и перспективе совместных исследований и практик

— Ваше Святейшество, вы проявляете огромный интерес к западной науке, посещаете лаборатории, дискутируете с исследователями, организуете встречи и дебаты. Что сближает западную и буддистскую науку?

— Для начала я хотел бы сказать несколько слов о предыстории, о том, почему вообще возможен такой диалог между буддистской наукой и западной (говоря «западной», я подразумеваю и российскую научную школу). Напомню, что буддизм принес в Тибет в VIII в. великий наставник древнеиндийского монастыря-университета Наланды Шантаракшита. Он был выдающимся философом и логиком. Это объяснимо: логический подход, умение задавать вопросы, скептицизм очень важны. Нужно не просто принимать что-то или верить во что-то, или принимать на веру только потому, что так сказал великий человек и это должно быть истинным. Сам Будда говорил своим последователям и монахам: «Вы не должны принимать мое учение на веру». Поэтому наставники Наланды проводили различие, какие учения Будды можно понимать буквально, а какие нуждаются в толковании. Я думаю, это уникальная черта буддизма.

Упор на логические размышления и эксперименты, присущий нашей традиции, сближает ее с западным научным подходом. Но в одном аспекте методы науки и буддизма весьма различны: научный исследователь осуществляет эксперимент, используя для анализа внешних феноменов различные инструменты, тогда как духовное исследование начинается с развития утонченного внимания, которое затем применяется в интроспективном изучении мира внутреннего опыта.

Будда был одним из древних буддийских ученых и великим мыслителем. Только представьте: 2,5 тыс. лет назад он, по сути, изложил положения квантовой физики! Именно поэтому вот уже больше 30 лет я участвую в диалогах с современными учеными: мы подробно обсуждаем вопросы космологии, нейробиологии, физики (особенно квантовой физики) и психологии. Могу сказать, что эти дискуссии по четырем областям знания приносят нам взаимную пользу. В тибетской буддистской традиции есть знания по космологии, а также нейробиологии, особенно в разделе медицины. Но из диалогов с современными учеными мы почерпнули для себя много нового. Что же касается квантовой физики, то тут нам, пожалуй, известно больше, чем современной науке.

— Можете ли вы подробнее остановиться на этом? В своей книге «Мир в одном атоме» вы пишете, что квантовая механика — практически отражение буддистского подхода.

— В буддизме очень подробно объясняется, что ничто не существует обособленно, независимо. Или, например, проблема наблюдателя, ключевая для квантовой физики. Современная наука не может дать ответ на вопрос, где же находится наблюдатель, ей еще предстоит это исследовать.

Я считаю, что вопрос о роли наблюдателя — один из самых сложных в квантовой физике. Некоторые физики утверждают, что роль наблюдателя сводится к выбору инструментов наблюдения, тогда как другие настаивают на том, что сам наблюдатель — полноценный участник возникновения наблюдаемой реальности.

Этот вопрос долгое время оставался в фокусе дискуссий буддийских мыслителей.

В своей основе философская проблема, поставленная перед физиками открытиями в области квантовой механики, сводится к тому, приемлемо ли вообще представление о материи как о состоящей из мельчайших, но в абсолютном смысле реальных частиц. Буддийская «теория пустотности» в этом плане может предложить непротиворечивую модель понимания реальности как не имеющей в окончательном смысле собственной независимой сути. Эта теория утверждает несостоятельность любой веры в объективную реальность, основанной на представлении о существовании независимых объектов, наделенных собственными свойствами. Все предметы и события, будь то материальные или умозрительные сущности или даже такие абстрактные представления, как время, не имеют объективного самобытия. Предположение о наличии такого независимого, по их собственной природе присущего им бытия приводит к выводу о том, что вещи и события полностью завершены в самих себе, а потому совершенно самодостаточны. Из этого в свою очередь следует, что все феномены не способны взаимодействовать между собой и оказывать влияние друг на друга. Но мы наблюдаем обратное, значит, такая предпосылка неверна.

Тем не менее современные физики в отличие от теоретиков буддизма могут до невероятных пределов расширять воспринимающую способность глаза благодаря использованию различных инструментов — гигантских телескопов (например,



Библиотека монастыря в Дхарамсале. Тибетские труды готовы к выдаче

космического телескопа «Хаббл») или электронных микроскопов. Результатом стало накопление совершенно невообразимых ранее объемов эмпирических знаний об устройстве материальных объектов. В свете таких изменений я настоял на необходимости преподавания основ современной физики в некоторых монастырских учебных заведениях тибетского буддизма. При этом считаю, что фактически мы не вводим в учебную программу какой-то новый предмет, а лишь совершенствуем уже имеющийся учебный план.

— Одна из главных точек соприкосновения западной и буддистской науки — изучение мыслительных функций и пресловутый вопрос о том, что такое «сознание». На ваш взгляд, имея в своем распоряжении сложнейшую сверхточную технику, продвинулись ли западные ученые в этом направлении? Может ли чем-то помочь буддизм?

— В сравнении с древнеиндийской традицией современная психология пока еще находится на уровне детского сада, она делает первые шаги. Буддизм унаследовал эти знания из Древней Индии, где эта наука была очень развита еще до прихода Будды. В Древней Индии существовали практики шаматхи и випашьяны, которые можно отнести к области психологии, науки о сознании. Буддийская психология стала частью этой системы знаний.

Западная психология имеет дело только с пятью, как мы это называем, «видами сознания», связанными с органами чувств. Что касается зрения, слуха и тому подобного, у животных эти чувства развиты лучше, чем у людей. Скажем, у меня

очень слабое обоняние. (Хотя иногда это тоже оказывается полезным: например, оказавшись в месте, где дурно пахнет, я этого не чувствую.) В целом животные гораздо лучше нас видят, слышат и т.д., поскольку от этого зависит их выживание. Та часть мозга, которая отвечает за чувственное восприятие, развита примерно одинаково у нас и у животных. Но механизмы, системы мозга, обеспечивающие мышление, у людей существенно сложнее. Это говорит о том, что если выживание животных зависит от чувственного восприятия, то наше выживание зависит от умения мыслить, от знаний. Однако если использовать эти знания только для достижения материальных целей, связанных с чувственными удовольствиями, этого недостаточно. Мы должны анализировать — что нарушает покой ума? Это не внешние причины, но наше собственное сознание.

Итак, основное различие в том, что западная наука рассматривает лишь пять органов чувств, игнорируя основной, шестой — «сознание». Первые пять чувств относятся к области сенсорного восприятия, тогда как последнее включает в себя широкий спектр ментальных состояний — от памяти и воли до воображения. Ментальные состояния, относящиеся к области сенсорного восприятия, представляют собой производные от деятельности пяти органов чувств, считающихся материальными, тогда как чисто ментальный опыт в значительной мере независим от физической основы.

Именно тренировке этого основного сознания, а не состояния, связанного с органами чувств, посвящены наши практики. В западной психологии пока вообще нет знаний об этом «основном сознании». Когда мы глубоко спим, пять видов сознания, связанные с органами чувств, практически бездействуют, однако «основное сознание» присутствует.

— Среди западных исследователей мозга, психологов, философов нет согласия в определении «сознания», что именно подразумевается под этим понятием...

— Западные философия и наука в целом имеют тенденцию объяснять сознание исключительно в понятиях, относящихся к процессам функционирования мозга. Этот редукционистский подход сводит природу и само существование ума к материи. Некоторым ученым ум видится в понятиях компьютерной модели, чем-то похожим на искусственный интеллект. Однако, как мне известно, в современной нейрофизиологии обсуждается вопрос: представляют ли собой ум и сознание нечто большее,

В тибетской буддистской традиции есть знания по космологии, а также нейробиологии, особенно в разделе медицины. Но из диалогов с современными учеными мы почерпнули для себя много нового. Что же касается квантовой физики, то тут нам, пожалуй, известно больше, чем современной науке.

нежели простой результат деятельности мозга, и выходят ли восприятие и эмоции за рамки химических реакций? До какой степени мир субъективного опыта зависит от вещества мозга и особенностей его работы? Эта зависимость должна до какой-то степени существовать, но абсолютна ли она?

Я думаю, до конца XX в. ученые исследовали только мозг и нейронные связи, полагая, что к ним и сводится сознание. Но ближе к концу прошлого столетия они экспериментально обнаружили, что, например, в результате медитации в мозге происходят серьезные изменения, и было открыто явление, которое называется «нейропластичность». То есть «тренировка сознания» приводит к видимым изменениям в мозге. И сегодня многие западные исследователи соглашаются с тем, что существует нечто, способное оказывать влияние на мозг.

И все-таки научное оборудование, методы научного исследования последнего десятилетия поистине восхищают, однако что касается научных открытий современной западной науки, то в них для нас, поверьте, нет ничего нового.

— И все-таки вы поощряете монахов участвовать в электрофизиологических исследованиях в состоянии медитации. Принесли ли эти эксперименты что-то новое для буддийской науки? Что лично вам хотелось бы узнать о себе с помощью инструментов западной науки?

— Западным ученым, исследующим мозг, эти эксперименты принесли новые знания. Нам же — не знаю... Думаю, нужно проводить больше исследований. Во время наших дебатов с российскими учеными здесь, в Дхарамсале, один из них предложил привезти сюда оборудование, довольно объемное. Сегодня, когда на Востоке, на Западе, в Америке, Европе, даже в Китае и, конечно, в России многие ученые высказывают заинтересованность в диалоге, я думаю, наша работа не должна ограничиваться единичными

встречами. Потому считаю эту идею доставки в Дхарамсалу научного оборудования очень важной. Мы могли бы в конечном итоге создать здесь лабораторию, заручиться сотрудничеством со стороны какого-нибудь института, университета в Дели, чтобы исследовать некоторых практикующих отшельников. Многие из них круглый год проводят в заснеженных горах. Они обладают способностью развивать внутреннее тепло. Я с большим интересом встретился бы с такими созерцателями. Это общие практики, они существуют у индуистов, буддистов, джайнов, и я всерьез задумываюсь о том, чтобы в какой-то момент устроить встречу с индийскими духовными лидерами, в том числе с очень опытными практикующими. Нам будет что обсудить. Традиция выполнения подобных практик существует и у тибетцев.

В самые холодные зимние дни практикующие остаются полностью обнаженными или одетыми в очень тонкие одежды. Ночью они берут отрез ткани, окунают в холодную воду, а затем оборачивают вокруг тела. Поднимается пар, ткань нагревается и в конце концов высыхает. Потом ее снова окунают в воду и снова оборачивают вокруг тела. И так на протяжении ночи — девять или десять часов — они меняют эту ткань по десять раз



Его Святейшество Далай-лама приветствует ученых в начале диалога, организованного в главном тибетском храме

за ночь. Таким образом, медитация способствует выработке того, что мы называем «внутреннее тепло», «кундалини». Кундалини вырабатывается здесь (*кладет руку на грудь*), а чандалини — вот тут (*показывает на голову*). Я встречал одного монаха, который силой своей медитации мог направить внутреннюю энергию через палец на кучку песка, и можно было наблюдать, как песок разлетается. Посредством глубокой медитации можно обрести большую способность контролировать энергию. Если эксперимент зафиксировать этот процесс, покажет, как это происходит, ученые получат совершенно новую информацию о сознании.

— Что это даст людям? В западной науке эксперимент часто проводится для получения результата, ради самого знания. Но буддистские ученые пытаются постичь взаимосвязь, последствия.

— Способность управлять эмоциями. Ведь настоящий источник и силы, и проблем для человека — это сознание, а не тело. Если мы не знаем, что такое сознание, как мы сможем справиться с разрушительными эмоциями? Их не победить с помощью оружия или водки. Разрушительным эмоциям нужно противопоставить феномен той же природы — эмоции, но опираясь на логику, на понимание действительности.

Я считаю, что все проблемы и современной западной цивилизации и отдельного ее человека происходят от неумения управлять эмоциями. Если мы скажем, что сострадание важно, потому что так учили Будда или Иисус Христос, или Мухаммед, то люди от этого просто отмахнутся. И даже если мы пригрозим им за их прегрешения адом, они не сильно испугаются. Однако к мнению ученых люди прислушиваются. А сегодня данные научных изысканий свидетельствуют о том, что человеку от природы присуще сострадание. Как-то на встрече с учеными один из участников предложил нам посмотреть видео, иллюстрирующее этот тезис. В нем шестимесячному ребенку показывали мультфильм, в котором улыбающиеся дети играли друг с другом. И ребенок, глядя на экран, тоже улыбался и выражал радость. Затем тому же ребенку показали другой мультфильм, где двое детей ссорились, и он, глядя на экран, расстраивался. Это довольно убедительно.

Ученые-медики считают, что постоянные гнев и страх разрушают нашу иммунную систему,

тогда как сострадательный настрой ума полезен для здоровья. Говоря с людьми (в том числе и с детьми) о важности сострадания, мы должны прежде всего обращаться к их собственному опыту — к тому, что всем нравятся улыбки и не нравятся злые лица. Затем следует рассказывать, что в долгосрочной перспективе постоянные страх и гнев очень вредны для нашего здоровья, а сострадательный настрой ума, улыбка, наоборот полезны для здоровья и долголетия. Наилучшее условие для долголетия — покой ума.

Мы должны просвещать людей, рассказывать им о том, что ненасилие и следование светской этике отвечают их собственным интересам. Это нужно не для следующей жизни, нет. Возьмем, например, сон. Если в течение дня вы сохраняете душевную теплоту, то и сны вам будут сниться хорошие. А если днем вы испытываете сильный гнев или страх, то и во сне продолжите бояться и вам будут сниться кошмары.

Согласно древнеиндийской психологии, покой ума нарушают не внешние причины, а наши собственные отрицательные эмоции, гнев и страх. Гнев появляется из раздражения, а причина раздражения — страх. Страх порождается недоверием, которое в свою очередь возникает из крайнего эгоцентризма, отсутствия заботы о благе других и сосредоточения только на самом себе. Если мы проанализируем, есть ли польза от эгоцентризма, то увидим, что он очень вреден для здоровья. Чрезмерный эгоцентризм рождает страх, гнев и ненависть. А это в свою очередь создает множество проблем, нарушающих покой ума. Такова природа вещей. Эгоизм не полезен нам самим. Я часто говорю, что заботиться о себе совершенно необходимо. Но позаботиться о себе по настоящему можно, лишь проявив заботу о благе других, потому что мы общественные животные. Сегодня будущее каждого из нас зависит от всего семимиллиардного человечества. Позаботьтесь о человечестве, и это принесет вам самую большую пользу.

— А когда вы сами испытали самый сильный страх в жизни, с которым было трудно справиться?

— Это было ночью 17 марта 1959 г. До этого я по меньшей мере неделю пытался урегулировать последствия кризиса, разразившегося в Лхасе 10 марта. Я старался снизить напряженность, но все мои усилия были напрасны. День за днем,

Мы могли бы создать здесь лабораторию, заручиться сотрудничеством со стороны какого-нибудь института, университета в Дели, чтобы исследовать некоторых практикующих отшельников.

ночь за ночью в Лхасу прибывали все новые подразделения китайских солдат. Тибетцы были в отчаянии. И вот стало ясно, что не остается ничего другого, как бежать. Накануне китайцы обратились ко мне с просьбой указать, в каком именно помещении в Норбулинке, летней резиденции далай-лам, я буду жить, чтобы они могли меня защитить. Хотели ли они защитить меня на самом деле или, наоборот, им надо было знать мое место пребывания, чтобы точнее навести прицел, я не знаю. Так что 17 марта я решил бежать. Именно тогда, в ночь побега, я испытал сильный страх, я не знал, увижу ли следующий день. Мы должны были пройти мимо позиций китайских солдат. Ехали на лошадях и могли слышать на другом берегу реки разговоры китайских часовых, постарались по возможности приглушить звук лошадиных копыт и не зажигали огня.

Позже я вновь испытал не то чтобы страх, но серьезное беспокойство — во время встречи с Мао Цзэдуном.

— Как вы справились с этим чувством?

— Благодаря десятилетиям тренировки сознания, в соответствии со знаниями, накопленными традицией Наланды. Мне 82 года, и я могу по собственному опыту сказать, что тренировка сознания приносит свои плоды. Не следует ожидать немедленных результатов, но нужно упорно трудиться десятилетие за десятилетием. А самая важная из тренировок — это возвращение альтруизма. Как буддийский практикующий и ученик философской школы Наланды я знаю, что ничто не существует независимо. Примерно об этом же говорит и квантовая физика. Сегодня, после 50 с лишним лет практики, я вижу, насколько изменились мои эмоции. Это стало возможным благодаря, во-первых, развитию альтруизма, во-вторых, размышлениям об отсутствии независимого существования. Ничто не существует так, как это нам кажется. Сегодня некоторые ученые тоже говорят, что разрушительные эмоции во многом возникают из-за поверхностного взгляда на вещи. Один американский ученый, Аарон Бек (ему сейчас уже почти 100 лет), человек далекий от религии, который долгое время работал с пациентами, страдающими психическими заболеваниями, как-то поделился со мной выводом, к которому пришел. Он сказал, что когда человек испытывает гнев по отношению к кому-то,



Молодые буддийские ученые задают трудные вопросы

тот, на кого он гневается, кажется ему на 100% состоящим из отрицательных качеств. На самом же деле такое восприятие объекта гнева — на 90% следствие предвзятости нашего сознания.

Это полностью соответствует тому, что говорил и выдающийся индийский мыслитель Нагарджуна. Под действием гнева человек способен даже попытаться кого-то убить. Но через несколько часов отношение может поменяться, а через несколько лет эти люди станут добрыми друзьями. Такого не могло бы произойти, если бы отрицательные качества, приписываемые нами объекту нашего гнева, действительно были реальными. Подобные эмоции основаны на неоправданном преувеличении каких-то одних качеств, вытекающем из того, что мы видим лишь «видимость». Противоядием здесь служит более глубокое понимание реальности, размышления о том, что ничто не существует независимо. Эта практика — очень мощное средство против разрушительных эмоций. И если западная наука подтвердит со своей стороны эту мысль, мы получим сильное средство для образования, убеждения людей. Эти знания можно применять в жизни и получить результат.

Возможно, науке также предстоит чему-то научиться в результате знакомства со знанием о духовности, особенно в таких гуманитарных областях, как мораль или социология, но несомненно и то, что некоторые специфически научные разделы буддийской мысли, такие как древние космологические теории или устаревшие физические представления, должны быть пересмотрены в свете современных научных данных. ■

Беседовала Елена Кокурина

АСТРОФИЗИКА

ДЕТИ



В А К У У М А

О загадках вселенского масштаба и о том, какое среди них место занимает человек, мы беседовали с научным руководителем крупнейшей в России Специальной астрофизической обсерватории РАН (Карачаево-Черкесия), вице-президентом РАН, астрофизиком **Юрием Юрьевичем Балегой.**

— **Юрий Юрьевич, красота спасет мир, это известно всем. По-вашему, есть что-то красивее нашей Вселенной?**

— Поскольку мы знаем только нашу Вселенную, красивее ее для нас, безусловно, нет ничего. Но, может быть, есть много других вселенных. Сейчас физики склоняются к тому, что таких вселенных, как наша, бесконечно много. Но наша для нас уникальна.

Звезда в хозяйстве пригодится

— **Многие люди считают, что астрономия — абсолютно бесполезная наука. Ну что нам за прок от этих дальних звезд?**

— Я с ними согласен. Как и любая наука, астрономия совершенно бесполезна с точки зрения производства сиюминутных благ. Большинство обывателей считают, что все новое вокруг появляется ниоткуда, само по себе. На самом деле, для того чтобы что-то появилось, ученые несколько десятилетий или даже столетий назад сидели и занимались «бесполезной ерундой». По поводу астрономии приведу лишь два примера. Сейчас все снимают фото и видео не на пленку, а на цифру. Даже в самых простых сотовых телефонах есть цифровой фотоаппарат, в котором вместо пленки стоит ПЗС-матрица, небольшой кремниевый кристалл, который регистрирует изображение. Так вот, первыми эту технику внедрили в быт астрономы. Еще в 1991 г. я получил Государственную премию СССР за создание в 1980-х гг. «цифровых телевизионных средств для исследования предельно слабых астрономических объектов».

Второй пример — GPS. Мы все путешествуем по миру с навигаторами. С их помощью где угодно знаем свои координаты с точностью ± 3 м.

— **Это в гражданских приборах, а в тех, что, скажем так, специального назначения, погрешность не превышает 90 см.**

— Очень скоро специальные системы будут давать точность 2–3 см. При этом учитывается огромное количество данных и научных теорий, вплоть до теории относительности Эйнштейна. Если бы мы ее не учитывали, погрешность составила бы сотни метров. Но для того чтобы навигационные спутники давали точные координаты, они привязаны к далекому квазарам. Квазары — это ядра галактик, находящихся от нас на расстояниях в миллиарды световых лет. Настолько далеко, что они нам кажутся совершенно неподвижными.

— **Звезды ведь тоже неподвижны?**

— Отнюдь, наблюдаемые нами отдельные звезды достаточно близки, до них всего лишь десятки или сотни, максимум тысячи световых лет. Они движутся, и постепенно их координаты меняются. А вот квазары очень далеко. Для того чтобы мы заметили их движение, должны пройти тысячелетия.

— **То есть для нас это своего рода вселенские маяки?**

— Именно. И мы привязываем навигационные спутники к этим тысячам квазаров. Получается такая координатная сетка, в которой уже можно получить картинку положения любого объекта на поверхности нашей планеты и вокруг нее. И это только два примера того, как и где астрономия работает в нашей жизни. Можно привести еще один простой пример — термоядерные реакции, которые проходят в ядре Солнца. Сначала природу таких реакций, когда два ядра атома водорода сливаются в атом гелия с выделением энергии, благодаря которой мы живем, поняли и описали астрофизики. А уже потом были созданы ядерная и термоядерная бомбы, атомные электростанции и прочие абсолютно практические вещи. Так что физика и астрофизика очень нужны, они идут всегда впереди человечества. При этом мы никогда не гарантируем успеха. Мы можем заниматься какой-то проблемой бесконечно долго, и непонятно, приведут ли эти занятия когда-нибудь к практическим результатам.

— **То есть если занимаемся, результат может быть, а может и не быть. Но если не занимаемся — его гарантированно не будет.**

— Например, темная энергия. Мы даже пока не знаем, что это такое, знаем только, как она влияет на нашу Вселенную. Дадут ли работы в этой области практический результат? Если дадут, то когда? Мы не знаем. Это может быть завтра, через сто лет, а может и через миллион лет. Но этим кто-то должен заниматься уже сейчас, обязательно должна быть небольшая прослойка людей — исследователей, ученых, научных работников, — которые будут разбирать эту «ненужную ерунду». Только тогда человечество будет двигаться вперед.

— **Получается, что астрономия — это авангардная наука, которая за собой все подтягивает?**

— Абсолютно правильно.

Что луч грядущий нам готовит?

— **Настоящий специалист, как известно, должен знать немного обо всем и все о немногом. Говорят, вы знаете все о кратных звездных системах, о двойных звездах, тройных, четверных... Какая из систем вам кажется наиболее интересной?**

— Я могу об этом говорить бесконечно, потому что их очень много. Чрезвычайно интересна звезда Тета¹ Ориона С. В созвездии Ориона есть область активного звездообразования. Она недалеко от нас, примерно полторы тысячи световых лет. Это такой галактический роддом, где рождаются молодые звезды. И рождаются почему-то целыми группами и достаточно больших масс. Масса



Вице-президент РАН Ю.Ю. Балега

звезды, о которой я говорю, примерно в 35 раз больше, чем масса Солнца. Тета¹ очень молода, ей чуть больше миллиона лет.

— Когда она родилась, на Земле уже 60 млн лет как динозавры вымерли...

— Она горячая, у нее температура поверхности под 40 тыс. градусов (на Солнце — 6 тыс. градусов). И у нее есть спутник. В соответствии с законами Кеплера такие двойные звезды двигаются вокруг центра масс, который находится ближе к более массивной звезде. Наблюдая и изучая это движение, мы можем обе звезды «взвесить», сказать, сколько весит каждая из них. А определив массу звезды, мы можем рассказать о ней почти все. От чего зависит будущее человека? От его предков, наличия у него связей, денег. А у звезды все определяется массой. Такая большая, массивная звезда, как Тета¹, будет жить очень мало, всего лишь еще миллион лет, максимум — два миллиона. Дальше она взорвется, как сверхновая, и превратится в черную дыру.

Маленькая звезда типа нашего Солнца медленно сжигает свой водород, а потому живет, не торопясь, десять и даже больше миллиардов лет, постепенно превращаясь сначала в красного гиганта, а потом в белого карлика размером с нашу Землю. А красные карлики, которые еще меньше, чем Солнце, вообще живут почти бесконечно долго, как Вселенная.

Так вот, изучая звезду Тета¹, мы получили уникальные характеристики ее двойной системы. У нее магнитное поле, у нее в плоскости экватора падение веществ, это беспрецедентная космическая лаборатория, которая дает физикам потрясающее количество информации. И это лишь одна из таких загадочных звезд, которую мы сейчас активно изучаем вместе с немецкими и французскими коллегами в нашей обсерватории.

— Полагаю, когда она взорвется, а миллион лет по космическим меркам почти ничто, это будет эффектно. Слова богу, мы от нее далеко...

— Не стоит обольщаться, это не так и далеко. Диаметр нашей галактики — примерно 100 тыс. световых лет, так что в галактических масштабах Тета¹ от нас достаточно близко. При взрыве сверхновой происходит так называемый гамма-всплеск, при котором образуются два противоположно направленных джета, пучка жесткого гамма-излучения. Всякая возможная жизнь на близких, в пределах нескольких десятков световых лет, объектах, которые попадут в такой пучок, будет безусловно уничтожена. Вы правы, в этом плане Тета¹ — достаточно далекий объект. Тем не менее если мы попадем в этот джет, будет не очень приятно. Но у нас есть и более опасные кандидаты на такой взрыв. Например, тоже в Орионе, звезда Бетельгейзе, красный сверхгигант. Она разбухла, у нее размеры в 300–350 раз больше, чем размеры

Солнца, и она уже условно холодная, всего 3 тыс. градусов. Бетельгейзе вот-вот взорвется как сверхновая звезда. И если мы попадаем в конус ее излучения, думаю, последствия для нашей цивилизации могут быть достаточно катастрофичными.

— **И когда это может произойти? Сколько нам еще жить осталось?**

— Никто вам не скажет. Это может произойти сегодня, через минуту, может через сто лет, через тысячу, через десять тысяч лет.

— **Десять тысяч лет — это не скоро.**

— Для историка — не скоро, а для астронома — это прямо вот-вот, на пороге. Бетельгейзе уже находится на стадии неустойчивости, там водород весь выгорел, и теперь вся ее огромная масса должна схлопнуться к ядру. И тогда произойдет взрыв сверхновой. Это очень редкие явления во Вселенной, но очень эффектные. Звезда в это короткое время взрыва излучает энергию почти как все звезды Галактики вместе взятые.

Десять загадок

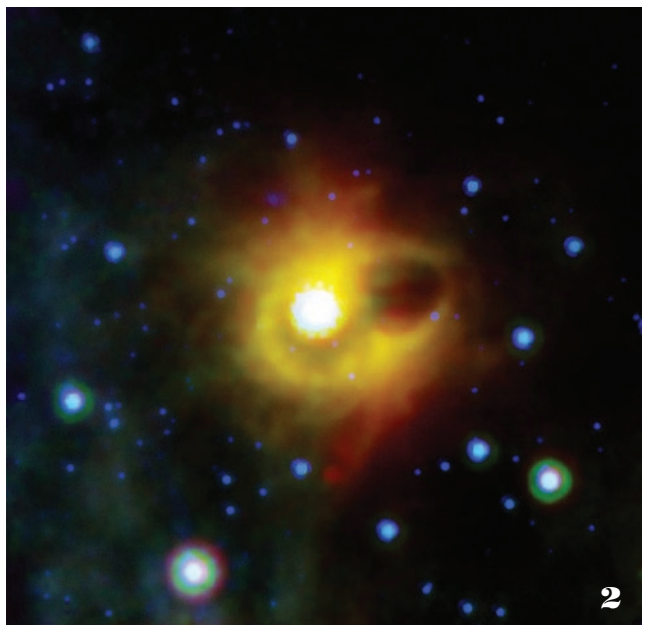
— **Я нашел в интернете список из десяти самых загадочных астрономических объектов и явлений. Давайте сделаем небольшой рейтинг, поставим каждому от одного до десяти баллов по мере роста загадочности и уменьшения объяснимости. Первая загадка — движущиеся звезды, которые летят сквозь галактику с огромными скоростями. Мы можем это объяснить?**

— Здесь вообще нет ничего загадочного или странного. Многие звезды покидают свои «населенные места», свои галактики и могут двигаться даже просто в межгалактическом пространстве, это вполне реальные вещи. Такие «блуждающие» звезды, а также газовые или газопылевые облака могут сталкиваться с галактикой, пролетать через нее, вызывать какие-то явления. Например, пояс Гулда, в котором находится наше Солнце, как полагают, тоже возник в результате столкновения газового облака с диском нашей галактики.

— **То есть так себе загадка, на единичку. Пойдем дальше. Второе, черные дыры. Насколько их природа сейчас загадочна для науки?**

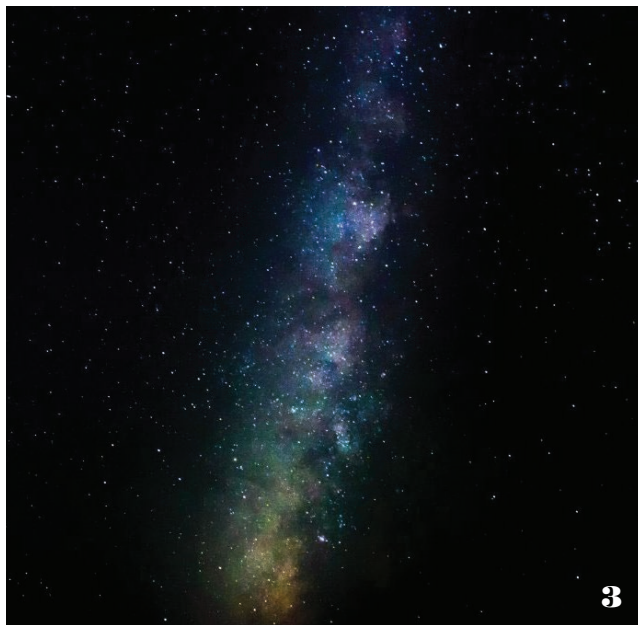
— Особенной загадки для ученого здесь нет, это сложно понять обычному неподготовленному человеческому восприятию: как огромный объект, целая звезда, может сколлапсировать в почти точечное состояние. Но это объекты, существование которых подтверждено. Мы знаем, что в центре нашей Галактики находится черная дыра в 4,6 млн солнечных масс. Но мы не можем ее увидеть, потому что она находится в коконе газа и пыли.

— **Значит, троечка. Третье — магнетары, магнитное поле которых в миллион миллиардов раз сильнее земного, — насколько это загадочно?**



Тета¹ Ориона С очень молода, ей чуть больше миллиона лет (1); магнетар SGR 1900 (2); астрономы придумали методику для измерения количества темной материи в центре карликовых галактик (3)

— Тоже ничего необычного. Это нейтронные звезды с действительно огромными магнитными полями. Несмотря на крохотные размеры, буквально несколько десятков километров в диаметре, мы их прекрасно наблюдаем, их реальное существование подтверждено. Нам известно несколько десятков, кроме того, есть множество кандидатов на звание магнетара. Тут большой загадки нет. Хотя, конечно, обычного человека его характеристики не могут не впечатлять. Так, если Солнце, вращаясь, делает один оборот вокруг



Мы уже много знаем о темной материи, видим, где она находится, где ее много, понимаем, как она влияет на обычную нашу материю, знаем, что ее примерно в пять раз больше, чем видимой материи. Мы ее уже чувствуем, но пока не понимаем, что это

своей оси за 25 дней, то некоторые магнетары крутятся со скоростью несколько оборотов в секунду. А горошина, сделанная из вещества магнетара, будет весить сотни миллионов тонн.

— **Понятно, учитывая, что это нейтронная звезда, а значит, она состоит из спрессованных нейтронов. Поставим четверку и пойдем дальше. Четвертое — есть ли что-то загадочное в нейтринно?**

— Тут тоже не о чем особо говорить. Это частицы, которые известны нам десятки лет. Мы знаем, как они рождаются, как преобразуются из одной формы в другую, из одного состояния в другое. Это обычные объекты, которые и в нашем Солнце рождаются в результате термоядерных реакций. Людям кажется удивительным, что они

почти беспрепятственно пролетают через любые преграды, но для ученых это странности не представляет. Мы-то знаем, что на микроуровне наша материя совсем не такая плотная, как кажется, и что между составляющими ее частицами — огромные расстояния, так что пролететь через них маленькому и не обладающему зарядом нейтрину не составляет никакой сложности. Так что и тут загадки нет.

— **Понятно, двойка. Пятое — что скажете о темной материи?**

— На мой взгляд, в ближайшие десятилетия ее тайна должна быть разгадана. Пока непонятно, то ли это нейтринно, то ли очень массивные, но слабо взаимодействующие частицы, то ли еще что-то. Но мы уже много о ней знаем, видим, где она находится, где ее много, понимаем, как она влияет на обычную нашу материю, знаем, что ее примерно в пять раз больше, чем видимой материи. Мы ее уже чувствуем, но пока не понимаем, что это.

— **Играем с ней в жмурки?**

— Понимаете, есть неожиданные открытия. Открытие факта существования темной материи было достаточно неожиданным. Была загадка, мы видели, что есть нечто, что влияет на движение галактик. В галактическом скоплении Кома более тысячи галактик. Они движутся, и мы чувствовали, что это движение происходит под влиянием еще какой-то материи, которая нам не видна.

— **Как мы можем это чувствовать?**

— Представьте себе совершенно темную комнату. Там много людей. У некоторых маленькая лампочка на лбу, этих вы видите. Но у большинства лампочки нет, однако вы их чувствуете, поскольку они вас толкают. Так же мы видим по движению галактик, что нечто влияет на их движение. Это обнаружили довольно давно, еще в 1950-е гг. Но тогда ни о какой темной материи речи не шло.

— **Искали какой-нибудь сверхмассивный и сверхневидимый объект типа черной дыры?**

— Сейчас мы про темную материю знаем. Мы знаем, что она есть даже здесь, в этой комнате, вокруг нас, просто здесь ее плотность мала. Но в масштабах Вселенной она доминирующая, ее больше, чем видимой материи, чем звезд, чем галактик и т.д. Открытие самой темной материи было неожиданным, его сложно было предсказать. А вот открытие природы темной материи будет уже открытием ожидаемым.

— **Поставим пятерку. Шестое — темная энергия.**

— Вот это уже реальная загадка. Такая, что многие астрономы до сих пор не верят, что она существует. Первыми экспериментами, которые привели к обнаружению темной энергии, было наблюдение за вспышками сверхновых звезд на огромных, космологических расстояниях, в других галактиках. По этим вспышкам промерили расстояния



Кеплер-186f — первая обнаруженная каменная экзопланета, расположенная в обитаемом поясе — на таком расстоянии от звезды, на котором возможно существование воды в жидком состоянии

во Вселенной и поняли, что ее расширение не тормозится, как это должно было бы быть, а напротив, идет с ускорением. Как будто кто-то нашу Вселенную искусственно расталкивает. Сейчас мы знаем, что этот «кто-то» — темная энергия, которая доминирует и над обычной энергией, и над материей, и темной, и обычной. Но 5% или 10% астрономов до сих пор считают, что это фальшивые эффекты и они могут быть объяснены другими причинами. Так что тут мы действительно пока вообще ничего не понимаем.

— Теоретики объяснений не дают?

— Теоретики могут объяснить вообще все что угодно. Они придумывают некие слова, и вот вам, пожалуйста, — расширение пространства, времени, все нормально. Они подстраиваются под любые явления. Но суть физики — не теория, а эксперимент, практика, когда ты можешь пощупать результат и этим результатом подтвердить теорию. Теорий может быть много, правильная — только одна, и только эксперимент может ее выявить среди других.

— Раз есть хоть какие-то теории, поставим девять баллов. Пойдем дальше. Седьмое — почему-то в списке загадочных объектов числятся такие, с моей точки зрения, заурядные, как планеты...

— Насчет заурядности позвольте с вами не согласиться, загадки тут действительно есть. Сейчас нам известно более 5 тыс. планет и экзопланет,

то есть планет у других звезд. Кандидатов еще больше, более десятка тысяч. Можно сказать, планетные системы есть практически у всех звезд, возможно, у всех. При рождении звезды из огромного облака газа при его сжатии образуется протопланетный диск, в котором позже формируются планеты.

Перед нами на сегодня стоит такая загадка. У большинства звезд, у которых мы нашли планеты, газовые планеты-гиганты, вроде нашего Юпитера, находятся не на больших расстояниях, как у нас, а рядом с главной звездой. И таких примеров очень много. Это не очень понятно. С Солнечной системой все ясно, вот родилась звезда, она своим излучением сдувает все вокруг себя. При этом чем легче элемент, тем дальше он улетает. Водород и гелий — легкие газы, улетели далеко и там, вдали, образовали газовые планеты-гиганты. А тяжелые элементы — пыль, частицы — образовали каменные планеты типа Земли, Марса или Венеры здесь, вблизи от Солнца. Но наблюдения показывают, что наша система — скорее исключение из правил и чаще все происходит наоборот. Почему — пока загадка. Так что здесь все не так заурядно, как вам кажется..

— То есть более или менее понятно, но есть нюансы, потому — четверка. Идем дальше. Восьмое в списке по загадочности — гравитация. Можем мы сказать, что хотя бы примерно знаем ее природу и механизм действия?

Жизнь — рядовое, рутинное явление в нашей Галактике и во Вселенной. Она рождается, принимая самые разные формы, и исчезает. В ближайших газовых облаках, в том же Орионе, мы находим очень сложные органические молекулы, сахара, спирты. То есть там уже все есть для рождения жизни

— Гравитация, если ее брать в бытовом понимании, это, естественно, законы всемирного притяжения Ньютона, которые нам хорошо известны. Нам понятно, что все материальные тела взаимодействуют через гравитацию, и мы знаем, как именно они взаимодействуют. Но вот природа гравитации, обмен частицами, которые за нее отвечают, — это довольно сложно. Не все разделяют эти теории, существует много альтернативных версий.

— Тогда оценим загадочность на семь баллов и пойдем дальше. Девятое, немного в сторону от астрономии. Насколько загадочное явление во Вселенной — жизнь?

— Это безусловная загадка. В подтверждение часто приводят слова Канта: «Две вещи не перестают приводить меня в изумление — звездное небо над головой и нравственный закон внутри нас». Скорее всего, жизнь — рядовое, рутинное явление в нашей Галактике и во Вселенной. Она рождается, принимая самые разные формы, и исчезает. В ближайших газовых облаках, в том же Орионе, мы находим очень сложные органические молекулы, сахара, спирты. То есть там уже все есть для рождения жизни.

— Но органические молекулы — все-таки еще не жизнь...

— Человек — такое существо, которое любит прежде всего себя самого, потом своих родственников, потом друзей, потом уже свой народ, свою страну, свою планету — и пытается все подстроить под себя. Наше мировоззрение в этом смысле достаточно примитивно и убого. Мы пытаемся найти во Вселенной жизнь, очень похожую на нашу,

отсюда вся эта философия поиска инопланетян, пришельцев, всякой чепухи, которая к науке отношения не имеет.

— Вы не верите в инопланетян?

— Поймите, вот наша Земля, жизнь на ней в том виде, о котором вы думаете, разумная и цивилизованная, родилась совсем недавно. Мы же себя сейчас считаем вершиной творения, мы настолько умны, что можем уничтожить собственную планету, сжигая леса, губя природу, убивая друг друга в войнах и прочих конфликтах. Вот насколько мы умны! Но время жизни такой человекоподобной цивилизации — мгновение в жизни звезды. Наша цивилизация появилась пусть 50 тыс. лет назад, она достигла определенной технической стадии. А потом взяла — и исчезла.

— Почему исчезла?

— Причин может быть много. Самоуничтожилась в ядерной войне, астероид планету поцеловал, гамма-всплеск, о котором мы говорили, ее накрыл, результат один: была цивилизация — и нет ее. Пусть она просуществовала 100 тыс. лет — это мгновение в жизни звезды, которая живет в 100 тыс. раз дольше. Вот на одной звезде такая цивилизация появилась и исчезла, на другой звезде со сходными условиями тоже появилась и исчезла, но это не может произойти синхронно. Разрыв между ними может составлять миллионы лет.

— А если повезет и цивилизации возникнут почти одновременно?

— Тут ключевое слово «почти». Астрономы XIX в., наблюдая Марс, разглядели на нем прямые линии, очень похожие на искусственные каналы, и сразу сделали вывод о том, что на Красной планете кипит разумная жизнь. Потом это все оказалось следствием плохой оптики, но некоторое время идея налаживания связи с марсианами была очень популярна не только у фантастов,



Изображения марсианских каньонов, известных как долины Маринера, получены в декабре 2013 г. с помощью межпланетной исследовательской станции Mars Express

но и у серьезных ученых. Астрономы предлагали зажигать на Земле гигантскими треугольниками огромные костры, чтобы марсиане их увидели и поняли, что на соседней Земле тоже живут разумные существа. Это было всего два века назад. За это время средства связи, как нам кажется, сильно шагнули вперед. Мы научились передавать радиосигналы, у нас появились лазеры, мы отправляем к ближайшим планетам космические аппараты. Нам кажется, что это вершина технического прогресса, и нам трудно признать, что для цивилизации, обогнавшей нас всего на смешную для Вселенной тысячу лет, наши радио и лазеры могут казаться такими же примитивными средствами связи, какими нам кажутся теперь те старые костры.

Цивилизации появляются и исчезают. Во Вселенной ничто не вечно, и мы тут не исключение, как бы нам ни хотелось обратного. Мы исчезнем так же, как и все живое исчезает и появляется. И говорить о пришельцах, о контакте с ними не стоит: никаких пришельцев у нас не было, нет и не будет. Мы никогда ничего этого не видели и не увидим. К сожалению или к счастью — это другой вопрос. Но сама жизнь во Вселенной — на мой взгляд, обычное явление, результат эволюции материи, некая форма ее самоорганизации. И вместе с тем это большая загадка, на которую вам ни один человек в мире не ответит.

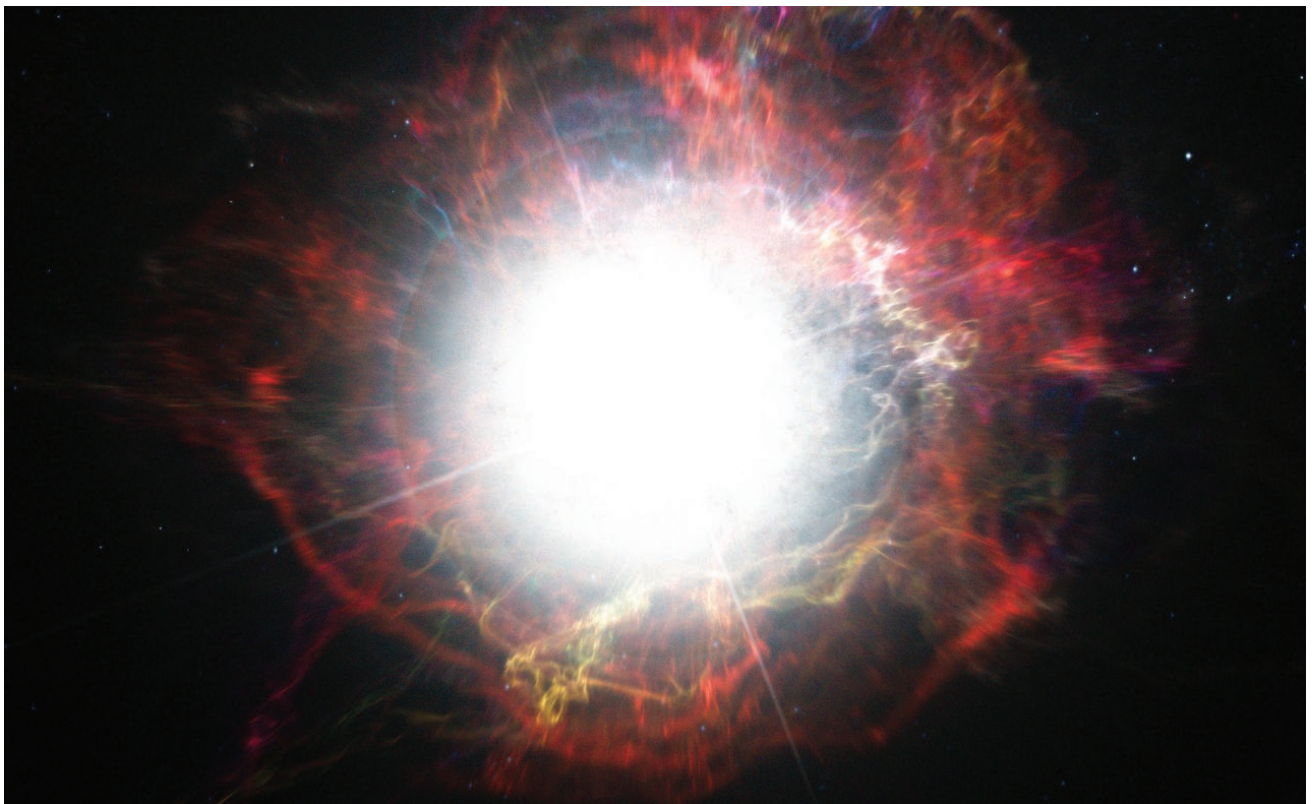
— Даже оценивать не буду. И самая загадочная загадка — наша Вселенная. Можем ли мы сказать, что хотя бы примерно представляем, как она получилась и во что в конце концов уйдет?

— Мы можем описать рождение нашей Вселенной с высочайшей точностью, вплоть до самых первых мгновений. Родилась она из вакуума.

— Из пустоты?

— Вакуум — не пустота, он имеет энергию, случайные флуктуации которой приводят к тому, что из этой энергии рождается материя, вещество. Из этого вакуума мы родились и в этот вакуум спустя многие миллиарды лет опять превратимся. Все распадается, даже протон, одна из наших составных частичек, тоже распадется, все развалится. 13,68 млрд лет назад Вселенная родилась из точки. Она сначала была сверхгорячим, огнедышащим шаром, в котором из-за высоких температур даже атомы не могли образоваться, все было замешено в одну кашу. Примерно через 380 тыс. лет появились первые, самые простые атомы водорода. Спустя уже миллионы лет родились первые звезды. Они были, по-видимому, очень массивными, в 100, в 1 тыс. раз больше, чем наше Солнце. Жизнь их из-за этого была очень коротка.

— Выходит, ожирение не только для человека опасно, но и для звезды...



Сверхновая в момент взрыва может светить в триллионы раз ярче нашего Солнца

При сгорании обычных звезд типа Солнца появляются элементы вплоть до железа. Более тяжелые возникают уже при взрывах сверхновых звезд. Смерть старых звезд породила жизнь новых. И не только звезд, она породила вообще новый виток жизни: благодаря ей появились планеты, биологические объекты, мы с вами

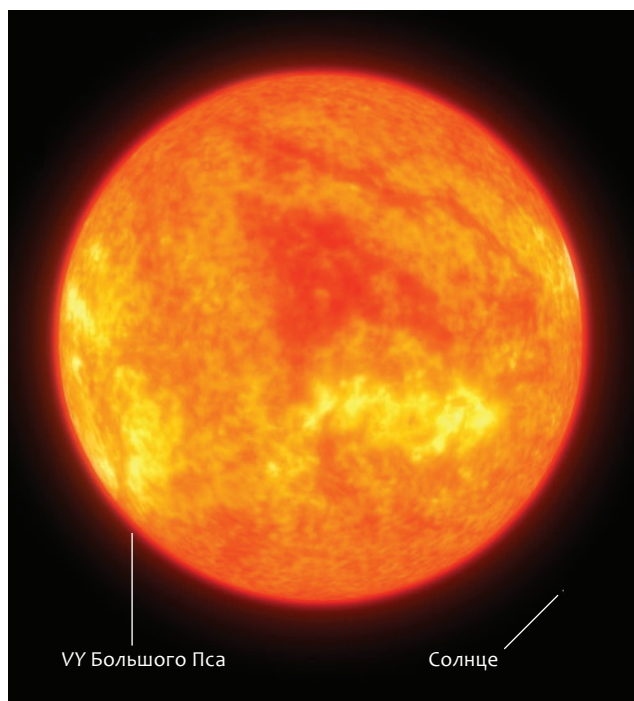
— Они быстро выгорали и взрывались сверхновыми, оставляя после себя первые черные дыры. Но у них в ядрах, где шли термоядерные реакции, уже рождались тяжелые элементы, из которых теперь состоим в том числе и мы с вами.

— Мы состоим из вещества, родившегося в недрах взорвавшихся звезд?

— Именно. Я, вы, воздух, которым мы дышим, и все, что мы вокруг видим, состоит из атомов, рожденных в ядрах давно погибших звезд. Это не загадка уже, но это то, что волнует воображение. Атомы, из которых вы состоите, горели когда-то в термоядерном аду, в ядре другой звезды, которая погибла миллиарды лет назад. Она взорвалась и этим дала импульс дальнейшей эволюции Вселенной, обогатила ее более тяжелыми элементами. При сгорании обычных звезд типа Солнца появляются элементы вплоть до железа. Более тяжелые возникают уже при взрывах сверхновых звезд. Все эти атомы, этот прах умерших звезд, разлетелись по Вселенной, перемешались с водородом, которого в миллионы раз больше, и из этой смеси родились уже другие звезды, в том числе наше Солнце. Смерть старых звезд породила жизнь звезд новых. И не только звезд, она породила вообще новый виток жизни: благодаря ей появились планеты, биологические объекты, мы с вами.

— А вместе с нами появились разум, искусство, культура... Получается, что прелюдия и fuga до мажор Баха родились в недрах умирающей звезды?

— Умирающих звезд. В этом красота человека. Когда вам говорят, что мы пришли из ничего, — это правда, мы родились из вакуума. Мы были



Звезда VY Большого Пса массивнее Солнца почти в 25 раз, а ее диаметр больше диаметра нашего светила в 1420 раз. Для корректного отображения относительных размеров двух звезд VY Большого Пса на фотографии должна быть в 3,5 раза больше.

звездами, вместе с ними умерли и благодаря этой смерти вновь воскресли. Уже как разумные существа. Через некоторое время мы вновь превратимся в вакуум, поэтому сейчас нам надо использовать короткий промежуток времени, в котором мы живем, чтобы прожить интересно и в то же время не принести вреда нашему дому, нашей планете, которая представляет собой поистине уникальное явление во Вселенной. Я бы по вашей шкале поставил бы Земле десять баллов. По крайней мере, мы ничего похожего пока не нашли. Так что, изучая далекие планеты и еще более далекие звезды, астрономия на самом деле учит нас беречь то, что нам близко и что дало нам жизнь: нашу Землю, природу, человечество. И вместе с тем — двигаться вперед, познавать мир. Это очень важно, и если мы этого не поймем, то останемся в истории Вселенной всего лишь случайным сочетанием атомов, которое пришло, прожило свой короткий век, проело все что можно, уничтожило все, что нельзя было проесть, и на этом закончило свое существование. Только в том случае, если мы будем не уничтожать, а создавать, не разрушать, а защищать, не убивать, а воскрешать, только тогда мы, быть может, действительно станем достойны самолично присвоенного титула «венец творения». ■

Беседовал Валерий Чумаков

ГИНЕКОЛОГИЯ

Академик

Владислав Краснополюский:

«Акушерство — это две жизни»

Владислав Иванович Краснополюский — обладатель множества почетных званий и наград. Он лауреат премии Правительства Российской Федерации за разработку и внедрение в практику эндоскопических методов в гинекологии, заслуженный врач России. Награжден орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени.

В течение 30 лет возглавлял Московский областной научно-исследовательский институт акушерства и гинекологии, а сейчас — его президент. Пришел он в эти стены молодым выпускником медицинского института и с тех пор места работы никогда не менял, храня верность альма-матер. Преданность — вообще одно из его любимых слов. Преданность своему институту, Московской области, которую изъездил вдоль и поперек, своей стране, семье, пациентам...

Наш двухчасовой разговор получился обо всем — о науке и о жизни, о том, с каким трудом рождались некоторые разработки и новые методики, впоследствии спасшие множество женских и детских жизней; о том, почему сегодня так остро не хватает профессионалов и почему дочери ничем не хуже, чем сыновья.





1 июля академику В.И. Краснопольскому исполняется 80 лет

Я говорю: какой акушер-гинеколог, я хирург! И он объяснил мне, что из многочисленных граней хирургии гинекология, акушерство — это куда более ответственно, поскольку не одна, а две жизни, матери и новорожденного, и они зачастую зависят от тебя.

Так или иначе, но со скрипом я тем не менее пришел сюда в ординатуру. И потом, надо сказать, ни разу об этом не пожалел. Окончил и остался в гинекологии, а потом попал в отделение онкогинекологии. А в то время общей клиникой заведовал Е.Е. Гиговский, блестящий онкогинеколог, но не без определенных, так сказать, профессиональных изъянов. Как я сейчас понимаю, к таковым относилась беспечность, а иногда, может быть, страдала оценка целесообразности операции. Но он одним из первых в стране

— Владислав Иванович, давайте вспомним, как в 1961 г., окончив Второй медицинский институт, вы впервые пришли в стены Московского областного научно-исследовательского института акушерства и гинекологии, одного из старейших учреждений Москвы, возникшего еще в начале прошлого века. Что вы здесь увидели?

— Я считаю, что у меня счастливо сложилась жизнь, хотя, учась в медицинском институте, я никогда не видел себя акушером-гинекологом. Я мечтал стать только хирургом. Других вариантов просто не было. И начиная с четвертого курса я стал дежурить с различными, как потом выяснилось, крупными известными хирургами, такими как академик В.С. Савельев. Он научил меня многим из общехирургических принципов. Первая градская, где я работал, всегда была скорпомощной больницей, работы всегда было много, и уже к шестому курсу я самостоятельно делал некоторые несложные операции, в том числе мне нужно было уметь оперировать внематочную беременность.

Соответственно, я дежурил и с гинекологом, он вел нашу группу. Прекрасный хирург В.И. Ельцов. Он ко мне очень тепло относился, к тому же имя и отчество у нас почти совпадали.

Заканчиваю институт, и тут происходит знаменательное событие: второй профессор кафедры А.В. Ланкевич, мой учитель, акушер, перед которым я преклонялся, поскольку он был необыкновенно интересный и широко эрудированный человек, зовет меня сюда в ординатуру. В МОНИИАГ он переходил заместителем директора по науке. Сюда же он пригласил В.И. Ельцова заведовать гинекологическим отделением.

сделал операции на влагалище при его отсутствии из сигмовидной кишки. Женщины шли на эту операцию, хотя понимали, что это рискованно.

— Они жили с колостомами?

— Нет, это не требовалось — он сразу сшивал кишку. И в этом был определенный минус, потому что толстокишечный анастомоз часто был несостоятельным и женщины погибали от перитонита. Психологически все это было очень тяжело. Мы круглосуточно выхаживали этих больных. Это бессонные ночи, мы менялись друг с другом через сутки, и все было наполнено страданием и болью этих женщин. Это была работа на износ.

— Уставали?

— Уставал. Но, с другой стороны, я совершенно четко представлял свое место в этом сочетании «больной — врач». Я должен был выхаживать этих женщин, ни с чем не мириться, не ныть, не жаловаться на жизнь. У меня не возникало никаких сомнений, что надо так, а не иначе.

— У вас так это и осталось на всю жизнь?

— Да, это стало нормой моего отношения к больным. Это очень важно — на ранних, узловых этапах формирования врача понять главное, основополагающее в профессии. Потом я считал для себя нормой такое поведение в жизни. Мне много потом пришлось испытать, когда я стал старшим научным сотрудником, а потом возглавил клинику оперативной гинекологии. Мне было всего 32 года. Это была в основном онкология. Я не оставлял идею научиться формировать искусственное влагалище, но более безопасным методом — из заднего свода.

— Это ваша разработка?

— Это разработка нашего отечественного гинеколога М.И. Ксидо, а мы предложенную им методику довели до реально безопасного вмешательства. Это были совершенно другие результаты, другое восстановление, и я не просто учился сам, а учились все мы — вся наша клиника. Операцию делали сначала в три этапа, потом в два и в конце концов одномоментно.

— Знаю, вы изобрели саморассасывающийся шовный материал?

— Да, это были уже 1990-е гг., когда мы впали в полную нищету. Пришлось изобретать от безыходности. Ну не нитками же шить... У нас и патент на это есть, и этот материал до сих пор выпускается и используется.

— Чем запомнился период, когда вы были директором гинекологической клиники института?

— Это целый этап жизни. Я постоянно вспоминаю директора нашего института О.Д. Марципанову, которая поверила в меня. Она вызывает у меня колоссальные симпатии. Особенно они усилились, когда мы, молодые врачи, узнали от наших старых профессоров, которые с ней работали давно, как во время войны она переехала с институтом в Самару и как они там выживали в самые тяжелые годы. Откуда-то достала корову и поддерживала сотрудников, чтобы они не голодали. Наши старые профессора на нее молились, потому что она просто им сохранила жизнь. Именно она не побоялась меня поставить на столь ответственную должность, хотя я был очень молод. Я старался ее не подвести, двигался, рос. Доверие — это очень важно.

В 1973 г. в Москве проходил Всемирный конгресс акушеров-гинекологов. Это небывалая история. Там была организована медицинская выставка, и мне поручили ее формировать и руководить ее работой. Это была большая ответственность. Все прошло хорошо, и в результате институт получил возможность один аппарат УЗИ, диковинку по тем временам, забрать к себе.

Аппарат был немецкий. Когда я посмотрел на его работу, мне очень понравилось, сразу представилось, что за этим аппаратом и методом будущее. Хотя, надо сказать, далеко не у всех в институте это вызвало восторг. Многие мне выговаривали: зачем ты это приволок? Что это еще такое?

Тем не менее мы на нем стали работать, чему-то научились. Техника совершенствовалась, появлялся опыт, и потом я испытывал определенное чувство гордости: мы были одними из первых!

— В 1964 г. у вас родилась первая дочь. Вы уже знали пол будущего ребенка?

— Нет, не знал. Ведь тогда прибора УЗИ у нас еще не было. А я хотел сына. И вот жена родила, мне позвонили, говорят: «Владислав Иванович, приходите, посмотрите...»

— На вашего мальчика?



С президентом В.В. Путиным во время вручения премии Правительства РФ

— Да, примерно так и сказали. И вот прихожу, а девочки-акушерки выложили, как сейчас помню, десять завернутых новорожденных младенцев!

— Зачем так много?

— Столько в эту ночь родилось. Выбирайте, говорят! Они все чистенькие, аккуратненькие лежат. Я смотрю на них, улыбаюсь, потом думаю — ну вот пусть эта будет. Говорю: эту беру. И точно — это была моя Ксюша.

— Была на вас похожа?

— Не знаю. Не могу это объяснить. Но попал с первого раза.

— Ну а со вторым ребенком вы провели УЗИ-обследование?

— Да, провели. И опять дочка!

— Расстроились?

— Однажды мой приятель, которому я с тоской в голосе рассказывал, что у меня две дочки, говорит: «Что ты переживаешь? Зато все внуки твой». В жизни оказалось именно так. И я, конечно, их обожаю.

— А дочери к тому же пошли по вашим стопам — обе стали акушерами-гинекологами.

— Младшая дочь находится где-то на середине пути, готовится к защите докторской. А старшая, Ксения Краснопольская, на сегодня одна из лучших, если не самый продвинутый репродуктолог в нашей стране.

— Это вы ее научили профессии?

— Ни в коем случае! Никогда им ничего не навязывал, не уговаривал. Это их выбор. Ксения в эту специальность погрузилась, причем изначально она стажировалась в *Bourn Hall* — английской клинике, где был получен первый ребенок из пробирки.

— Владислав Иванович, помимо того что вы воспитали замечательных дочек, чем гордитесь из своих научных достижений?

— Не могу не гордиться докторской работой. Тема диссертации у меня была «Гнойно-воспалительные

опухоли придатков». Это непростая хирургическая ситуация, абсцессы, в результате которых женщины нередко погибали. Случались эти ситуации в результате осложнений того же кесарева сечения, различных, иногда не совсем радикальных, операций. Очень тяжелые больные, и мы старались найти способ их спасти. Но принципиально вот что: эта тема стала важнейшей в нашей общей хирургической практике. На ней выросло много замечательных хирургов, моих учеников.

— **Эта проблема сейчас остается актуальной?**

— Да, она остается актуальной, и последнее издание нашей «Оперативной гинекологии» имеет целый большой раздел на эту тему, написанный уже не мной, а ученицей — профессором Н.А. Щукиной, которая защитила докторскую под моим руководством, спустя долгие годы после того, как я впервые над этим работал.

— **Владислав Иванович, вы возглавили этот институт в 1985 г. и занимали пост директора до 2017 г. Более 30 лет! Это были самые тяжелые годы — падение Советской власти, перестройка, разруха, кризис за кризисом... Как вы жили? Корову купили?**

— Это очень интересный вопрос. В те годы, в 1985 г., первым секретарем обкома партии был В.И. Конотоп, который с напутствиями отправил меня на эту должность. В тот же год я получил квартиру — это было важно, потому что до этого мы с семьей, двумя детьми и нянькой ютились в крошечной кооперативной квартирке. Надо сказать, за всю свою жизнь я ничего не просил ни у московского начальства, ни у подмосковного. Никакой дачи или хотя бы земельного участка никто мне в жизни не давал. При этом я всегда оставался патриотом не только родного института, но и Московской области, потому что вся моя жизнь прошла в разъездах — реальная помощь, операции, консилиумы... Всего не расскажешь.

— **Давайте вспомним какой-нибудь клинический случай, с которым пришлось столкнуться.**

— Их было огромное количество. Но из памяти не идет операция у женщины в Солнечногорске. Большая саркома с метастазами. Надо было все удалить. Помню, еще и освещение было плохое, так что оперировать было сложно. Есть такой этап операции — очень серьезный и ответственный, когда при злокачественных опухолях возникают массивные кровотечения и тогда приходится перевязывать одну из магистральных артерий — внутреннюю подвздошную. Эта артерия лежит на одноименной вене, а вторая стенка вены — непосредственно на костях таза. И самая большая опасность — это ранение вены, потому что остановить кровотечение перевязкой практически невозможно. Только разрываешь дальше эту вену. Женщина была с ожирением, оперировать было очень



Идет операция

сложно. И вышло так, что я эту вену поранил. Это был второй случай в моей жизни. Но первый случай произошел у нас в институте. Здесь совершенно другие условия. А тут я эту вену не прошивал, не пытался как-то провести гемостаз, а наложил зажимы вдоль нее и остановил кровотечение. А зажимы оставил в животе и зашил. Из живота торчали два зажима, чем я поверг в шок моих ассистентов. Потом, уже на третьи сутки мы сняли эти зажимы, и все закончилось благополучно. Это спасло пациентке жизнь.

Эпизоды можно вспоминать бесконечно, но главное, чем я горжусь, — что мне удалось сохранить институт, приспособить его к современным реалиям жизни.

— **Пытались закрыть?**

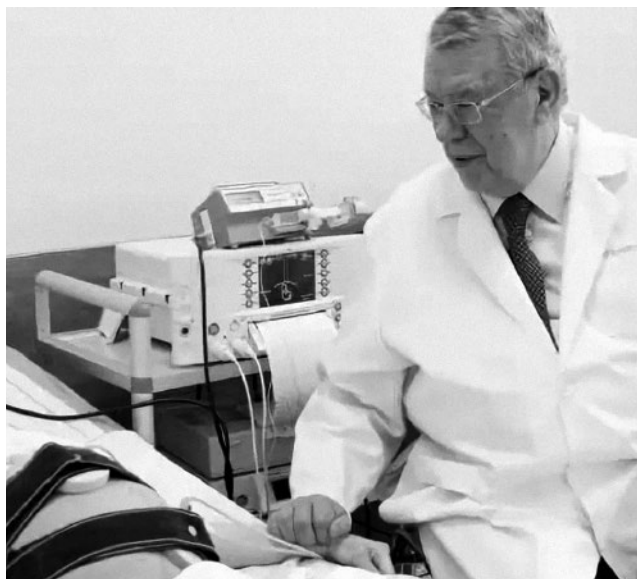
— В то время один за другим происходили рейдерские захваты. Это не обошло и наш институт.

— **К вам приходили?**

— Приходили. Приходили с благими намерениями — построить нам институт в другом месте. Обещали какие-то страшные деньги. Мне пришлось очень оперативно решать эту непростую задачу. Я помню, их сидело трое или четверо вот за этим столом, и я говорю: предложение очень заманчивое, но мне надо какое-то время, чтобы все осмыслить, подумать, посоветоваться, найти варианты безболезненного строительства нового здания. Они говорят: «Ну, недели хватит?» — «Думаю, да».

— **Вам надо было выиграть время? Вы знали, что вам это не подходит?**

— Мне было ясно, что надо бежать и искать какие-то выходы. А в то время только стал мэром Ю.М. Лужков. И я попал к нему, объяснил ситуацию. Он быстро понял меня и спрашивает: «Земля московская?» — «Да, — говорю, — московская». —



Академик В.И. Краснопольский проводит обследование пациентки

«А учреждение?» — «Тоже, мы платим налоги». И в течение двух суток вышло решение правительства Москвы, что эта земля может быть использована только под медицинское учреждение и только акушерского профиля. Я и сейчас эту бумагу храню.

— **Такую бумагу, что никакой Швондер не подступится.**

— Да, именно. И когда они появились у меня снова, я чуть не со слезами на глазах стал им рассказывать, что не могу ничего поделать. Это тогда и спасло учреждение, потому что помощи больше ждать было неоткуда. В этом институте ни разу за все эти годы, в том числе и в самые тяжелые девяностые, не была задержана зарплата. Точнее, один раз на месяц мы задержали, но потом все выплатили, хотя найти источник финансирования было ой как непросто. А все остальное на это уже нанизывалось — и новый шовный материал, и попытки приобретения какого-то оборудования для выхаживания новорожденных.

— **С какого-то момента вы стали заниматься не только гинекологией, но и акушерством. Почувствовали разницу?**

— Акушерство — это абсолютно другая история. Хотя то акушерство, которым мы тогда занимались, разительно отличается от нынешнего. Но вот что меня волнует в современной ситуации. Сейчас ведь все время делают кесарево сечение. Доходит до 50%.

— **Вы считаете, слишком часто? Не всегда оправданно?**

— Да. Мы сейчас пожинаем тяжелейшие осложнения после повторных беременностей при кесаревом сечении. А в те годы, в начале 1990-х гг.,

частота кесарева сечения была не больше 1%. Строго по показаниям. Кесарево сечение — простая операция, она в техническом исполнении ничего собой не представляет, но вот всегда ли нужно к ней прибегать? Есть наложение щипцов, которое, на мой взгляд, не несет таких рисков и осложнений, как кесарево сечение. Это воистину акушерское мастерство. Даже есть выражение: «рука — третий глаз акушера», потому что тактильные ощущения, по существу, решали и решают на сегодня все. Однако количество таких родоразрешающих операций, тех же наложений щипцов, у нас практически нулевое. В Великобритании это пять с лишним процентов, в Соединенных Штатах еще больше. Есть клиники, где эти операции идут как расхожие, потому что они облегчают потужной период и женщина рождает легче.

— **Но разве потом ей не приходится долго и тяжело восстанавливаться, не говоря уж о ребенке?**

— Нет, никаких тяжелых последствий для женщины нет. И ребенок абсолютно нормальный при правильно наложенных щипцах. Абсолютно, поверьте моему колоссальному опыту. Есть одно необыкновенное достоинство этих щипцов. Иногда во влагилице возникает костный экзостоз — вырост, который на этапе беременности очень сложно определить, и тогда головка упирается в него и пройти, конечно, не может. В этом случае возможно только так разрешить роды. Не раз я накладывал щипцы и извлекал плод при наличии такой ситуации. Если ты правильно накладываешь щипцы, у тебя головка в руках, ты сам ее ведешь, ты ее приспособливаешь к родовому каналу и извлекаешь ребенка с минимальными сложностями. Иной раз частые тяжелые схватки больше травмируют, чем правильно наложенные щипцы и хорошо извлеченный с их помощью ребенок. Поэтому я очень люблю этот инструмент. Это не кесарево, которое имеет массу тяжелых последствий для матери и ребенка. Это просто помощь женщине в естественных родах. Большая частота кесаревых сечений дает тяжелые осложнения при последующей беременности, с чем мы встречаемся все время. Вот я собираюсь делать доклад о том, как плацента локализуется в области бывшего рубца и начинает вращаться, проникать к мочевому пузырю и создавать условия для тяжелой операции — ведь там находится сплоская сосудистая сеть. Это так называемая мальформация сосудов, когда и артериальные, и венозные стволы переплетены. И это — только один из возможных результатов неоправданно частых кесаревых сечений. Кесарево никогда не проходит бесследно. Считается, что до 30% кесаревых сечений осложняется эндометритом. А коль скоро так, то первое, что воспаляется, — это сам рубец, потому что это рана, а, как мы знаем, любая рана заживает долго.

Все то же самое происходит в матке. И в результате формируется рубец — мышечная стенка матки, состоящая из соединительной ткани. Отсюда все осложнения, особенно заметные во время повторных беременностей.

— В каких же случаях надо делать кесарево сечение?

— Все должно быть взвешенно, разумно. И здесь главное, основное и самое непреложное — это профессионализм. С горечью каждый раз ощущаю, что подготовка специалистов, методика этой подготовки, условия и весь педагогический процесс не просто страдает — он деградирует. Все чаще сталкиваюсь с тем, что ординаторы поступают к нам не на бюджетную, а на платную основу, и когда мы проводим собеседования, начинаешь понимать, что человек вообще ничего не знает в специальности. Шесть лет он проучился зря.

— И что делать с этим? Какой выход?

— Когда я еще учился, люди после окончания института рвались на кафедру, они там готовы были работать лаборантами, а потом, если они становились ассистентами, это уже вершина профессионального роста. Они получали достойную зарплату, и это было престижно, уважаемо. Работы всегда было много, но все стремились к профессиональному росту — в том числе и потому, что были мотивированы материально. Недавно я поздравлял нашего старейшего акушера-гинеколога академика Г.М. Савельеву с 90-летием и от нее узнал, сколько сейчас получает профессор. Это же стыд и позор... А ведь преподавание — это отдельный большой труд, требующий колоссальной отдачи. Все это чрезвычайно грустно прежде всего потому, что в конечном счете наносит огромный ущерб нашим больным.

— А ведь беременные женщины — это наше будущее, следующее поколение.

— Да, это так. В результате мы получаем бездушие, непрофессионализм. У нас в институте было испокон веков заведено: здесь остаются только те, кто проходит двухгодичную ординатуру, потом аспирантуру, и кто себя проявил не просто как будущий ученый, специалист, но и как человек, для которого это учреждение — самое важное, что есть в жизни, со всеми вытекающими отсюда последствиями — необходимостью ехать на консультацию в самое отдаленное место, проводить время в операционной, дежурить сутками. Вот эти люди остаются.

— И сейчас так?

— Да, и сейчас так, сейчас тем более. Наш институт — это маленький островок правильного подхода к профессии. Я не хочу сказать, что больше такого нигде нет. Есть, конечно, но далеко не везде. Как коренной «житель» этого института — я за него спокоен. Нынешний директор — мой ученик, другие люди, которые руководят сегодня отделениями,

пришли сразу после студенческой скамьи. Всех я знаю, всех вырастил, всех научил работать, и я, честно говоря, безмерно этим горжусь. Это то, что создает у больных и коллег имидж института.

— Владислав Иванович, что представляет собой сегодня институт? Наверное, у вас появились хорошие аппараты УЗИ экспертного класса, современная лапароскопическая аппаратура...

— Наш институт на сегодняшний момент и в течение многих лет — один из основных флагманов нашей специальности в стране. То, что разрабатывалось в нашей клинике, экстраполировалось на всю область, а оттуда в Российскую Федерацию.

Приведу несколько примеров. Для того чтобы рано диагностировать пороки развития у плода, в мире существовала методика, которая до сих пор применяется достаточно широко. Это так называемое

Наше эндоскопическое отделение — одно из самых продвинутых. У нас стоит робот *da Vinci*, единственный в России, который специализируется только на гинекологии

мый перинатальный скрининг, когда в ранние сроки беременности, до 14-й недели, проводится экспертная УЗИ-оценка и на основании полученных комплексных исследований это или подтверждается, или нет. Здесь самое главное — это экспертная оценка ультразвукового исследования. Значит, должны быть специалисты, которые этим занимаются. Неимоверно сложно было все это реализовать в Московской области. Но это было не просто реализовано, а реализовано по европейским стандартам.

Мы хорошо знакомы с профессором Кипросом Николаидисом — это эксперт, пожалуй, самый известный в мире, возглавляющий международное общество врачей перинатальной медицины. И у него разработаны критерии ультразвуковой оценки плода в эти сроки. А оценка заключается в том, что врачи не просто смотрят, есть там какие-то дефекты или нет, а прогнозируют на основании маркеров, проводят замеры всех основных лицевых костей, их соотношение, расположение. Это дает основания сказать, как развивается ребенок.

Мы начали проводить обучение этих специалистов и окончательную оценку их возможностей, а главное — сертификат эксперта — давала школа Николаидиса, публикуя все эти фамилии на своем

сайте. Все это было организовано в Московской области. Сейчас эта система получила распространение по всей стране. Но мы были первыми.

Второе, не менее важное достижение — проблема гестационного контроля сахарного диабета, который возникает во время беременности. Цифры эти весьма значимы, и диагностика его на том этапе, на каком мы сейчас проводим, — заслуга института. Дело в том, что данные ВОЗ отставали от того, что на практике видели врачи — акушеры-гинекологи в Европе, и они перешли на другие параметры оценки сахаров в крови при нагрузке у беременных. Убедить наших эндокринологов в необходимости пересмотра этих состояний с новых позиций было непросто. Но мы сделали это. В конечном счете, объединив усилия разных специалистов, мы создали всероссийский консенсус. Все наши ведущие специалисты в этой области пришли к одному и тому же мнению. Результатом стала вышедшая в 2013 г. книжка, которая называется «Консенсус по гестационному сахарному диабету», где высказан единый взгляд на проблему.

Следующая проблема, которой мы занимаемся, и очень активно, — это патология шейки матки и предраковые состояния. Рак шейки матки долгое время занимал второе место вслед за раком молочной железы. Он и сейчас не дремлет. Речь идет о том, что у гинекологов есть в этом плане колоссальный резерв. Важно понять, где грань между совсем не значимыми изменениями шейки матки (а их диагностика — прерогатива женской консультации) и предраковым состоянием. К сожалению, многочисленные организационные недочеты не позволяют обеспечить эффективный лечебный исход, особенно если речь идет о беременных женщинах. Однако нам в стенах института удалось реализовать концептуальные подходы начиная от организационных вопросов и заканчивая вопросами лечения и благополучного завершения беременности. Мы успешно ведем этих женщин, предотвращая развитие рака. Многие прекрасно рожают повторно и потом не вспоминают об этой проблеме.

Ну и не могу не сказать об оборудовании, о котором вы спросили. У нас одно из самых продвинутых эндоскопических отделений. У нас стоит робот *da Vinci*, единственный в России, который специализируется только на гинекологии. Мы делаем как минимум 200 операций в год по квотам ВМП — скажем, тяжелые формы эндометриоза, там, где поражается кишка, и тогда нужно делать резекцию толстой кишки.

— То есть это междисциплинарные операции, где приходится работать разным специалистам.

— Совершенно правильно. Онкогинекология, урогинекология, множество женщин с недержанием мочи, проктогинекологические операции... У нас делаются уникальные операции по резекции

кишки сшивающим аппаратом. Все происходит на самом современном уровне с использованием самых продвинутых мировых методик.

Несколько дней назад встречался с министром здравоохранения Московской области Д.С. Марковым, и он предложил создать у нас школу профессиональной подготовки специалистов экстра-класса. Надеюсь, этот замысел удастся осуществить.

— Знаю, вы сотрудничаете с Нижегородским ядерным научным центром в Сарове, где создают портативные аппараты по терапии оксидом азота.

— Да, у нас уже есть такие аппараты, и для наших женщин это большое подспорье, поскольку с помощью такой терапии можно лечить целый спектр заболеваний, связанных с нарушением проводимости кислорода к тканям. Мы очень продвинулись в проблеме предимплантационной диагностики. Первыми начали проводить ЭКО у ВИЧ-инфицированных. Конечно, все это делается пока только в масштабах области. Но в ней, как в капле воды, отражается вся Россия.

— Владислав Иванович, вас называют основоположником школы в отечественном акушерстве и гинекологии. Как бы вы могли в нескольких словах сформулировать основные принципы вашей школы?

— Во-первых, это актуальные проблемы, которые должны быть в центре внимания врача. Вторых — высокий профессионализм. Мы должны быть в курсе всего того нового, что происходит в профессии. Да и не только в профессии. Вспоминаю своих учителей: они много читали, увлекались историей, живописью. Мне все это тоже интересно.

— Говорят, вы футбол любите.

— Футбол — как его не любить! Болею.

— Так, значит, один из принципов — надо много читать.

— Да, и не только научную литературу. Если ты стремишься к познанию, ты становишься не просто врачом, а чем-то большим. Врач в нашем понимании всегда был и хотелось бы, чтобы оставался, интеллигентным человеком, человеком высокой культуры. Если он замкнут, зашорен на своей специальности — этого недостаточно. Но, наверное, самое важное в школе — это творчество твоих учеников.

Мои ученики — очень творческие люди, и это меня радует. Им интересно то, чем они занимаются, хотя интересы у всех разные. Они патриоты своего института, где «выросли», Московской области, с которой связаны. Они преданы своим пациентам. Счастлив, что смог им это передать. В результате получается красивое мозаичное панно, на которое я люблю. Примерно так я и представляю себе то, что называется Школой. ■

Беседовала Наталья Лескова



Обсерватория Паркса, радиотелескоп в Австралии, первой зарегистрировала загадочную короткую радиовспышку из глубин Вселенной

АСТРОНОМИЯ

ВСПОЛОХИ В НОЧИ

Астрономы наперегонки выдвигают теории
о том, что вызывает мощные всплески
радиоизлучения в далеком космосе

Дункан Лоример и Мора Маклафлин

~~~~~

**Однажды, в начале 2007 г.**, студент-старшекурсник Дэвид Наркевич (David Narkevic) пришел к нам с новостью. Он учился на физическом факультете Университета Западной Виргинии, где мы оба только что приступили к работе в должности доцентов. Мы поставили перед ним задачу: изучить архивные данные наблюдений Магеллановых Облаков — небольших галактик-спутников Млечного Пути, находящихся примерно в 200 тыс. световых лет от Земли. У Наркевича был сдержанный характер, и тот день не стал исключением. «Похоже, я обнаружил нечто интересное», — сказал он бесстрастно, держа в руках график сигнала, который был более чем в 100 раз сильнее, чем фоновое шипение электронных цепей телескопа. Сначала казалось, что он выявил именно то, что мы и искали: очень маленькую яркую звезду, относящуюся к типу, называемому пульсарами.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

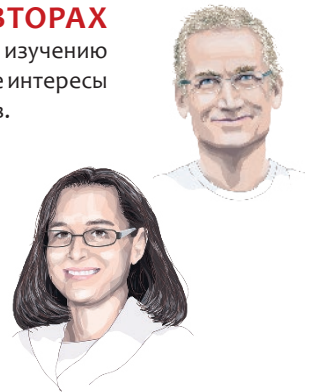
- Странный всплеск радиоизлучения из далекого космоса, впервые замеченный в 2007 г., озадачил ученых.
- Астрономы сомневались в том, что вспышка имеет космическое происхождение, пока не обнаружили аналогичные сигналы из космоса, получившие название «быстрые радиовсплески».
- Поиски с целью обнаружить новые странные всплески и выяснить их причину продолжаются.
- Теории их происхождения включают компактные звезды, сверхновые и даже такие экзотические варианты, как космические струны.



**ОБ АВТОРАХ**

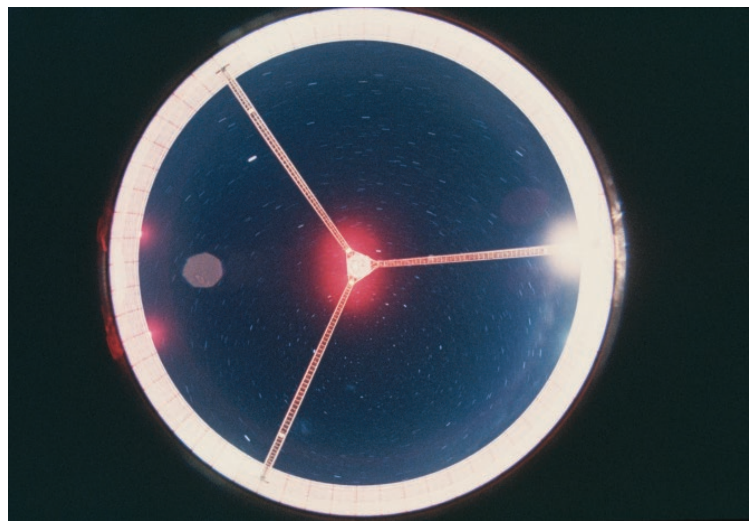
**Дункан Лоример** (Duncan Lorimer) — профессор физики и астрономии Центра по изучению гравитационных волн и космологии Университета Западной Виргинии. Его научные интересы в основном сфокусированы на демографии пульсаров и быстрых радиовсплесков.

**Мора Маклафлин** (Maura McLaughlin) — астроном Университета Западной Виргинии. Ее основные научные интересы лежат в области изучения нейтронных звезд и их окружения. В настоящее время она возглавляет Североамериканскую наногерцевую обсерваторию гравитационных волн, где пытаются зарегистрировать гравитационные волны от пульсаров.



Эти магнитные звезды очень высокой плотности выбрасывают излучение в виде пучков, направление которых меняется при их вращении, и поэтому кажется, что звезда «пульсирует», то вспыхивая, то угасая, как маяк. Сегодня астрономам известно почти 2 тыс. пульсаров, и мы ведем охоту за далекими и особенно яркими из них. Поиски ведутся с помощью компьютерных программ, которые одна из нас (Мора Маклафлин) и руководитель ее дипломного проекта недавно разработали, чтобы искать отдельные импульсы в данных радиобсерваторий. Программа должна была учитывать эффект, называемый дисперсией импульса, который заключается в следующем: когда радиоволны летят в космическом пространстве, свободные электроны, плавающие в межзвездной среде, преломляют волны точно так же, как призма преломляет свет. Свободные электроны ведут себя как плазма, через которую радиоволны более высоких частот летят быстрее и попадают на телескоп раньше, чем волны более низких частот. Чем дальше от Земли находится источник, тем больше электронов встречают волны на своем пути и в результате тем больше временная задержка между высоко- и низкочастотными радиоволнами. Поскольку мы не знали, как далеко могут находиться новые пульсары, программа сканировала данные сигналов, которые могли бы уложиться во множество различных возможных интервалов дисперсии, называемые мерой дисперсии (*DM*), так чтобы мы могли быть уверенными, что ловим пульсары в диапазоне возможных расстояний.

Наркевич сделал свое открытие, когда анализировал наблюдения пятилетней давности, выполненные на радиотелескопе Обсерватории Паркса в Австралии, который может быстро обследовать большие области, ведя наблюдение одновременно 13 лучами — по 13 различным направлениям на небесной сфере. Наркевич визуально изучил сигналы, которые программа отсеяла с вероятностью 99% как шумы или сигналы, связанные с вмешательством человека. Сигнал, который он



**Взглянув на небо с тарелки Обсерватории Паркса, астрономы видят область, полную звезд. После обнаружения первого всплеска Лоримера обсерватория выявила еще несколько быстрых радиовсплесков**

обнаружил, озадачивал не только потому, что он был настолько мощным, но и потому, что исходил из области неба несколькими градусами южнее Малого Магелланова Облака, где мы совсем не ожидали найти пульсары, связанные с карликовыми галактиками. Но самое удивительное, сигнал имел очень большое значение *DM* — во много раз больше, чем мы могли ожидать от какого-либо объекта в Млечном Пути, и на 50% больше, чем ожидалось, если бы он был связан с Малым Магеллановым Облаком. Это дало нам основания полагать, что источник находится на расстоянии примерно 3 млрд световых лет, намного дальше нашей Местной группы галактик.

Если пульсации действительно приходят с такого далекого расстояния, они, должно быть, были испущены, когда по Земле еще не бродили динозавры. Конечная величина скорости света и короткая продолжительность сигнала говорят нам,

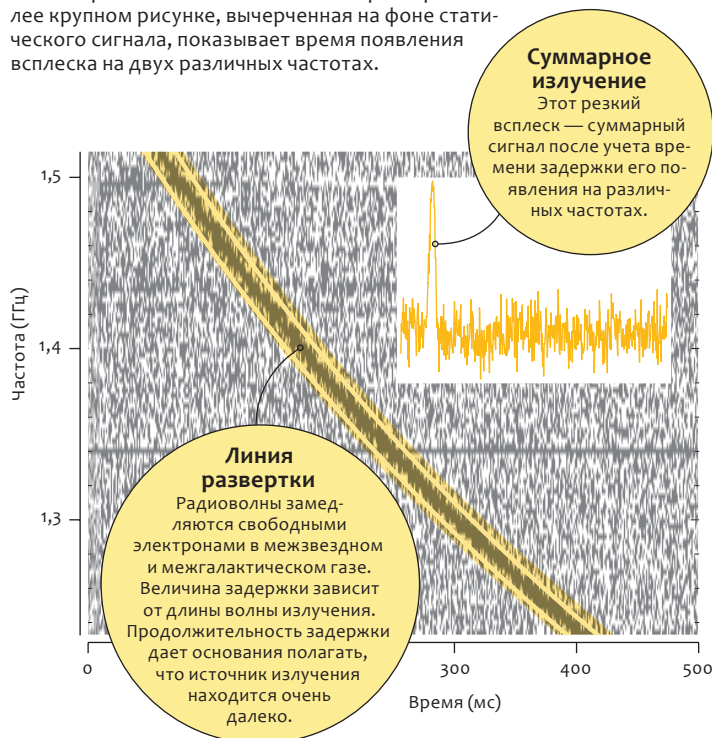
что он не может исходить от небесного тела размером более чем десять световых микросекунд, или примерно 3 тыс. км, — намного меньше диаметра Солнца, составляющего 1,4 млн км. Хотя пульсар мог бы уместиться в таких рамках, величина энергии, которую он излучает, была бы больше, чем Солнце излучает в течение месяца, и более чем в миллиард раз превышала импульсы самого яркого пульсара.

Что же за объект мог бы породить такое зрелище? Первым делом нам нужно было установить, не мог ли этот импульс возникнуть в результате вмешательства человека. В отличие от вспышек пульсаров этот сигнал, по-видимому, не повторяющийся; мы обнаружили лишь один импульс в течение примерно двух часов наблюдений. Однако более тщательная проверка показала, что время появления различных частот импульса в точности совпадает с ожидаемой картиной межзвездной дисперсии — крайне маловероятное совпадение для случайной помехи. Дополнительным доказательством того, что эта вспышка имеет астрофизический, а не антропогенный характер, было то, что она, судя по всему, исходила из одного пятна на небосводе. Она проявилась ярче всего на одном из 13 лучей приемника Обсерватории Паркса, тогда как на трех других был зафиксирован намного более слабый сигнал — именно то, что мы обычно ожидаем от сигнала, приходящего из глубин космоса. Схожее воздействие, связанное с деятельностью человека, наоборот, обычно появляется на всех 13 лучах.

Казалось, что Наркевич действительно наткнулся на нечто абсолютно новое — тип космического сигнала, который, вероятно, потребует еще многих усилий нашей исследовательской работы и поставит в тупик все астрономическое сообщество. Этот странный сигнал, как мы полагали, возможно, будет не единственным в своем роде. Исходя из продолжительности сигнала и величины поля зрения Обсерватории Паркса, по нашим оценкам, несколько сотен таких ярких радиовсплесков, вероятно, случаются каждый день по всему небосводу, оставаясь незамеченными. Позднее в 2007 г. мы опубликовали статью, где утверждалось, что это событие — прототип нового класса источников радиосигналов неизвестного происхождения. Мы высказали предположение, что если бы удалось идентифицировать и понять их природу, то можно было бы оценивать расстояния посредством измерения дисперсии и использовать эти данные,

## Вспышка, положившая начало открытию

Этот удивительный сигнал, впервые замеченный в 2007 г. и получивший название «всплеск Лоримера», по-видимому, представлял собой неизвестный тип космических вспышек. Здесь показана величина суммарной яркости радиосигнала во времени — сигнал был и через мгновение исчез. Линия развертки на более крупном рисунке, вычерченная на фоне статического сигнала, показывает время появления всплеска на двух различных частотах.



чтобы сотворить нечто грандиозное, вроде карты крупномасштабной структуры Вселенной. Но сначала нам необходимо было доказать, что вспышка действительно имела место. Поиск ответа на этот вопрос приведет к неожиданным поворотам и едва не закончится отступлением.

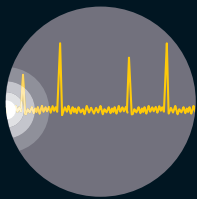
### Действительность или фантастика?

Поначалу другие ученые были заинтригованы нашим открытием, получившим название «всплеск Лоримера», — и начали предлагать объяснения его происхождения, а также искать другие подобные ему. Вскоре после нашего открытия Мэттью Бэйлс (Matthew Bailes) из Технологического университета Суинберна в Мельбурне и один из соавторов статьи о нашем открытии провели наблюдения в области, где был зафиксирован всплеск Лоримера, в течение 90 часов с помощью телескопа Обсерватории Паркса. Но он не обнаружил свидетельства каких-либо других вспышек. Это продолжение поиска имело место спустя шесть лет после заархивированного наблюдения, которое зафиксировало первоначальную вспышку,



## Возможные виновники

Ученые создали несколько теорий того, что может быть причиной всплеска Лоримера и аналогичных всплесков радиоизлучения, получивших название «быстрые радиовсплески». Возможные варианты простираются от исключительно мощной версии обычного астрономического явления, такого как сверхновая, до экзотических теоретических построений, таких как космические струны. По крайней мере один радиовсплеск повторяется и поэтому, должно быть, вызван стабильным источником, а вот другие — вероятно, однократные события.



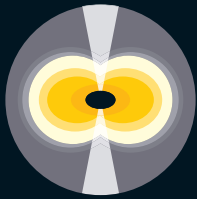
### Гигантская пульсирующая нейтронная звезда

Нейтронные звезды, очень плотные остатки мертвых звезд, излучают свет в виде раскинувшихся в противоположные стороны пучков, которые, когда они вращаются, кажутся нам пульсирующими, то зажигаясь, то угасая. Особенно мощная нейтронная звезда, возможно, и ответственна за быстрые радиовсплески.



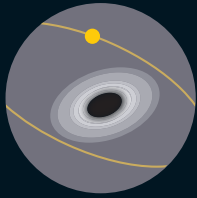
### Сталкивающиеся нейтронные звезды

Если две нейтронные звезды сталкиваются друг с другом, в результате взрыва, вероятно, происходит яркая вспышка излучения и образуется черная дыра или, возможно, одна гигантская нейтронная звезда.



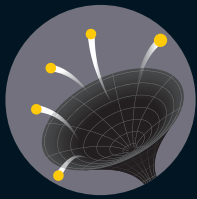
### Сверхмощная сверхновая

Когда массивные звезды умирают, они сжимаются и затем взрываются в виде сверхновой. Возможно, быстрые радиовсплески — это особенно мощные сверхновые.



### Взаимодействие с магнетаром

Обладающие очень сильным магнитным полем нейтронные звезды, называемые магнетарами, испускают излучение за счет магнитной энергии, а не своего вращения. Если одна из таких звезд кружит вокруг черной дыры, засасывающей материю (называемой активным ядром галактики), их взаимодействие, вероятно, проявляется в виде быстрых радиовсплесков.



### Испарение первичной черной дыры

Некоторые теоретики рассуждают, что в результате Большого взрыва могли образоваться первичные черные дыры, разбросанные по всему космосу. Если одна из них спонтанно испаряется, в результате может образоваться вспышка радиоизлучения.



### Космические струны

Эти дефекты пространства-времени — еще один экзотический результат Большого взрыва. Если они существуют, они могли бы вызвать вспышки излучения при взаимодействии с плазмой, которая заполняла Вселенную на раннем этапе.

поэтому не исключалась возможность повторяющихся вспышек в окрестности, уже зарегистрированной на временной шкале в несколько часов или даже лет.

Поэтому Бэйлс и в то время его аспирант Сара Берк-Сполар (Sarah Burke-Spoloar) провели дополнительные поиски, также используя архивные данные с радиотелескопа Обсерватории Паркса, но на другом участке неба. В статье, опубликованной в 2010 г., они сообщили, что нашли 16 событий, которые имеют схожие характеристики с быстрыми радиовсплесками. Что интересно, некоторые из них имели почти одинаковые *DM* и похожие продолжительность и форму импульса. Но тем не менее были и существенные различия: каждая из этих вновь зарегистрированных вспышек проявлялась во всех 13 лучах приемника радиотелескопа, давая веские основания полагать, что их вряд ли можно связать с источником в космосе. Наоборот, они, должно быть, имеют либо земное, либо атмосферное происхождение — например, удар молнии. Чтобы подчеркнуть маскирующую природу этих источников, Берк-Сполар и Бэйлс дали им название «перитоны» — по названию мифических крылатых оленей (из «Книги вымышленных существ» Хорхе Луиса Борхеса. — Примеч. пер.), которые отбрасывают человеческую тень.

Открытие перитонов заставило многих ученых скептически относиться к всплескам Лоримера. А поскольку дальнейшие радионаблюдения не зафиксировали ни одной новой вспышки, большинство астрономов начали подозревать, что обнаруженный нами всплеск Лоримера — это тоже перитон. Число статей с рассуждениями о природе этого сигнала пошло на убыль. На конференции 2011 г. было даже проведено голосование поднятием рук, чтобы выяснить, какая часть аудитории верит в реальность всплесков Лоримера. Сам Дункан Лоример, сидевший в первом ряду, даже не решился обернуться, чтобы увидеть результаты голосования!

Спустя четыре года после обнаружения первого всплеска Маклафлин вместе с одним из своих стажеров, студентом старшего курса, изучали большой обзор материалов о радиопульсарах в поисках новых. Не найдя в нем не единого аналогичного события, даже она начала сомневаться в существовании всплесков Лоримера. Вместе с сотрудниками она даже написала статью, в которой утверждалось, что, скорее всего, это все же не астрономическое явление, — вывод, который сейчас вызывает некоторое смущение.

Но примерно в это же время эта область исследований удивительным образом вновь оживилась. Первое обнадеживающее событие случилось в 2012 г., когда Эван Кин (Evan Keane), сейчас работающий в Организации антенной решетки

площадь в квадратный километр в Манчестере, Англия, наткнулся на еще один высокодисперсный всплеск в архивных данных с радиотелескопа Обсерватории Паркса. Тем временем Бэйлс возглавил работу по модернизации телескопа Паркса и оснащению его современным цифровым оборудованием, что обеспечивало небывало высокую чувствительность к высокодисперсным всплескам. Его энтузиазм был вознагражден: в 2013 г. в новых данных наблюдений радиотелескопа чечные обнаружили еще четыре всплеска в широком диапазоне *DM*. В статье, где обсуждались первые результаты, полученные на основе этих данных под руководством аспиранта Дэна Торнтона (Dan Thornton), в то время учившегося в Манчестерском университете, ученые описали это событие как быстрые радиовсплески (*fast radio bursts, FRB*) — ввиду их короткой продолжительности. Критически важным было то, что в отличие от перитонов эти четыре всплеска были зафиксированы только в одном луче, что говорило в пользу их астрономического происхождения, а не земных радиопомех.

В результате этих открытий астрофизическая природа *FRB* обретала все более веские основания. Кроме того, Эмили Петрофф (Emily Petroff), в то время работавшая в Технологическом университете Суинберна, вместе с коллегами в статье 2015 г. показала (что вызвало улыбки и раскаяние коллег), что перитоны радиотелескопа в Парксе появлялись главным образом в обеденное время, когда нетерпеливые астрономы открывали дверцы СВЧ-печей, не дожидаясь, когда те полностью отключатся. Огромным облегчением стало подтверждение того, что ни вспышка Лоримера, ни один из других быстрых радиовсплесков не совпадали по времени с обеденными привычками голодных ученых.

### Повторяющиеся вспышки

Вскоре благодаря целенаправленному поиску на нескольких телескопах начали всплывать на поверхность новые случаи обнаружения быстрых радиовсплесков. Радиотелескоп в Грин-Бэнке, Западная Виргиния, зарегистрировал такой радиовсплеск в другом диапазоне радиочастот, нежели всплеск Лоримера, предоставив еще одно доказательство того, что вспышки действительно имеют место и это не результат странного поведения приемников, настроенных на определенную частоту.

Интрига усилилась в 2016 г., когда группа во главе с Лаурой Шпитлер (Laura Spitler) из Радиоастрономического института Общества им. Макса Планка в Бонне сообщила о регистрации быстрых вспышек, которые первоначально были обнаружены при изучении данных наблюдений 2012 г. на радиотелескопе Обсерватории Аресибо

в Пуэрто-Рико. До этого большая часть астрономов пришли к выводу, что это однократные события. Но спустя где-то три года после первоначального открытия, получившего название *FRB 121102*, Спитлер с коллегами заметили десять новых всплесков. Если исходить из моментов регистрации, то эти радиовсплески мало походили на периодические явления, различными также были ширина импульсов и другие их характеристики.

Это открытие инициировало по всему миру целый ряд кампаний по продолжению наблюдений с помощью радиотелескопов. В одной из них была использована Очень большая антенная решетка (*Very Large Array, VLA*) с 27 тарелками, работающими как единая антенна в штате Нью-Мексико, для регулярного поиска событий в миллисекундном масштабе времени на том же участке неба, где наблюдался *FRB 121102*. Этот сеанс наблюдений предоставил уникальную возможность указать расположение источника радиовсплесков с точностью на несколько порядков величины выше, чем радиотелескоп с одной тарелкой. Спустя примерно шесть месяцев наблюдений эта группа, возглавляемая Шами Чаттерджи (Shami Chatterjee) из Корнеллского университета, обнаружила радиовсплеск и установила месторасположение его источника. Вскоре после этого было проведено еще более точное определение координат этого источника быстрых радиовсплесков с помощью интерферометрии со сверхдлинной базой — хитроумного метода, когда сигналы от нескольких телескопов, разбросанных по всей планете, сводят вместе, чтобы синтезировать виртуальный телескоп гораздо большего размера с исключительно высоким угловым разрешением. Эта работа, выполненная Бенито Маркоте (Benito Marcote) и его коллегами из Объединенного института интерферометрии со сверхдлинной базой Европейского консорциума по исследовательской инфраструктуре (*JIVE*) в Голландии, позволила определить местоположение источника быстрых вспышек *FRB 121102* с точностью выше одной угловой секунды (1/3600 углового градуса).

Впервые астрономы определили местоположение на небе источника быстрых радиовсплесков с такой точностью, что позволило тогда ученым найти галактику, из которой приходят эти вспышки. Группа, возглавляемая Шрихаршем Тендулькар (Shriharsh Tendulkar) из Университета им. Макгилла, отследила местоположение *FRB 121102* с точностью до карликовой галактики, имеющей массу примерно в 20 тыс. раз меньше Млечного Пути, которая расположена в 20 тыс. раз дальше, чем самый далекий их известных пульсаров. Эти открытия позволили более твердо, чем когда-либо ранее, установить, что источники быстрых радиовсплесков очень мощны и расположены крайне далеко от нас.



### В поисках источников

На сегодня мы установили, что быстрые радиовсплески — реально существующее космическое явление, но предстоит еще долгий путь, чтобы выяснить, что их вызывает.

Главный вопрос — вызваны ли эти вспышки однократными событиями, такими как сверхновая, или же они исходят от стабильных объектов, таких как пульсары, которые периодически испускают яркие вспышки. Случай повторяющихся всплесков, *FRB 121102*, дает основания предполагать последнее. Хотя это единственный до сих пор случай, когда астрономы зафиксировали повторяющиеся радиовсплески, возможно, что все быстрые радиовсплески повторяются и что отдельные вспышки, наблюдавшиеся в других случаях, представляют собой лишь очень яркие из выбросов энергии. В последнем случае мы исключили бы единичные события и стали бы искать устойчивые источники космических сигналов.

В этой категории многие ученые предпочитают объяснения с участием компактных звезд, таких как пульсары. Эти объекты рождаются, когда большая звезда, умирая, взрывается как сверхновая, а основная часть ее массы коллапсирует в саму себя. Плотность этого причудливого объекта становится настолько высокой, что даже атомы не могут противостоять сжатию и их протоны и электроны соединяются воедино, образуя нейтроны. Конечный продукт — звезда размером с Манхэттен, состоящая целиком из нейтронов, так называемая нейтронная звезда. Такие звезды вращаются невероятно быстро и излучают свет из своих двух полюсов. Пульсары, о которых мы уже упоминали, можно зарегистрировать, когда эти пучки излучения направлены в сторону Земли и мы видим свет в виде периодически появляющихся и гаснущих импульсов. Повторяющиеся вспышки от *FRB 121102* имеют свойства, которые находятся в широком соответствии с чрезвычайно мощными импульсами, испускаемыми молодыми нейтронными звездами. Поэтому быстрые радиовсплески, по всей видимости, не что иное, как просто пульсары — хотя редкого и особенно мощного типа.

Другая очень похожая идея — возможность того, что быстрые радиовсплески исходят из так называемых магнетаров: обладающих мощным магнитным полем медленно вращающихся нейтронных звезд, чье излучение обусловлено их магнитной энергией, а не вращением. Один интригующий аспект наблюдений *FRB 121102* с помощью радиотелескопа *VLA* — наличие в материнской галактике стабильного яркого радиоизлучения, отличного от всплесков быстрых радиовсплесков. Астрономы предположили, что это радиоизлучение обусловлено активным галактическим ядром — сверхмассивной черной дырой в ходе процесса поглощения

звезд и межзвездного газа — и что быстрые радиовсплески возникают в результате взаимодействия между магнетаром и этим ядром.

Другой вариант этой идеи состоит в том, что повторяющиеся вспышки исходят из магнетара, но такого, который похоронен в плотных остатках от взрыва сверхъяркой сверхновой (примерно в десять раз более мощной, чем типичная сверхновая), которая взорвалась несколько десятилетий назад. Одна из исследовательских групп заметила, что материнская галактика *FRB 121102* аналогична той, что приютила явление, называемое гамма-всплесками, которые, как предполагают, связаны с очень молодыми магнетарами, образовавшимися во время взрыва сверхъяркой сверхновой. Совсем недавно эта группа измерила магнитное поле вдоль линии наблюдения *FRB 121102*. Эти наблюдения показали, что чем бы ни был источник радиовсплесков *FRB 121102*, он расположен в области с сильным магнитным полем, такой как остатки сверхновых или около сверхмассивной черной дыры в ядре галактики.

Хотя мы не можем пока исключить и однократные явления. Возможно, некоторые вспышки повторяются, а некоторые нет, указывая на то, что различные быстрые радиовсплески имеют различные источники своего происхождения. Более того, новые исследования, проведенные Дивьей Паланисвами (*Divya Palaniswamy*), в то время в Невадском университете в Лас-Вегасе, показали, что если все быстрые радиовсплески повторяются с той же частотой, что и *FRB 121102*, то мы должны увидеть многократные события и в ряде других случаев. Именно поэтому, возможно, правильнее было бы считать, что некоторые быстрые радиовсплески возникают в ходе однократных катастрофических событий. Это дает нам несколько возможных источников.

Возглавляет список столкновение двух нейтронных звезд. При таком сокрушительном ударе во время их соприкосновения, когда две компактные звезды сливаются, образуя одну гигантскую черную дыру, вероятно, происходит мощнейший взрыв. Вторая возможность однократного события — взрыв необычайно мощной сверхновой.

Теоретики вытащили на поверхность и более экзотические варианты. Один из них — идея космических струн — топологических дефектов в пространстве-времени, которые теоретически могли бы образоваться в ранней Вселенной. Такие разрывы пространства-времени, распространяясь со скоростью света в космосе, который в то время был заполнен горячей плазмой, генерировали бы искры при взаимодействии с этой плазмой. Хотя теория, утверждающая, что эти искры и есть быстрые радиовсплески, и не отвергается данными текущих наблюдений, она весьма умозрительна. Ученые указывали также на так называемые

первичные черные дыры — небольшие черные дыры, образовавшиеся при рождении Вселенной, которые до сих пор не обнаружены. Если бы одна из таких первичных черных дыр спонтанно испарилась, могло возникнуть излучение, которое, возможно, полностью соответствовало бы сигналу быстрого радиовсплеска. Если бы любая из этих идей оказалась верной, всплеск Лоримера стал бы первым зафиксированным свидетельством этих экзотических явлений.

### Рисуем карту звездного неба

По прошествии десяти лет работы область науки о быстрых радиовсплесках готова к тому, чтобы перейти в фазу преобразований благодаря новым и модернизированным телескопам. Австралийский радиоинтерферометр с широким полем зрения (*Australian Square Kilometer Array Pathfinder*, австралийский предшественник Антенной решетки площадью в квадратный километр) вступил в строй в 2012 г. и вскоре начал находить быстрые радиовсплески. Ко времени написания этой статьи известно 50 таких вспышек. Существующие обсерватории, такие как VLA и радиотелескоп «Молонгло» Сиднейского университета, в настоящее время реконструируются, чтобы значительно повысить чувствительность и область покрытия звездного неба. Сейчас включаются в работу новые и модернизированные радиотелескопы, среди них CHIME (*Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment*, Канадский эксперимент по картографированию интенсивности водорода) и китайский FAST (*Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope*, Сферический радиотелескоп с пятисотметровой апертурой), которые должны значительно увеличить число зарегистрированных быстрых радиовсплесков и дать нам более глубокое понимание природы их источников.

Некоторые из этих новых телескопов могут фиксировать положение источника быстрых радиовсплесков с точностью в угловую секунду в реальном масштабе времени, в огромной степени повысив наши возможности определять их положение на небе. Такая информация позволяет нам быстро подкрепить открытия наблюдениями в других диапазонах длин волн для розыска материнских галактик этих вспышек. Но еще больше вдохновляет то, что некоторые модели, описывающие быстрые радиовсплески, такие как слияние нейтронных звезд, предсказывают, что при этом образуются также и гравитационные волны.

Удивительно, но астрономы могут сегодня регистрировать эту пространство-временную рябь в Лазерно-интерферометрической гравитационно-волновой обсерватории (*LIGO*), что впервые в 2015 г. позволило обнаружить гравитационные волны, — открытие, заслужившее Нобелевскую премию. С новой техникой в руках у нас

появилась реальная возможность одновременно обнаружить электромагнитные и гравитационные волны от этих источников. Одновременная регистрация сразу двух видов волн позволила бы измерить свойства источников быстрых радиовсплесков — такие, например, как их масса, — что просто невозможно сделать другими средствами. Мы предвкушаем в ближайшем будущем значительный прогресс в обнаружении и понимании природы этих космических посланников.

Если нам действительно удастся решить задачу происхождения и природы быстрых радиовсплесков, мы, по-видимому, сможем использовать эти новые сигналы для амбициозного проекта: построить карту Вселенной. Астрономы все еще далеки от цели — выяснить, как материя распределена в космическом пространстве, и наглядно представить крупномасштабные структуры, которые она образует. Быстрые радиовсплески, возможно, дадут нам большую поддержку в наших усилиях по картографированию космоса. Они — единственные известные нам внегалактические источники, имеющие достаточно короткие временные параметры, позволяющие измерить межгалактическую дисперсию, а следовательно, и определить, какова плотность материи вдоль луча зрения. Плотность межгалактической среды критически важна для построения различных моделей крупномасштабной структуры Вселенной, поэтому информация от быстрых радиовсплесков позволила бы нам проверить, какая из моделей верна.

Теперь, когда в нашем распоряжении есть глобальная сеть обнаружения быстрых радиовсплесков по всему небу с независимым определением расстояния, эта работа откроет новые возможности для проверки наших фундаментальных представлений о том, как образовался и эволюционировал космос. Положившее всему начало открытие Дэвида Наркевича действительно оказалось «очень интересным».

Перевод: А.П. Кузнецов

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- A Bright Millisecond Radio Burst of Extragalactic Origin. D.R. Lorimer et al. in *Science*, Vol. 318, pages 777–780; November 2, 2007.
- A Direct Localization of a Fast Radio Burst and Its Host. S. Chatterjee et al. in *Nature*, Vol. 541, pages 58–61; January 5, 2017.



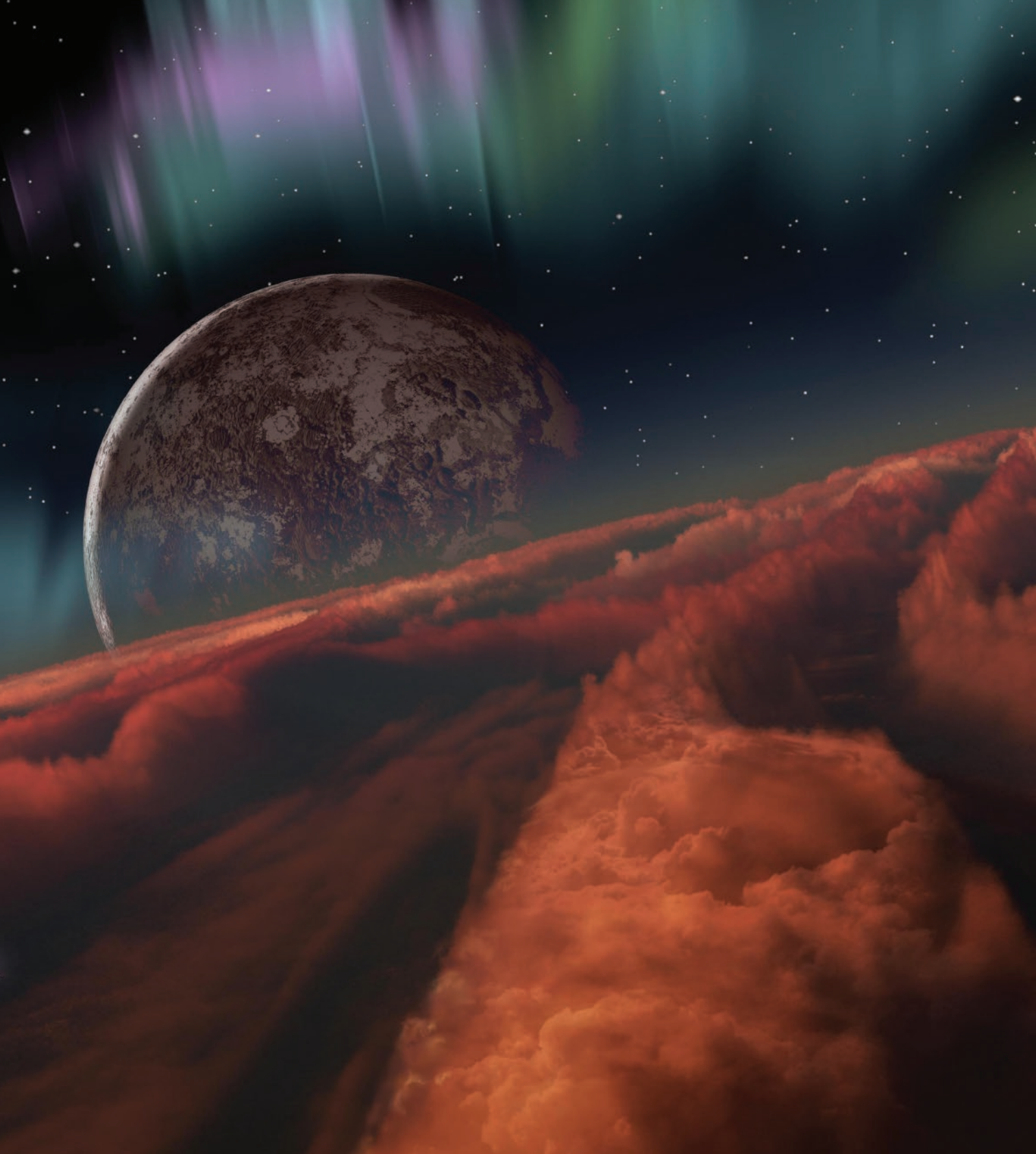
Эта воображаемая планета, обращающаяся вокруг красного карлика, имеет собственный спутник; оба небесных тела купаются в теплом сиянии своей звезды и ее вспышек

ПЛАНЕТОЛОГИЯ

# ТЕНИ ИНЫХ МИРОВ

Два телескопа, которые планируют запустить в этом году, возможно, обнаружат множество новых экзопланет

*Джошуа Уинн*



#### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

■ Самый продуктивный в мире спутник — охотник за планетами, космический телескоп NASA «Кеплер», скоро прекратит свою работу, но несколько новых проектов по обнаружению экзопланет должны начаться в этом году.

■ «Спутник по картографированию проходящих экзопланет» (TESS) и «Спутник для получения характеристик экзопланет» («Хеопс») совместно будут искать признаки других планет, проходящих на фоне своей звезды.

■ Ученые готовы добавить гораздо больше экзопланет к их растущему перечню, что позволит ответить на два вопроса: есть ли другие планеты, пригодные для жизни, и существует ли жизнь во Вселенной вне Земли?



**ОБ АВТОРЕ**

**Джошуа Уинн** (Joshua N. Winn) — астрофизик из Принстонского университета, занимающийся изучением того, как формируются и эволюционируют планеты у других звезд. Он участвовал в научной части проекта NASA «Кеплер» и выступает одним из научных руководителей проекта «Спутник по картографированию проходящих экзопланет» (TESS).



**У**тром 21 августа 2017 г. на покрытом густой травой лугу в Мидвейле, штат Айдахо, я и члены моей семьи благоговейно застыли в предвкушении редкого явления. Через несколько минут нас должна была накрыть тень Луны. Вместе с миллионами других людей, проделавшими неблизкий путь, мы собрались на узкой полоске земли, простирающейся от Орегона до Южной Каролины, чтобы увидеть полное солнечное затмение.

**КАК ЧИТАТЬ ЭТУ КАРТУ**

Каждая точка — это звезда, расположенная на карте в прямом восхождении (астрономический эквивалент долготы) и склонении (широты). Вам незнакома такая проекция? Представьте ночное небо в виде глобуса, в центре которого находится Земля. Эклиптика — это плоскость Солнечной системы.

Полюс эклиптической системы небесных координат



Гало вокруг каждой точки представляет собой яркость этой звезды при наблюдении с Земли.

- Очень яркие
- Едва различимые невооруженным глазом
- В 100 раз тусклее
- В 10 тыс. раз тусклее

**Красные точки**

(1650 таких точек) — это звезды, у которых «Кеплер» обнаружил планеты и их наличие было подтверждено. Почему такая странная, похожая на карту энергосети картина? Деформированные квадраты — это отдельные элементы фотокамеры телескопа на приборах с зарядовой связью (ПЗС). «Кеплер» в основном наблюдал один небольшой участок звездного неба, поэтому все его находки сгруппированы поблизости одна от другой.

Северный полюс эклиптической системы небесных координат

Небесный экватор

Эклиптика

**Голубые точки**

Звезды, наличие планет у которых было подтверждено и которые открыты в рамках других проектов, кроме «Кеплера». Большая часть из них — планеты-гиганты, которые легче заметить, чем планеты меньшего размера, но TESS будет нацелен на яркие звезды, у которых, возможно, будут заметны и небольшие планеты.

Южный полюс мира

Впоследствии я спрашивал себя, сколько подающих надежды юных астрономов родилось в тот момент, среди толпы, охваченной внушающим суеверный страх сумерками в разгар дня и очарованной редким зрелищем раскаленной добела солнечной короны. Солнечные затмения на протяжении многих веков, как, впрочем, и сейчас, были источником вдохновения и знаний. Мои собственные исследования основаны не на солнечных затмениях, а на совершенно другом типе затмения: прохождении экзопланеты. Хотя на самом деле телескопы не могут различить силуэт планеты, пролетающей на фоне поверхности своей звезды, когда та находится от нас на расстоянии в световые годы; едва заметного падения яркости, которое происходит, когда планета заслоняет собой небольшую часть диска звезды, достаточно, чтобы сообщить нам, что далекая планета существует.

Первое прохождение экзопланеты астрономы зарегистрировали в 1999 г. В течение следующего десятилетия их список превысил 100. На сегодня мы знаем почти 4 тыс. экзопланет, в основном

благодаря космическому телескопу NASA «Кеплер», работа которого должна завершиться в конце этого года. Хотя метод регистрации прохождения по диску звезды — в настоящее время самый эффективный способ обнаружения далеких планет, альтернативные приемы охоты за планетами позволили открыть еще более 700 других. При всем этом мы обнаружили огромное разнообразие планет, существование которых не предсказывала ни одна из теорий формирования планет, и есть основания полагать, что мы лишь скользим по поверхности гигантского океана.

В этом году и NASA, и Европейское космическое агентство (ЕКА) планируют запустить новые телескопы, задача которых — поиск прохождений планет. Тем временем новейшие телескопы, расположенные в обсерваториях на вершинах гор, расширяют поиск таких типов звезд, которые космические аппараты исследовать не собираются. Но все это лишь призвано разжечь аппетит для основного блюда — самого совершенного космического телескопа для регистрации звездных затмений, который ЕКА собирается запустить в 2026 г.



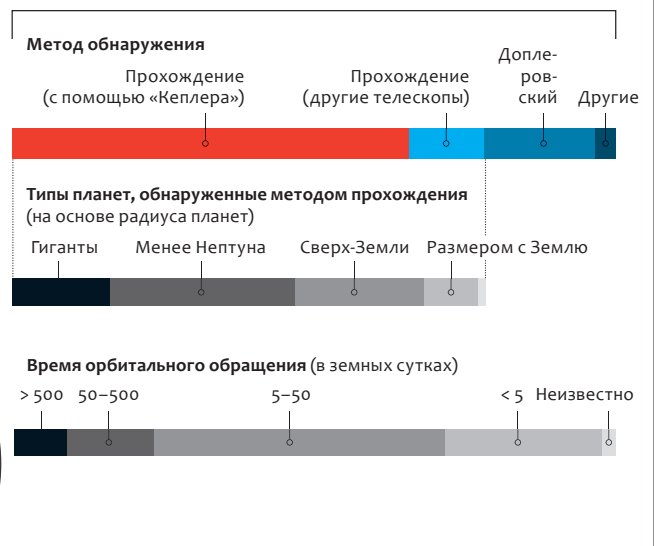
Южный полюс эклиптической системы небесных координат

**Желтые точки**  
Звезды, где TESS будет искать планеты. Моделирование выполнено на основе чувствительности TESS, а также научного представления о частоте встречаемости планет. Цели сосредоточены вокруг полюсов эклиптической системы координат, поскольку это именно те области звездного неба, где TESS соберет большую часть данных.

## Реестр экзопланет

Взлет науки по изучению экзопланет начался в середине 1990-х гг. С тех пор астрономы составили каталог, который в настоящее время включает в себя более 3,5 тыс. планет, обращающихся вокруг других звезд. Однако это всего лишь небольшая часть планет, которые, вероятно, там есть. Большинство открытий до сих пор были сделаны телескопом NASA «Кеплер», который скоро закончит свою работу. Эстафету от него примут две новых космических обсерватории, «Спутник по картографированию проходящих экзопланет» (TESS) NASA и «Спутник для получения характеристик экзопланет» («Хеопс») ЕКА, запуск которых должен состояться в 2018 г.

Суммарное количество подтвержденных экзопланет (по состоянию на 18 декабря 2017 г.): 3567



NASA EXOPLANET ARCHIVE (known host stars): "PLANET DETECTION SIMULATIONS FOR SEVERAL POSSIBLE TESS EXTENDED MISSIONS." BY L.G. BOUMA ET AL. PREPRINT SUBMITTED TO ARXIV.ORG ON MAY 24, 2017 (TESS targets). Graphic by Jan Willem Tuip



### Ландшафт на сегодня

Значительная часть из всего того, что нам сегодня известно об экзопланетах, получена «Кеплером». После запуска в 2009 г. эта космическая обсерватория вышла на орбиту вокруг Солнца и немигающим взором разглядывала кусочек неба, простирающийся от созвездия Лебедь до созвездия Лира, отслеживая яркость примерно 150 тыс. звезд. В 2013 г. ее работу перевели в запасной режим из-за отказа двух гироскопов, которые поддерживали ориентацию обсерватории в нужном направлении, но что удивительно — она смогла продолжить поиски новых планет.

И это несмотря на то, что затмения случаются довольно редко. «Кеплер» обнаружил свидетельства планетных затмений в виде короткого и периодического уменьшения яркости всего лишь у нескольких процентов наблюдаемых им звезд. Каждая такая последовательность провалов в яркости выдает существование планеты, чья плоскость орбиты оказалась почти строго лежащей на линии нашего наблюдения, вызывая очень слабое частное затмение каждый раз, когда планета проходит перед звездным диском. Степень ослабления излучения говорит нам об отношении площади сечения планеты к площади звездного диска. Понятно, что чем больше небесное тело, тем легче его обнаружить: например, Юпитер, проходящий перед Солнцем, если его рассматривать издалека, вызовет падение яркости нашего светила на 1%, тогда как потери света, вызванные затмением Солнца Землей, составят какие-то 0,01%. Никто еще не придумал, как измерить такой едва заметный сигнал с помощью телескопа, расположенного на Земле, — наша атмосфера слишком сильно «перемешивает» сигнал. По этой причине нам и необходимы космические телескопы.

«Кеплер» обнаружил почти 5 тыс. возможных планет, из которых существование более 3,5 тыс. уже подтверждено путем последующего анализа. Большая часть открытых «Кеплером» планет попадает в одну из двух категорий: первые размером примерно с Землю или чуть крупнее («сверх-Земли»), другие немного меньше, чем наша восьмая планета («мини-Нептуны»). Большинство планетных систем, которые обнаружил «Кеплер», включают лишь по одной известной планете, но у нескольких сотен их больше, а одна недавно обнаруженная система содержит восемь планет, как и Солнечная система. Эти цифры отражают свойственные «Кеплеру» «пристрастия» в поиске далеких миров — его способность легче обнаруживать планеты большего размера, обращающиеся вокруг своих звезд по орбитам меньшего размера, а также общие характеристики планет.

Некоторые из находок «Кеплера» были воистину удивительными. Например, его самое перспективное открытие, на мой взгляд, — существование

миниатюрных солнечных систем. В них не менее шести сгрудившихся вокруг звезды планет, орбиты которых даже меньше, чем орбита Меркурия, обращающегося вокруг Солнца. Столь важными их делает то, что они не уникальны. Если, глядя на ночное небо, вы направите свой взор на любую из звезд — аналогов нашего Солнца, то с вероятностью в 50% окажется, что у нее есть по крайней мере одна планета размером больше Земли, которая обращается по орбите вокруг этой звезды ближе, чем Меркурий вокруг Солнца. Никто не предвидел, что такие планеты — обычное явление, более того, некоторые из самых детальных теорий предсказывали, что они крайне редки. Чего-то фундаментального не хватает в стандартной теории формирования планет.

«Кеплер» также обнаружил несколько редких и причудливых планет, существование которых было предсказано... писателями-фантастами. Одна из моих самых любимых — *KOI 1843.03*, планета размером с Землю, расположенная настолько близко к своей звезде, что на ее дневной стороне температура должна составлять несколько тысяч градусов. Ее поверхность, вероятно, покрыта океанами магмы, она чем-то похожа на воображаемую планету Мустафар из фильма «Звездные войны», место кульминационной дуэли на световых мечах Оби-Вана и Энакина. Орбита *KOI 1843.03* столь мала, что полный оборот по ней планета совершает всего за 4 ч 15 мин — примерно столько же времени, сколько занимает просмотр третьего эпизода космической саги «Звездные войны» со всеми дополнительными материалами. Между тем Кеплер-16b напоминает Татуин — родную планету Люка Скайуокера: в ее небе сияют два солнца. Ее орбита проходит вокруг пары звезд этой двойной системы, которые сами обращаются друг вокруг друга.

Затем идет система Кеплер-36, где две планеты занимают практически одну и ту же орбиту, что вызывает их хаотическое взаимодействие. Даже если бы мы знали текущее положение планет с точностью до одного метра, то не смогли бы предсказать их расположение через несколько десятилетий — что-то вроде планетной версии «эффекта бабочки». На Земле научно-техническая революция началась с постижения законов движения планет. Только представьте, насколько труднее было бы это для ученых системы Кеплер-36!

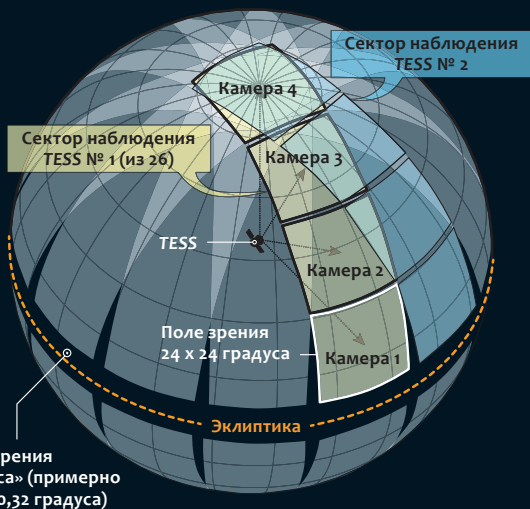
Изначально космический телескоп «Кеплер» проектировался для того, чтобы ответить на вопрос, занимающий умы уже сто лет: насколько широко распространены или редки планеты земного типа? Под этим термином большинство астрономов подразумевают планету такого же размера и массы, что и Земля, которая, вероятно, могла бы иметь океаны жидкой воды. Такая планета должна располагаться внутри области вокруг материнской звезды, где ее тепла достаточно, чтобы растопить

## В поисках планет

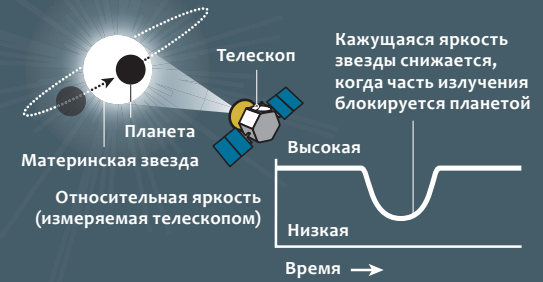
Наилучший прибор для обнаружения экзопланет у других звезд — космический телескоп «Кеплер» — скоро прекратит свою работу. На его место в 2018 г. должны быть запущены две новые обсерватории, предназначенные для охоты за планетами: «Спутник по картографированию проходящих экзопланет» (TESS) и «Спутник для получения характеристик экзопланет» («Хеопс»).

### ПЛАН НАБЛЮДЕНИЙ

Если «Кеплер» ищет планеты в небольшой области звездного неба, то TESS сможет покрыть примерно 80% небесной сферы. Четыре камеры телескопа обеспечат ему большое поле обзора, ограниченное телесным углом 24 на 96 градусов. Он поделит небо на 26 взаимоперекрывающихся секторов, и каждый из них будет просматривать один месяц. «Хеопс», в отличие от него, будет изучать отдельные звезды, которые, как астрономы уже сейчас подозревают, имеют планеты, чтобы проверить на наличие у них затмений и получить более точные данные.



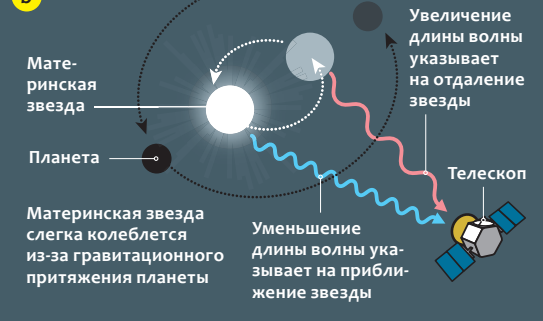
### а Метод фиксации прохода



### КАК НАЙТИ ПЛАНЕТЫ

Телескопы космических обсерваторий «Кеплер», TESS и «Хеопс» используют для обнаружения планет у звезд «метод фиксации прохождения» (а). При наблюдении с Земли, когда планеты движутся на фоне своих звезд, они блокируют некоторую часть излучения звезды, вызывая ее слабое потускнение. Проанализировав ослабление светового потока можно обнаружить слишком тусклые планеты. С помощью метода доплеровской спектроскопии (b) ищут звезды, которые не тускнеют, а раскачиваются. Если доплеровский сдвиг излучения звезды показывает, что она регулярно раскачивается взад и вперед, то, должно быть, это вызвано гравитационным притяжением планеты, когда она облетает звезду. Для этого метода, в отличие от метода фиксации прохода, не требуется, чтобы звезда и планета лежали на одной прямой по направлению к Земле.

### б Доплеровской метод



водяной лед, но не испарить его. Ученые называют этот диапазон расстояний до звезды «зоной, пригодной для жизни», поскольку они считают, что наличие жидкой воды было критически важным для зарождения жизни на Земле, поэтому, возможно, это справедливо и где-то еще.

«Кеплер» обнаружил примерно десяток каменных планет в пригодной для жизни зоне, подводя нас вплотную к порогу, для которым лежит ответ на этот вопрос. Теперь нам остается лишь разделить их число на общее число звезд, которые исследовал «Кеплер», чтобы подсчитать процент звезд с планетами земного типа, не так ли? На словах все просто. На практике эти вычисления необычайно сложны. Совсем не очевидно, сколько звезд из тех, что исследовал «Кеплер», были малыми, яркими и достаточно стабильными, чтобы телескоп смог обнаружить планеты земного типа

возле них. Подсчет этого займет еще год или около того — нужно досконально исследовать данные и установить свойства звезд.

### Окно становится шире

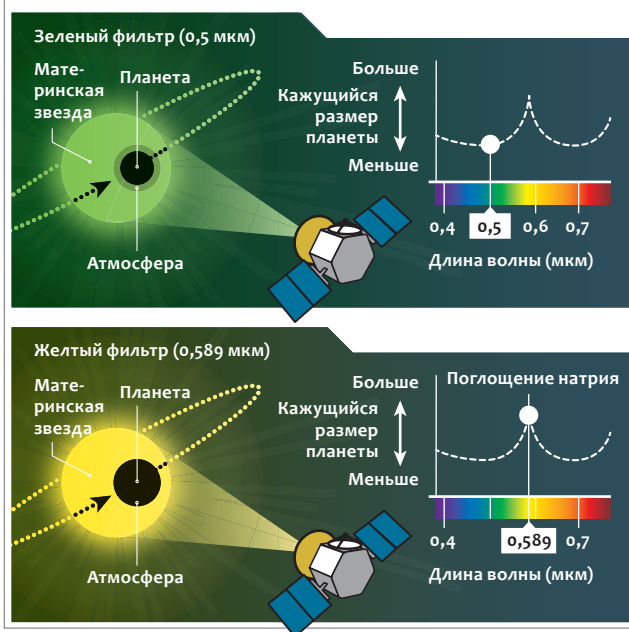
Как бы мы ни любили «Кеплер», программа эта имела серьезные ограничения: телескоп был ориентирован в основном в одном направлении и просматривал всего 1/400-ю часть звездного неба. В результате, чтобы эти исследования имели какую-нибудь ценность, «Кеплер» должен был всматриваться в этом направлении очень далеко, чтобы отследить достаточно большую выборку звезд. Типичная звезда, зарегистрированная «Кеплером», находится от нас на расстоянии нескольких тысяч световых лет.

Сегодня я, как и любой другой астроном, наслаждаюсь ослепительной возможностью услышать



## Разглядывание атмосферы

Помимо простого выяснения факта существования планет прохождения иногда сообщают ученым, из чего состоит атмосфера планеты. Когда планета затеняет собой звезду, часть излучения светила по пути к Земле проходит через атмосферу планеты. Каждые атом и молекула поглощают и рассеивают свет присущей им длины волны в зависимости от энергии их электронов. Рассматривая звезды через цветные фильтры и сравнивая, свет каких длин волн проходит, когда планета блокирует звезду и когда она находится в стороне от нее, ученые выделяют характеристики света, присущие планете.



рассказ о далеких небесных телах, находящихся от нас на расстоянии в квадриллионы километров. Но с практической точки зрения «очень далеко» — это плохо. Далекие звезды тусклы, и в наши телескопы от них попадает лишь тонкий ручеек фотонов. Такая низкая интенсивность сигнала ограничивает точность полученных данных и делает некоторые измерения невозможными. Например, мы не можем измерить массу большинства из открытых «Кеплером» планет. Изменение сигнала при прохождении говорит нам о диаметре планеты, но не о ее массе. Эта брешь оставляет нас в неведении о том, с какого рода планетой мы имеем дело. Может быть, она плотная и каменная, как Земля? Или «рыхлая» и газовая вроде Юпитера и Сатурна? А быть может, нечто среднее? Только зная диаметр и массу, мы сможем дать определенный ответ.

Обычный способ определить массу планеты — измерить ускорение звезды, вызванное гравитационным полем планеты: чем массивнее планета, тем сильнее она притягивает звезду. Движение звезды мы отслеживаем, используя эффект Доплера — небольшое смещение длины волны излучения звезды, вызванное ее движением

по направлению от нас или к нам. (Иногда этот метод позволяет нам даже открыть ранее неизвестные планеты, поскольку мы можем зарегистрировать выдающие тайну колебания звезды, даже если планета не проходит на фоне ее диска.) Этот метод требует спектроскопии высокого разрешения: необходимо разложить свет от звезды в радугу и измерить интенсивность ее излучения как минимум для 50 тыс. различных длин волны. Для тусклых звезд, увы, света недостаточно, чтобы разделить его на такое количество порций.

Следующий проект NASA, «Спутник по картографированию проходящих экзопланет» (*Transiting Exoplanet Survey Satellite, TESS*), в котором я один из научных руководителей, ставит перед собой задачу решить эту проблему. На его борту будет четыре телескопа, каждый с диаметром зеркала 10 см, что в десять раз меньше зеркала телескопа «Кеплер». Такой набор приборов, возможно, покажется странным: обычно прогресс идет в сторону увеличения диаметра объектива телескопов, а не уменьшения. Но преимущество телескопа меньшего размера — более широкое поле зрения; обратно пропорциональная зависимость между площадью собирающего зеркала и полем зрения следует из фундаментальных законов оптики. Каждая фотокамера спутника *TESS* видит почти в шесть раз большую область неба, чем «Кеплер», а кроме того, сам спутник будет вращаться в различных направлениях небесной сферы. В итоге *TESS* должен иметь возможность рассмотреть намного больше ярких звезд, чем те несколько, которые случайно оказались в узком поле зрения «Кеплера».

Запуск спутника *TESS* запланирован в промежутке между мартом и июнем этого года. В течение следующих двух лет *TESS* просканирует примерно 90% звездного неба, поделив его на 26 частично перекрывающихся секторов и изучая каждый из секторов в течение примерно одного месяца. Мы полагаем, что, как и «Кеплер», *TESS* обнаружит тысячи планет, но они будут у звезд, которые в большинстве случаев в 30 раз ярче. Такая яркость станет огромным преимуществом, когда мы воспользуемся наземными телескопами, чтобы проверить открытия *TESS*. Чтобы иметь возможность подтвердить находки «Кеплера», площадь светособирающей поверхности телескопов нужно было бы увеличить в 30 раз.

Немного от *TESS* отстают и европейский космический проект «Хеопс» — «Спутник для получения характеристик экзопланет» (*Characterising Exoplanet Satellite, CHEOPS*), запуск которого запланирован на конец 2018 г. На «Хеопсе» всего один телескоп с зеркалом диаметром 32 см, он будет использоваться для нескольких иных, в том числе дополняющих *TESS* задач. Если *TESS* методично и по заранее заданной программе будет сканировать широкие полосы неба, то «Хеопс» будет

нацелен на отдельные звезды, для которых уже есть определенные свидетельства существования планет, и соберет о них более точные данные.

Например, если *TESS* обнаружит заслуживающее внимание, но неоднозначной статистической значимости признаки существования планеты, в этом случае я или один из моих коллег, работающих по программе *TESS*, снимет трубку красного телефона горячей линии, соединяющей нас с группой «Хеопса», и попросит более пристально ее рассмотреть. Или возьмем Проксиму Центавра и *Ross 128* — две соседних звезды, для которых метод Доплера получил свидетельства того, что планеты массой с Землю вызывают их смещение. «Хеопс» сможет проверить, действительно ли эти и другие планеты вызывают затмения. Хотя телескопу потребуется изрядная доля везения, поскольку вероятность того, что мы наблюдаем орбиту планеты с нужного направления, невелика. Для Проксимы Центавра эта вероятность составляет всего 1,4%. Но если мы сорвем банк, то сможем узнать об этих планетах намного больше, чем иными способами.

### Звезды-лилипуты

Эти новые приборы позволят нам подойти к следующей границе в охоте за планетами, однако и у них все же есть свои недостатки. Чтобы быть уверенным, что потускнение звезды вызвано прохождением небесного тела, а не глюком аппаратуры, ученые желают увидеть его повторение по крайней мере еще раз, а лучше — много раз. При этом *TESS* будет разглядывать любую конкретную звезду в течение всего лишь одного месяца — недостаточно долго, чтобы увидеть несколько проходов таких планет, как Земля, которой, чтобы облететь вокруг своей звезды, требуется год. Для нескольких процентов звездного неба, где перекрываются все секторы наблюдения *TESS*, он будет вести наблюдение в течение года — но даже такой промежуток времени намного короче, чем четырехлетнее разглядывание «Кеплера».

В результате *TESS* в основном ограничится обнаружением планет, период обращения которых очень мал, несколько недель или даже меньше — не идеальный вариант. Такой короткий срок был главным компромиссом, на который ученые пошли, чтобы уложиться в бюджет программы, в объеме \$228 млн. Мы сочли это разумной уступкой, поскольку «Кеплер» показал нам, что огромное множество планет располагаются на орбитах с коротким периодом обращения: планеты, покрытые лавой, планеты низкой плотности — так называемые планеты-дождевики, хаотически взаимодействующие планеты, и даже планеты, которые, по всей видимости, разрушаются в яростном пожаре своих звезд. *TESS* обнаружит самых близких к Земле представителей всех типов экзотических

звезд — те, которые проще всего изучать. А вот планетам по-настоящему земного типа придется подождать.

Тем не менее *TESS* — важная часть долговременной программы поиска жизни на других планетах. Мы предсказываем, что *TESS* найдет примерно десятков планет внутри пригодной для жизни зоны, то есть примерно столько же, сколько и «Кеплер». Весь фокус в том, чтобы перестать настаивать исключительно на звездах солнечного типа. Астрономы привыкли рассматривать Солнце как вполне обычную звезду, одну из сотен миллиардов звезд в галактике Млечный Путь. Но это мелкий невинный обман. На самом деле Солнце крупнее средне-статистической звезды. Большая часть звезд в Галактике — это так называемые красные карлики, более холодные и тусклые звезды массой менее половины массы Солнца; если бы Солнце уменьшилось до размеров прожектора на бродвейской сцене, красный карлик стал бы свечой.

Нужно стоять очень близко к свече, чтобы получить столько же тепла, сколько от прожектора. Следовательно, зона, пригодная для жизни, у красного карлика лежит очень близко к звезде, там, где период обращения короток. Удачно короток. У красного карлика с массой в пять раз меньшей, чем у Солнца, любые планеты в зоне, пригодной для жизни, совершали бы полный оборот всего за несколько недель, что включает их в коридор для охоты космического телескопа *TESS*. Среди нескольких сотен тысяч звезд — кандидатов для наблюдения телескопами *TESS* примерно 50 тыс. красных карликов. Хотя красные карлики тусклы, они более чем компенсируют это своими небольшими размерами, что позволяет планетам проще блокировать значительную часть их поверхности при прохождении, вызывая тем самым значительное снижение светового потока на наши телескопы. Например, параметры обнаружения планеты будут одинаковыми при проходе перед звездой, которая в 16 раз тусклее, чем другая звезда, при условии, что радиус первой звезды всего вдвое меньше радиуса второй. Получается, что планеты, расположенные перед красными карликами, настолько заметны, что для их обнаружения не обязательно даже использовать космический телескоп.

По этой причине ряд программ по поиску планет у красных карликов ведутся в настоящее время на наземных телескопах. А поскольку звезды эти тусклые, астрономы используют большие телескопы, которые неизбежно будут иметь узкое поле зрения. Они должны наблюдать звезды поочередно одна за одной, что делает такую работу малоэффективной и долговременной затеей. В результате за несколько лет поисков были выявлены лишь три планетные системы, но они — среди самых сенсационных открытий в этой области. Одна из них, *TRAPPIST-1*, стала главной сенсацией



в начале 2017 г. Эта крошечная планетная система имеет семь — да, семь! — планет размером с Землю, плотно упакованных в окрестности объекта такой малой массы, что он с большой натяжкой получил право называться звездой. По крайней мере две из этих семи планет расположены в зоне, пригодной для жизни. Само название *TRAPPIST*, вероятно, акроним, но вообще-то это и один из любимых сортов пива научного руководителя проекта бельгийца Микаэля Жийона (Michaël Gillon), который окрестил еще более амбициозный проект *SPECULOOS* — по названию одного из своих любимых сортов печенья.

### Предстоящий путь

После завершения всех этих космических программ и программ исследований с использованием наземных телескопов мы будем знать местоположение тысяч проходящих планет, которые расположены у звезд достаточно ярких для дальнейших подробных исследований. Мы можем с нетерпением ждать измерения их масс, изучения планетной структуры и получения новых ключей к построению правильной теории формирования планет. И если все пойдет хорошо, мы получим в свое распоряжение растущую коллекцию потенциально обитаемых планет размером с Землю.

И что потом? Как мы сможем сделать следующий шаг и выявить, действительно ли эти потенциально обитаемые планеты обитаемы? Традиционный подход, отстаиваемый с 1950-х гг., — направить большой радиотелескоп на звезду и надеяться, что мы сможем настроиться на радиовещание какой-нибудь из разумных внеземных цивилизаций. Хотя это и обоснованный план, у нас нет ни малейшего представления о том, сработает ли он когда-нибудь.

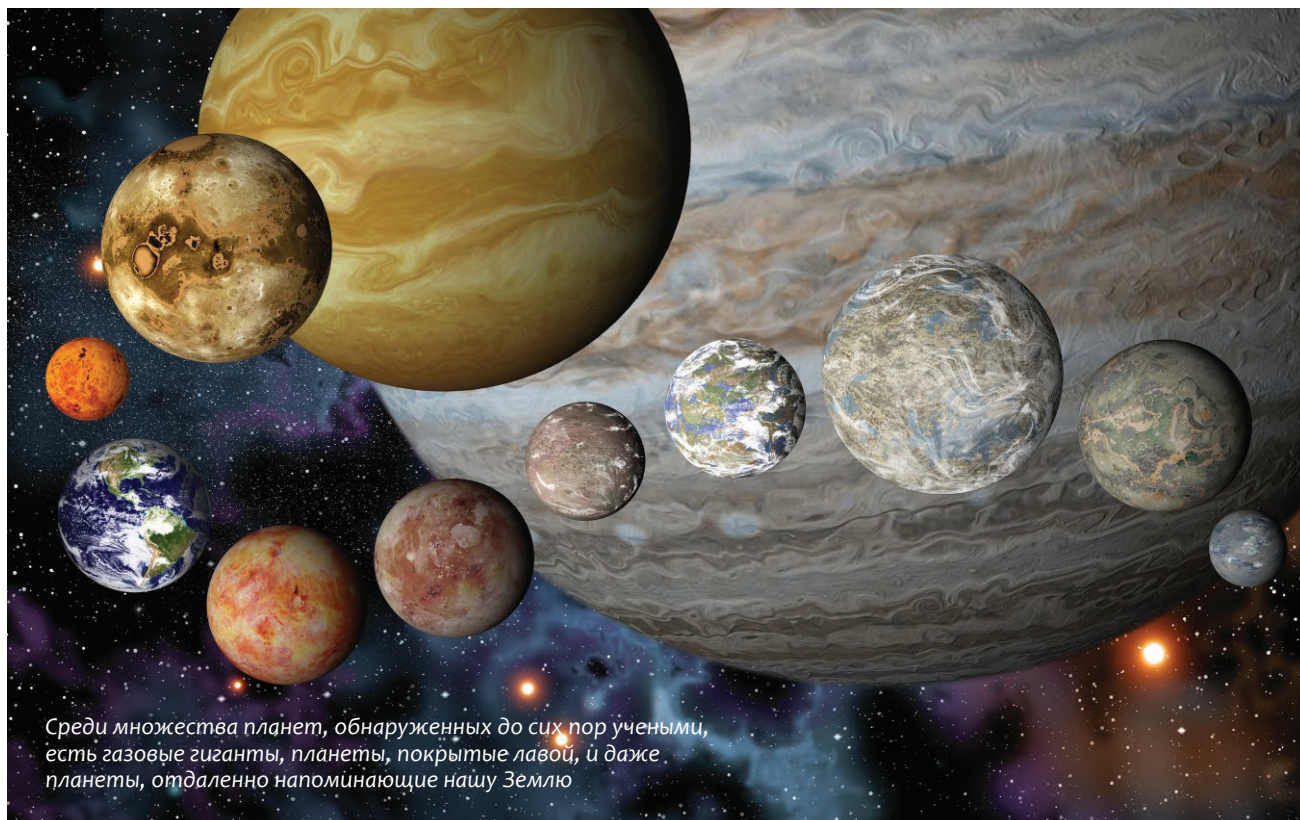
Другой подход — анализировать атмосферу планеты в поисках следов жизни. Мы можем провести такой анализ, проделав фокус с прохождением планеты через диск звезды. Верхние слои атмосферы планеты полупрозрачны, поэтому когда последняя находится перед звездой, небольшая часть излучения звезды фильтруется атмосферой планеты и, выходя с другой ее стороны, продолжает свой путь к нашим телескопам. Следовательно, мы можем использовать традиционную технику спектроскопии, чтобы исследовать состав атмосферы планеты. У каждого атома или молекулы есть свои любимые длины волн, которые они поглощают или рассеивают в других направлениях. Этот фаворитизм возникает из дискретного набора энергий, которыми обладают электроны в соответствии с квантовой теорией. Натрий, например, любит специфический оттенок желто-оранжевого цвета, поскольку внешний электрон атома натрия может легко поглощать свет с длиной волны 589 нм.

Значит, весь фокус в том, чтобы зафиксировать спектр звезды непосредственно перед, во время и сразу же после прохождения. Во время прохода атомы и молекулы атмосферы планеты ослабляют излучение звезды на своих любимых длинах волн, слегка изменяя наблюдаемый спектр излучения звезды. Затем, после завершения прохождения, мы снова видим обычный, ничем не искаженный спектр излучения звезды. Если мы проделаем это достаточно тщательно, то сможем найти разницу между нормальным спектром и спектром во время прохождения и выделить мельчайшие изменения, вызванные планетой.

Астрономы применили этот метод для проходящих планет размером с Юпитер и даже планет размерами с Нептун и Уран. Были обнаружены молекулы, такие как метан, закись углерода и воды в атмосфере далеких миров. Но мы никогда не использовали этот метод для изучения планет размером с Землю, поскольку сигнал от них очень слаб и единственные звезды, у которых они найдены до сих пор, слишком тусклы и находятся слишком далеко. Если мы когда-нибудь обнаружим кислород в атмосфере экзo-Земли, это вызовет всеобщее ликование. Причина, по которой в атмосфере Земли так много кислорода, — это существование на ней жизни. Если жизнь на Земле внезапно исчезнет, черные породы в земной коре впитают в себя весь кислород и образуют окислы в течение всего нескольких миллионов лет. А значит, говорит нам разум, планета с большим количеством кислорода — вполне вероятное прибежище «маленьких зеленых человечков» или по крайней мере какого-то вида организмов. Поэтому будем надеяться, что предстоящие программы наблюдения позволят открыть планеты, сопоставимые по размеру с Землей, у настолько ярких звезд, что мы сможем получить ответы на вопрос об их атмосферах.

В этом смысле *TESS*, «Хеопс» и *SPECULOOS* проделают работу разведчика для обсерватории нового поколения — Космического телескопа им. Джеймса Уэбба. Этот аппарат стоимостью \$10 млрд планируют запустить в 2019 г. Это чудо техники, решая и множество других задач, будет гораздо более мощным прибором для спектроскопии проходящих планет. Но запланированный срок жизни телескопа Уэбба составит всего пятьдесят лет, пока у него не закончится топливо, которое ему требуется для сохранения своей орбиты. Такой график создает определенную срочность для обнаружения наилучших и самых ярких целей на звездном небе.

Поскольку время наблюдения на Космическом телескопе им. Джеймса Уэбба будет пользоваться огромным спросом, ряд астрономов, занимающихся изучением экзoпланет, объединились, чтобы предложить специализированные космические телескопы, которые будут задействованы



Среди множества планет, обнаруженных до сих пор учеными, есть газовые гиганты, планеты, покрытые лавой, и даже планеты, отдаленно напоминающие нашу Землю

исключительно в спектроскопии проходящих экзопланет. Такая американская программа называется «Изящество» («Зонд для исследования экзопланет с помощью скоростной инфракрасной спектроскопии», *Fast INfrared Exoplanet Spectroscopy Survey Explorer, FINESSE*), а ее европейский аналог получил имя «Ариэль» («Большой обзор атмосфер экзопланет с помощью дистанционного инфракрасного зондирования», *Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey, ARIEL*). Слово «инфракрасный» присутствует в названии обоих космических зондов потому, что такие молекулы, как молекулы воды и окиси углерода, легче всего обнаружить в инфракрасном диапазоне длин волн. Через год или два мы узнаем, насколько успешно продвигается работа по этим программам.

Еще дальше в будущее уходят планы по постройке европейского космического телескопа «Платон», запуск которого запланирован на 2026 г. Я представляю «Платон» как «супер-TESS», на борту которого вместо четырех будет 24 телескопа для сканирования звездного неба. «Платон» должен иметь возможность поиска планет, обладая большей чувствительностью и в течение более длительного времени, чем телескопы до него.

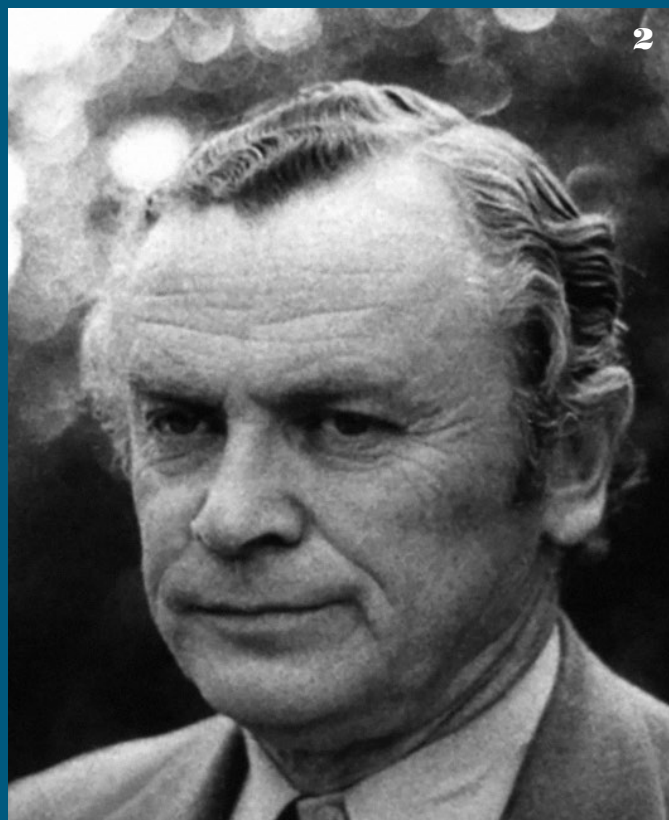
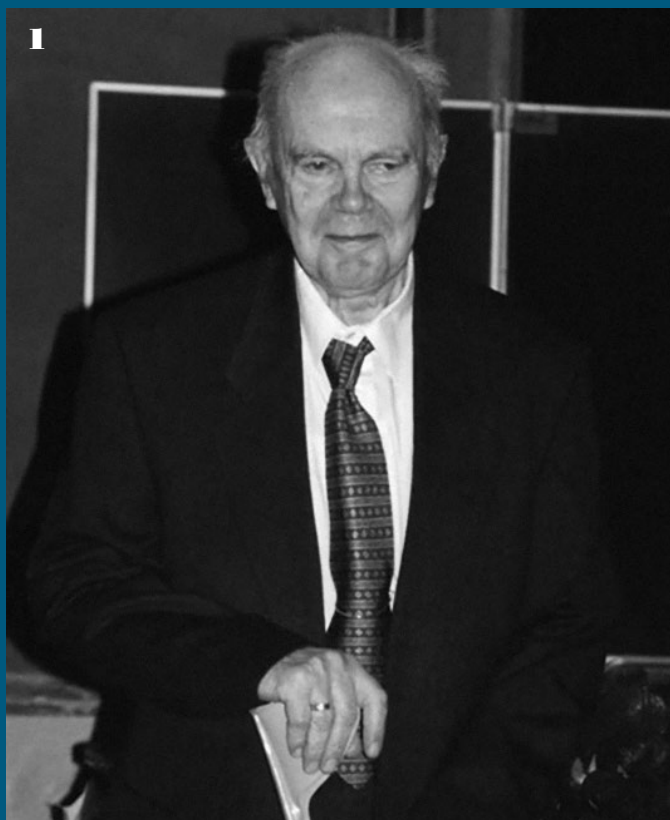
И по меньшей мере столь же важно то, что качество данных «Платона» будет достаточно высоким, чтобы зарегистрировать изменение яркости, вызванное колебаниями звезды. Оказывается, что звезды, как и любые жидкие тела, покрываются

рябью волн, которые чем-то сродни землетрясениям, и именно поэтому их исследования получили название «астросейсмология». Частота и картина этих колебаний зависят от внутренней структуры звезды, таких ее параметров, как плотность и состав. Когда «Платон» найдет планету, мы извлечем пользу из более глубокого понимания основных свойств звезды, включая то, которое в настоящее время от нас скрыто: ее возраст. По истечении некоторого времени колебания раскрывают возраст, поскольку ядерный горн в центре звезды превращает все больше водорода в гелий, производя едва заметные изменения частоты волн на поверхности. С помощью методов астросейсмологии мы можем выяснить, началась ли реакция синтеза в звезде только что или же она идет там уже в течение 10 млрд лет. Мы сможем увидеть, как планетные системы эволюционируют в космических масштабах времени.

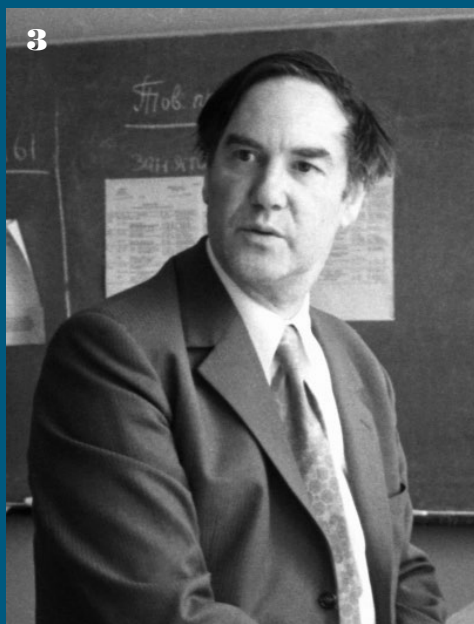
В промежутке между текущим анализом данных с «Кеплера» и предстоящими запусками телескопов TESS, «Хеопс», «Уэбб» и «Платон» работы по поиску экзопланет хватит на всех. Мы наконец готовы нырнуть в бесконечный океан, который только только начали исследовать. И всем тем подающим надежды молодым астрономам, что были поражены солнечным затмением в прошлом году, предстоит изучить множество планетных затмений. ■

Перевод: А.П. Кузнецов





1. Ректор МФТИ с 1987 по 1997 г. Н.В. Карлов
2. Ректор МФТИ с 1962 г. О.М. Белоцерковский
3. С.П. Капица в МФТИ, 1973 г.
4. На экзамене



# Система Физтеха

Продолжаем знакомство с книгой **Сергея Петровича Капицы** «Мои воспоминания». Предлагаем вашему вниманию фрагмент, в котором он рассказывает о своей работе в Московском физико-техническом институте.

*(Из книги С.П. Капицы «Мои воспоминания»)*

Петр Леонидович Капица, один из инициаторов создания МФТИ, так сформулировал принципы «системы Физтеха»:

1. Подготовка студентов по специальности проводится непосредственно научными работниками базовых институтов на новом техническом оборудовании этих учреждений.

2. Подготовка в базовых институтах предусматривает индивидуальную работу с каждым студентом.

3. Каждый студент должен участвовать в научной работе начиная со второго-третьего курса.

4. При окончании института студент должен владеть современными методами теоретических и экспериментальных исследований, иметь достаточные инженерные знания для решения современных технических задач.

*(«За науку», многотиражная газета МФТИ, № 13–14, 10.06.1965)*

Работа в Физтехе заняла в моей жизни существенное место. В 1946 г. было создано учебное заведение совершенно нового типа — Московский физико-технический институт (МФТИ).

Этот институт был задуман рядом наших крупнейших ученых, в первую очередь физиков, еще до войны. В 1938 г. в «Правде» появилась статья под названием «Нужна высшая политехническая школа», в которой формулировалась необходимость создания передовой школы, где учеба могла бы совмещаться с практической работой. В университете этого достичь не удавалось, а особенно велик разрыв между наукой и образованием был в области физики. В Физическом институте Академии наук СССР, в Институте физических проблем науки стояла на высоком уровне, но мало кто из крупных ученых имел возможность преподавать в Московском университете. Между этими организациями была большая напряженность, и это, конечно, мешало воспитанию молодых кадров.

Прошла война, взорвалась атомная бомба. Этот технологический прорыв показал, насколько важен союз между наукой и практическими возможностями, которые эта наука дает. Идея Физтеха получила новое движение. В результате сложных

переговоров, в которых большую роль сыграли отец и другие крупные ученые нашей страны, Петр Леонидович вместе с С.А. Христиановичем написали устав нового института и поставили перед руководством страны, в первую очередь перед Сталиным, вопрос о необходимости создания нового учебного заведения. Так был организован Московский физико-технический институт.

До этого считалось, что академическая наука должна быть отделена от образования и нельзя допускать совместительства преподавания и научной работы. В новом вузе, который был призван обеспечить процесс воспроизводства науки, главной заботой стало привлечение профессуры и молодых преподавателей из разных институтов Москвы. В Физтех пришли люди, которые занимались наукой, теоретической и экспериментальной, самых разных направлений.

В начале 1960-х гг. стало ясно, что Физтеху нужно дать новый импульс. Старые кадры, старые люди, которые его создали, должны были передать эстафету дальше. И тогда ректором Физтеха стал Олег Михайлович Белоцерковский, ученик Анатолия Алексеевича Дородницына, с которым мы вместе начинали работать в ЦАГИ. Потом он перешел в вычислительный центр Академии наук, а я — в ГеоФИАН, и наши пути разошлись.

В 1959 г. я начал читать в Физтехе курс электроники СВЧ и ускорителей, а с 1964 г. стал заведовать кафедрой общей физики, которую до этого возглавлял научный сотрудник Института физических проблем, член-корреспондент Академии наук Николай Евгеньевич Алексеевский\*. Я завел кафедру 35 лет, до 1998 г., посвятив этому делу половину жизни.

Это была очень интересная и ответственная работа, у нас было 130 преподавателей, половина из которых были совместителями из самых крупных исследовательских институтов Москвы разных ведомств: Академии наук, Атомного ведомства, ЦАГИ и многих других учреждений.

Кафедра физики и курс общей физики занимают центральное место в учебном плане, во всем учебном процессе Физтеха. Это определено значением физики в современной системе естественных наук. С одной стороны, физика стала основой наших представлений о природе в целом — от бесконечно



удаленных галактик Вселенной до звезд и планет, мира живого и неживой материи, наконец, атома, ядра и самих элементарных частиц. С другой стороны, практически все достижения современной техники, множество технологических процессов стали возможными благодаря открытиям физики и пониманию природы, которая она дает. Именно в понимании природы вещей заключено все могущество физики как науки, и поэтому так ценно образование, которое дает физика.

Моя главная ответственность была даже не столько читать лекции — я читал механику на первом курсе, — сколько обеспечивать комплектацию профессуры этой кафедры. Надо было находить людей, которые действительно способны были учить, хотели учить и могли научить. Далеко не всегда эти способности соединяются в одном человеке. А нам нужно было найти именно таких людей, которые на почасовой основе раз в неделю приезжали бы в Физтех вести занятия. Часть из них читали лекции — это была наиболее сложная работа. Курс был един, программа была единой, но исполнение могло быть разным. Я считаю, что так и должно быть, — каждый может по-своему аранжировать музыку, которую он играет.

Мы готовили молодых студентов на младших курсах, а затем они растекались по кафедрам различных специальностей. По той же системе их учили математике, и эта физико-математическая основа была единой для всех факультетов.

Первоначально «Курс общей физики» читался первые пять семестров, а позже он продолжался уже полных три курса и, как и раньше, завершался заключительным экзаменом. Это было уникальное событие. К экзамену привлекались не только преподаватели самой кафедры, но и ученые из основных базовых институтов. Таким образом, каждый год не только экзаменовались наши студенты, но и кафедра выносила на нелицеприятный смотр коллег результаты своей работы. Я сам при этом многому научился.

В основе нашей работы лежала идея, что мы должны добиваться не столько знаний, сколько понимания. Студенты представляли на экзамен собственное самостоятельное исследование или реферат какой-либо актуальной работы, выполненные под руководством преподавателя, ведущего семинарские занятия. Так, уже со студенческой скамьи устанавливалась связь поколений и происходил отбор учеников, что и привлекало к преподаванию работающих физиков очень высокой квалификации.

Экзаменов было два — устный и письменный. На письменном студенты решали задачи, причем каждый раз составлялись новые задачи. Придумать задачи для такого экзамена — это своеобразная творческая работа, способность человека поставить задачу для такого экзамена характеризует

его творческий потенциал. И, как правило, наши совместители, люди, занимающиеся живой наукой, справлялись с этим гораздо лучше, чем профессиональные преподаватели, не связанные с корпусом мировой науки.

На устный экзамен студент приходил с вопросом, который он сам приготовил. Никаких билетов не было, можно было пользоваться любыми пособиями, любыми справочниками, записками. Нельзя было только одного — консультироваться с товарищами и преподавателями.

На экзаменах бывали разные анекдотические случаи.

Один раз я пришел на экзамен и вижу крайне затрудненную обстановку: сидит комиссия из трех человек, а перед ними высокая, симпатичного вида, но худая и изможденная девица, пытается что-то ответить. Видно, что ей как-то не по себе, да и экзаменаторам тоже не по себе. Я спрашиваю: «В чем дело?». — «Вот мы, — говорит, — не знаем, что делать, надо двойку ставить...» А я смотрю в ее зачетку и вижу лучшие отметки по физике за все предыдущие экзамены. А сейчас, судя по тому, что говорят преподаватели, «ни в зуб ногой». Я попросил девицу выйти и позвал преподавателя ее подгруппы. Он приходит. «Вот мы никак не можем разобраться с этой студенткой». — «Так она две недели назад родила двойню!» Тогда я потребовал поставить ей четверку или пятерку, а эти зануды говорят: «Вы имеете право повысить нашу оценку только на один балл. Мы ей ставим двойку, так что выходит не больше тройки!» — «Нет, — говорю, — ставьте ей четверку и отстаньте от нее». Я все-таки завкафедрой, так что пришлось им послушаться.

Как-то раз чуть ли не целый поток решил задачу с одинаковой ошибкой. Было очевидно, что произошла утечка информации. Мы стали выяснять, в чем дело, и обнаружили, что студенты наладили радиопередатчик и передавали решение задачи по радио. Такая целая операция. Через несколько часов после конца экзамена приехала на машинах страшно грозная комиссия, вооруженная какими-то специальными аппаратами. Это в КГБ прослушали сигнал, который содержал всякие технические подробности, они как-то проследили, где мы находимся, и прибежали искать злоумышленников. К тому времени экзамен уже кончился, и обнаружить никого не удалось, поскольку они все разбежались. Потом в ректорской уборной я обнаружил на стекле кабинки надпись, что такого-то числа во время госэкзамена отсюда велась передача. И надо же было им спрятаться именно в этом месте!

Студенты готовили экзаменационные доклады на больших листах ватмана, их развешивали перед комиссией: слайд-шоу тогда еще не было. И была традиция: после экзаменов эти листы

развешивались по заборам вокруг института. Это тоже приводило в ужас все наши секретные организации, говорили, что будто бы враги со спутника увидят, чем мы тут занимаемся.

В нашей стране время от времени возникает вопрос об отсрочках при призыве в армию. Всякий раз когда по различным причинам количество призывников не устраивает наших военных, они пытаются компенсировать нехватку солдат за счет студентов. Это тема, которая очень будоражила умы, и мы не раз обсуждали ее на Физтехе. У меня на это счет совершенно определенная позиция: студенты — это интеллектуальный потенциал страны, и забирать их в армию — значит нанести огромный вред государству.

В начале горбачевской эпохи был такой эпизод. Как-то меня пригласил к себе на дачу академик Фролов\*\*, он был тогда помощником Михаила Сергеевича Горбачева\*\*\*. У него я застал компанию малознакомых мне людей и беседу, никак меня не касающуюся. В какой-то момент Фролов предложил мне выйти с ним в сад и там сказал, что опять пошли разговоры о призыве студентов в армию. «Михаил Сергеевич против этого, но ему очень трудно противостоять военным. Не можешь ли ты организовать письмо академиков, что этого делать нельзя?». Я ответил, что полностью разделяю эту позицию и постараюсь сделать все, что от меня зависит. Тогда у меня уже был компьютер, я подготовил на нем текст и во время очередной сессии отправился в академию наук, где встретился с рядом очень влиятельных членов академии. Никто из них не отказался поставить свою подпись, и, соблюдая некую конспирацию, я передал подписанное письмо Ивану Тимофеевичу. Когда этот вопрос рассматривался на заседании Политбюро, Горбачев сказал: «Да, мы должны поднять уровень армии. Образованные студенты, конечно, могут в этом помочь. Но вот мне академики пишут, что это погубит наши науку и технику». И на этот раз вопрос был снят. Но на этом деле не кончилось.

По-видимому, всякий раз когда ослабевает центральная власть, каждый начинает толкать вперед свои интересы. Вопрос о призыве студентов снова возник во время противостояния Ельцина и Хасбулатова. В один прекрасный день ко мне в лабораторию явились двое и представились офицерами генерального штаба. Я подумал, что у них есть вопросы, как-то связанные с нашими ускорителями, дело было рядом с помещением, где они стояли. Но гости пожелали разговаривать в саду. «Сейчас опять поднимается вопрос о призыве студентов в армию. Нам известно, что в свое время, при Горбачеве, вы организовали письмо, посвященное этому вопросу. Вы не изменили свою точку зрения?». Я ответил, что не изменил свою позицию и думаю, что выражаю мнение

всего научно-технического сообщества. «Вы готовы встретиться с Хасбулатовым или с Ельциным по этому поводу?». Я ответил, что готов, и через несколько дней, поздно вечером, меня отвезли в Белый дом. Наверное, минут 40 я ждал около кабинета Хасбулатова, наконец он вышел, и мы с ним пошли гулять по коридорам Белого дома. Я объяснил ему существо проблемы, и он предложил мне заготовить письмо от влиятельных академиков. «И мне, и Ельцину». На том и разошлись. Я тут же ночью поехал в лабораторию, где стоял мой компьютер, нашел файл с письмом, которое много лет назад написал по просьбе Фролова, и перелицевал его на новых адресатов. Как и в прошлый раз, я подписал это письмо у самых влиятельных членов нашего научно-технического сообщества. История повторилась вновь.

Отстаивать студентов от призыва в армию пока удастся, но мы упорно не хотим замечать, что наш храм науки почти сгорел. Когда Ленин изгнал из страны на пароходе 100 философов и обществоведов, которые его не устраивали по идеологическим соображениям, то все кричали: ах, какой ужас, что он сделал! А когда десятки тысяч первоклассно образованных ученых вынуждены были покинуть страну, это не сочли чрезвычайным событием. Почти все среднее поколение ученых выбито. А молодежь, глядя на своих бедствующих старших коллег, не знает, что ей делать. В наиболее известных вузах, таких как, например, Физтех, большинство выпускников не видят другого пути реализовать полученные знания, кроме как за пределами своей страны. Аспиранты и молодые ученые находятся в самом тяжелом положении.

К счастью, интерес к науке у молодежи сохраняется. Об этом свидетельствует высокий, как и прежде, конкурс на естественно-научные специальности. Главный урок МФТИ — это сама система Физтеха: только при тесном союзе и сотрудничестве высшей школы и науки возможно современное и эффективное воспитание нового поколения ученых и инженеров. Теперь они рассеялись по всему миру, и, кажется, в Соединенных Штатах есть клуб из полутора тысяч выпускников Физтеха, объединенных в свое землячество. ■

\* Алексеевский Николай Евгеньевич (1912–1993), физик-экспериментатор, член-корреспондент РАН, с 1942 г. работал в Институте физических проблем.

\*\* Фролов Иван Тимофеевич (1929–1999), академик, философ, деятель КПСС, в 1990–1991 гг. — член Политбюро ЦК КПСС, в 1986–1987 гг. — главный редактор журнала «Коммунист», в 1989–1991 гг. — главный редактор газеты «Правда».

\*\*\* Горбачев Михаил Сергеевич (р. 1931), с 1985 г. Генеральный секретарь ЦК КПСС, в 1988–1989 гг. — председатель Президиума Верховного Совета СССР, в 1990–1991 гг. — президент СССР.





# Роботы-самоучки



## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Благодаря технике,  
которая обучается  
как ребенок, мы  
глубже понимаем,  
как разум и тело  
взаимодействуют друг  
с другом, обеспечивая  
обретение знаний  
и навыков

*Дайана Квон*



**ОБ АВТОРЕ**

**Дайана Квон** (Diana Kwon) — журналист с магистерской степенью по нейробиологии, полученной в Университете Макгилла, живет в Берлине и пишет про здоровье и естественные науки.



еон, инженер из научно-фантастического фильма «Робот по имени Чаппи», вышедшего в 2015 г., хочет создать робота, способного

думать и чувствовать. Для этого он пишет программу искусственного интеллекта, которая может учиться как ребенок. Созданный Деоном тестовый образец Чаппи формирует свой разум с чистого листа. Просто наблюдая и экспериментируя с тем, что вокруг него, он осваивает общие представления, речь и сложные навыки — на сегодня это недоступно даже наиболее продвинутым системам искусственного интеллекта.

Конечно, некоторые роботы уже опережают человека при выполнении узких задач вроде игры в *Jeopardy* («Своя игра»), шахматы или китайскую настольную игру го. В октябре 2017 г. британская компания *DeepMind* представила *AlphaGo Zero*, последнюю версию системы ИИ, предназначенную для игры в го. В отличие от предыдущей версии *AlphaGo*, где машина освоила игру, изучив огромное количество партий, сыгранных людьми, эта версия приобрела опыт самостоятельно, играя сама с собой. Несмотря на свои замечательные достижения, *AlphaGo Zero* может обучиться только игре с четкими правилами, и ей понадобилось сыграть миллионы раз, чтобы приобрести свои выдающиеся способности.

В то же время наши дети с раннего возраста развиваются, исследуя окружающую среду и экспериментируя с движениями и речью. Они собирают

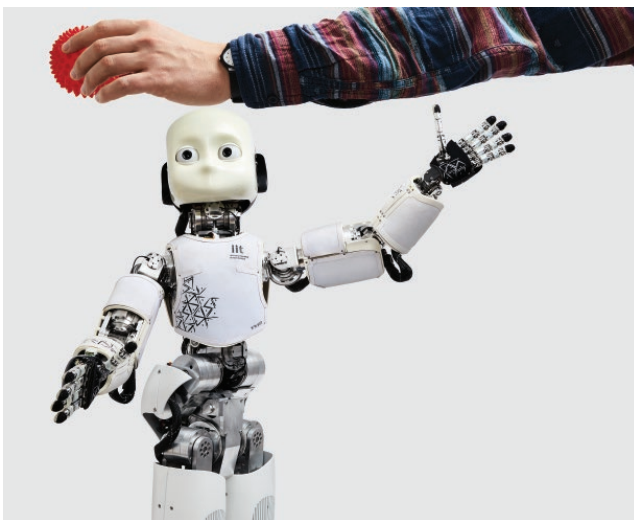
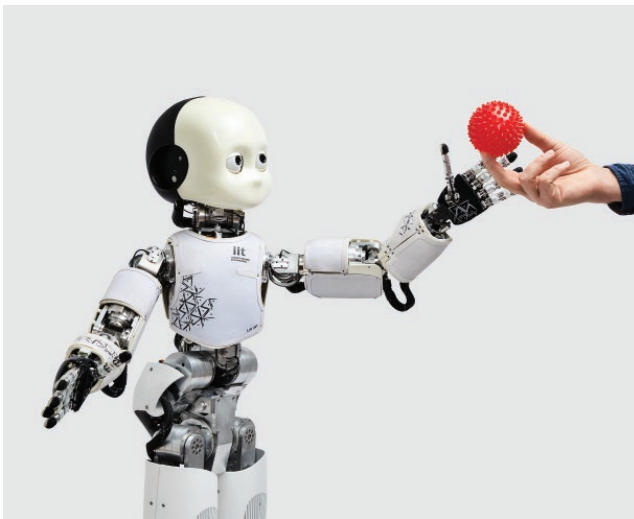
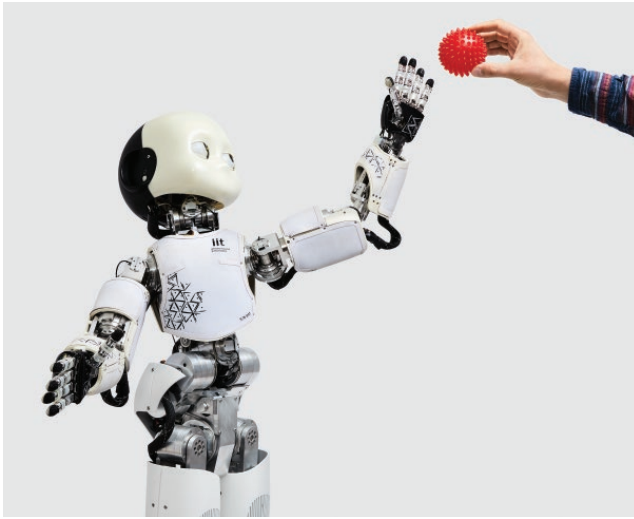
к счету и даже проявлять элементы социального поведения. В свою очередь, эти системы ИИ помогают психологам понять, как обучаются маленькие дети.

**Предсказывающая машина**

Наш мозг постоянно пытается предсказывать будущее и обновляет свои ожидания в соответствии с реальностью. Например, вы впервые сталкиваетесь с соседской кошкой. У вас общительный щенок, и вы предполагаете, что кошке так же, как и щенку, понравится ваша ласка. Однако когда вы протягиваете руку, чтобы погладить кошку, она вас царапает. Вы пересматриваете свои представления о симпатичных зверюшках и предполагаете, что, возможно, кошка станет более дружелюбной, если ее угостить. И действительно, когда у вас в руках лакомство, она позволяет себя гладить и не царапается. В следующий раз, когда вы повстречаете

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

- Маленькие дети учатся самостоятельно, экспериментируя со своим телом и играя с предметами.
- Инженеры, создающие человекоподобных роботов, программируют их так, чтобы они могли учиться как дети.
- Изучение подобных устройств изменяет само роботостроение и позволяет понять, как развиваются дети.



*iCub*, человекоподобный робот, которого изучают в Плимутском университете в Англии, легче выучивает новые слова, такие как «мяч», если экспериментатор, называя предмет, всегда помещает его с одной и той же стороны

пушистую кошечку, прежде чем к ней прикоснуться, вы предложите ей кусочек тунца.

Таким образом, высшие центры обработки информации в мозге непрерывно уточняют свои внутренние модели за счет сигналов, поступающих от органов чувств. Нервные клетки глаза обрабатывают основные свойства изображения, а затем передают информацию в более высокоуровневые области, определяющие общий смысл увиденного. Поразительно, что нервные сигналы идут и в обратном направлении: от центров, занимающихся высокоуровневой обработкой, расположенных в теменных и височных долях, к низкоуровневым, таким как первичная зрительная кора и латеральное колленчатое тело. Некоторые нейробиологи считают, что эти нисходящие сигналы сообщают нижним уровням, какое предсказание сделал мозг, и влияют на то, что мы видим.

Важно, что нисходящие сигналы, идущие от более высокоуровневых областей мозга, взаимодействуют с восходящими, поступающими от органов чувств, определяя ошибку предсказания — различие между ожидаемым и наблюдаемым. Сигнал о таком несоответствии возвращается к вышележащим областям, помогая усовершенствовать внутренние модели и сформировать свежие предсказания, и так раз за разом. «Сигнал об ошибке предсказания побуждает систему определить, что же там было на самом деле», — говорит Раджеш Рао (Rajesh Rao), специалист по вычислительной нейробиологии из Вашингтонского университета.

Когда Рао был аспирантом в Рочестерском университете, он вместе со своим руководителем, специалистом по вычислительной нейробиологии Дана Баллардом (Dana Ballard), который сейчас работает в Техасском университете в Остине, впервые протестировал в искусственной нейронной сети кодирование с предсказанием (разновидность компьютерных алгоритмов, созданную по образцу человеческого мозга, причем нейронные сети постепенно меняют внутренние параметры, чтобы при заданных входных данных получить требуемые на выходе). В этом вычислительном эксперименте, опубликованном в 1999 г. в *Nature Neuroscience*, исследователи моделировали нейронные связи зрительной коры, состоящие из нисходящего потока, содержащего прогнозы, и восходящего, несущего сенсорные сигналы из внешней среды. После тренировки с использованием фотографий природы сеть научилась распознавать ключевые черты изображения, такие как полосы зебры.

### Подсчет на пальцах

Фундаментальное различие между нами и многими современными системами ИИ состоит в том, что у нас есть тела, которые мы можем использовать для движения и взаимодействия с миром. Маленькие дети развиваются, пробуя двигать



руками, ногами, пальцами и исследуя все, до чего могут дотянуться. Они сами обучаются ходить, говорить, узнавать предметы и людей. Каким образом им удастся это все лишь при минимальном руководстве взрослого — ключевой вопрос для специалистов в области психологии развития и робототехники. Сотрудничество ученых приводит к неожиданным открытиям в обеих областях.

В серии новаторских экспериментов, начавшихся в конце 1990-х гг., специалист по робототехнике Джун Тани (Jun Tani), работавший тогда в *Sony Computer Science Laboratories*, вместе с коллегами создал нейронную сеть, которая должна была на основе прогнозирования обучаться основным движениям, и проверил, как данный алгоритм работает у роботов. Обнаружилось, что машина смогла освоить элементарные навыки, такие как перемещение в простой среде, имитация движений рук и выполнение обычных словесных команд вроде «покажи» и «нажми».

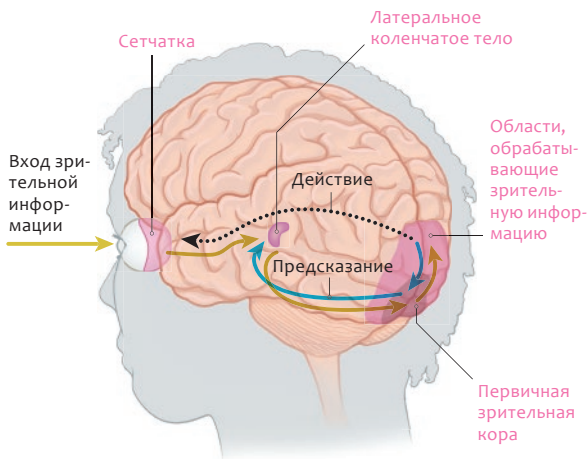
Недавно робототехник Анджело Канджелози (Angelo Cangelosi) из Плимутского университета в Англии и специалист по психологии развития Линда Смит (Linda Smith) из Индианского университета в Блумингтоне продемонстрировали, насколько важна роль тела в приобретении знаний. «От формы тела [робота] и от того, что он может делать, зависит, какой опыт он получит и чему сможет научиться», — говорит Смит. Ученые работают главным образом с гуманоидным роботом *iCub*, имеющим высоту 91 см и созданным коллективом Итальянского института технологий для исследовательских целей. У него нет никаких предварительно запрограммированных функций, и это позволяет ученым использовать собственные алгоритмы при проведении экспериментов.

В исследовании 2015 г. Канджелози и Смит с коллегами обеспечили *iCub* нейронной сетью, с помощью которой можно было обучаться простым ассоциациям, и обнаружилось, что робот легче осваивал новые слова, если названия объектов были связаны с конкретными положениями тела. Экспериментаторы неоднократно помещали мячик или чашку слева или справа от андроида так, что предмет ассоциировался у робота с поворотом головы — движением, которое требовалось, чтобы взглянуть в ту сторону. При этом исследователи называли предмет. Робот лучше выучивал слово, если связанный с ним объект появлялся в одном определенном месте, а не в разных.

Интересно, что когда ученые повторили данный эксперимент с 16-месячными малышами, обнаружили те же результаты: связь предмета с определенной позой помогала маленьким детям выучивать названия. В лаборатории Канджелози дорабатывают эту методику, чтобы научить роботов более абстрактным словам, таким как «это» или «то», которые не связаны с определенным предметом.

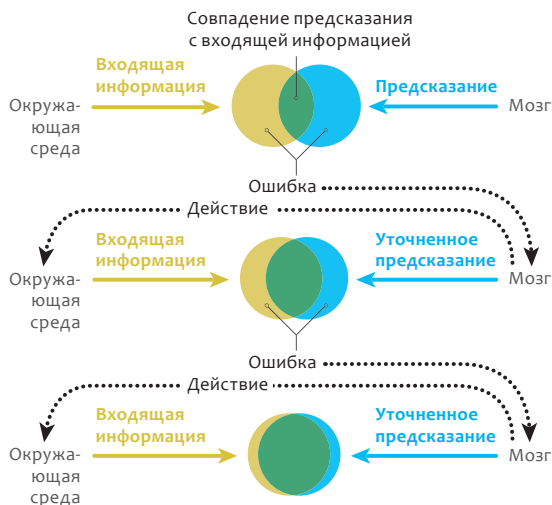
## Прогнозирующий мозг

Наш мозг — это машина, строящая предсказания на основе предыдущего опыта и знаний, чтобы понять смысл потока информации, поступающей из внешней среды. Многие нейробиологи и психологи считают, что почти все, чем мы занимаемся, — восприятие, действие и обучение — зависит от формирования и обновления предсказаний.



### Обработка зрительной информации

Анатомия мозга соответствует представлениям об обработке предсказаний. Например, зрительная кора получает информацию от глаз, но сигналы идут и в обратном направлении. Нейробиологи считают, что такие нисходящие сигналы, поступающие от высших отделов мозга к низшим (например, первичной зрительной коре и латеральному коленчатому телу), содержат предсказания. Они сопоставляются с входящей сенсорной информацией для определения ошибки предсказания: различия между ожидаемым и увиденным. Сигнал, кодирующий такое несоответствие, возвращается к более высокому отделам мозга. Другие нисходящие сигналы передают команды мышцам глаза, регулируя, на что смотреть.



### Последовательность предсказаний

Когда мозг определяет ошибку предсказания, он использует эту информацию, чтобы уточнить предсказания и выбрать те действия, которые помогут устранить несоответствие между ожиданием и реальностью. Например, если человек, взглянув на предмет, не способен определить, что это такое, мозг посылает команду взять объект и изучить его для получения дополнительной информации.

Использование тела может способствовать приобретению навыков счета у детей и у роботов. Как показывают исследования, те дети, кому сложно мысленно представить свои пальцы, как правило, имеют более слабые способности к арифметике. В 2014 г. Канджелози вместе с другими учеными показали, что когда роботов учили считать свои пальцы, их нейронные сети представляли числа более точно, чем когда их обучали только с помощью названий чисел.

### Любознательные машины

Новизна тоже помогает детям учиться. В статье, вышедшей в 2015 г. в журнале *Science*, исследователи из Университета Джонса Хопкинса сообщали, что когда малыши сталкиваются с чем-то неизвестным, например наблюдают, как цельный объект проходит сквозь стену, они изучают то, что не соответствует их ожиданиям. Проще говоря, их развитию помогает врожденная потребность уменьшать ошибки предсказания.

Пьер-Ив Удейер (Pierre-Yves Oudeyer), специалист по робототехнике из французского Государственного института исследований в информатике и автоматике (INRIA), считает, что процесс обучения более сложен. Он убежден, что дети активно и удивительно мудро находят в окружающей среде те объекты, которые предоставляют больше возможностей для обучения. Например, малыш скорее всего предпочтет игру с машинкой, а не с головоломкой из 100 кусочков, вероятно, потому, что с его уровнем знаний о машинке он сможет создать больше проверяемых гипотез.

Для того чтобы проверить эту теорию, Удейер с коллегами наделили роботов тем, что они назвали внутренней мотивацией, — когда уменьшение ошибки прогнозирования приводит к получению подкрепления. (Для интеллектуальной машины подкрепление может выражаться в числах, если она была запрограммирована на то, чтобы увеличивать это число с помощью своих действий.) С помощью такого механизма маленький изображающий щенка робот *AIBO*, имеющий базовые сенсорные и моторные способности, сам начинает искать задачи, дающие оптимальные возможности для обучения. Щенки-роботы смогли обучиться основным навыкам, таким как хватание предметов и голосовые взаимодействия с другим роботом, хотя у них не было программы для достижения именно этих целей. Удейер объясняет, что такой результат — «побочный эффект того, что робот исследует мир, имея мотивацию повысить правильность предсказаний».

Примечательно, что хотя роботы прошли через одинаковые этапы обучения, в том, чему они обучились, сыграла роль случайность. Одни исследовали немного меньше, другие немного больше, в итоге они знали разное. Удейер считает, что

такое различие в освоенных роботами навыках при идентичных программах и одинаковой обучающей среде очень похоже на то, что происходит в обычном школьном классе.

Недавно исследовательская группа Удейера применила вычислительное моделирование, чтобы показать, что роботы с голосовым трактом, оснащенные таким прогностическим алгоритмом (и соответствующим оборудованием), могут обучаться основным элементам речи. Сейчас они вместе со специалистом по когнитивной нейробиологии из Колумбийского университета Жаклин Готтлиб (Jacqueline Gottlieb) исследуют, не лежит ли в основе человеческого любопытства именно такая внутренняя мотивация повысить точность предсказаний. По словам Удейера, дальнейшее исследование этих моделей поможет психологам понять, что происходит в мозге детей при отклонениях и нарушениях развития.

### Андроид-альтруист

Наш мозг пытается предсказывать будущее и тогда, когда мы взаимодействуем с другими людьми. Интересно, что стремление уменьшить ошибку прогнозирования может само по себе породить элементарное социальное поведение, это в 2016 г. показали специалист по робототехнике Юкиэ Нагаи (Yukie Nagai) и ее коллеги из Осацкого университета.

Исследователи обнаружили, что даже когда *iCub* не был запрограммирован на способность к социализации, сама по себе мотивация снизить ошибку предсказания способствовала тому, что он начинал помогать окружающим. Например, робота научили толкать игрушечный грузовик, затем он наблюдал, как экспериментатор безуспешно пытается совершить это действие, и перемещал машину на нужное место просто для того, чтобы быть уверенным в том, где именно находится грузовик. Нагаи, которая сейчас работает в японском Национальном институте информационно-коммуникационных технологий, считает, что развитие детей может происходить сходным образом. Она утверждает, что малышу не нужно иметь намерения помочь другим, сама по себе мотивация уменьшить ошибку предсказания может породить элементарные социальные способности.

Изучение обработки предсказаний может быть полезно для понимания таких нарушений развития, как аутизм. По мнению Нагаи, некоторые аутичные люди могут иметь повышенную чувствительность к ошибкам предсказания, из-за чего входящая сенсорная информация их ошеломляет. Этим можно объяснить их стремление к повторяющемуся поведению, поскольку его последствия высоко предсказуемы.

Гарольд Беккеринг (Harold Bekkering), специалист по когнитивной психологии из Университета

Неймегена, считает, что изучение обработки предсказаний может быть полезно и для объяснения поведения людей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности. Беккеринг поясняет, что, согласно этой теории, люди с аутизмом предпочитают защищать себя от неизвестного, в то время как те, кому сложно сфокусировать внимание, все время отвлекаются на непредсказуемые стимулы в окружающей среде. «Некоторые люди, чувствительные к окружающему миру, исследуют его, тогда как другие, слишком чувствительные, защищают себя от мира», — утверждает он. — В рамках прогностического кодирования вы можете очень хорошо симулировать оба типа поведения». Его лаборатория сейчас работает над тем, чтобы протестировать данное предположение с помощью методов нейровизуализации.

Нагаи надеется проверить эту теорию, проведя исследование «когнитивного отражения», где робот, снабженный алгоритмами обучения с помощью предсказаний, будет взаимодействовать с людьми. Поскольку и робот и человек при общении используют язык телодвижений и мимику, машина будет корректировать свое поведение, чтобы соответствовать своему партнеру и отражать потребность человека в предсказуемости. Таким образом экспериментаторы смогут использовать роботов, чтобы смоделировать человеческое познание, а затем изучить структуру их нейронной сети и попытаться расшифровать, что происходит в голове у человека. «Мы можем воплотить наши черты в роботах, чтобы лучше понять себя», — говорит Нагаи.

## Роботы будущего

Итак, исследования роботов, имитирующих ребенка, помогли ответить на несколько важных психологических вопросов, в том числе о роли предсказания и использования тела в когнитивном развитии. «Мы очень много узнали о том, как работают сложные системы, какую важную роль играет тело, а также действительно основополагающие вещи об изучении среды и предсказании», — говорит Смит.

Однако до роботов с человеческим интеллектом еще далеко: Чаппи по-прежнему остается научной фантастикой. Для начала ученым необходимо преодолеть технические препятствия, такие как хрупкость тела и ограниченные сенсорные возможности большинства роботов. (Тут поможет прогресс в таких направлениях, как мягкие роботы и системы технического зрения роботов.) Более значительные трудности связаны с потрясающей сложностью самого мозга. Несмотря на усилия, которые были предприняты во многих областях, чтобы смоделировать мышление, ученым еще далеко до создания машины, которая могла бы конкурировать с человеком. «Я совершенно не согласен

с теми, кто говорит, что спустя десятилетие или два у нас появятся роботы с человеческим интеллектом», — отмечает Удейер. — Я думаю, они демонстрируют полнейшее непонимание сложности человеческого разума».

Кроме того, для формирования интеллекта недостаточно наличия правильных механизмов и схем. Многочисленные исследования показали, что воспитатели играют критически важную роль в развитии детей. «Если вы спросите меня, может ли робот стать по-настоящему человекоподобным, то я спрошу вас, сможет ли кто-нибудь заботиться о роботе, как о ребенке», — говорит Тани. — Если такое возможно, то да, мы могли бы это сделать, в противном случае нельзя ожидать, что робот будет развиваться как настоящий человеческий ребенок».

Постепенное накопление знаний, по-видимому, тоже необходимо. «Развитие — это очень сложный и многоступенчатый процесс», — говорит Смит. — То, что происходит в один день, закладывает основу [для следующего]. Она считает, что поэтому невозможно создать искусственный интеллект человеческого уровня без пошагового обучения, которое происходит в течение всей жизни.

Незадолго до своей смерти Ричард Фейнман написал знаменитую фразу: «Чего не могу воссоздать, того не понимаю». В книге Тани «Исцеля мышление роботов» (*Exploring Robotic Minds*), вышедшей в 2016 г., он перевернул эту концепцию, написав: «Я понимаю то, что я могу воссоздать». Он утверждает, что лучший способ понять человеческое мышление — воспроизвести его искусственно.

Когда-нибудь люди сумеют создать робота, который сможет исследовать, приспосабливаться и развиваться так же, как ребенок. Возможно, в комплекте будет прилагаться искусственный воспитатель, который обеспечит привязанность и руководство, необходимое для здорового роста. В то же время похожие на детей роботы по-прежнему смогут обеспечивать нас ценной информацией о том, как дети учатся и что происходит, когда нарушаются базовые механизмы. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Павлус Д. Ходячие роботы // ВМН, № 8–9, 2016.
- *Developmental Robotics: From Babies to Robots*. Angelo Cangelosi and Matthew Schlesinger. MIT Press, 2015.
- *Exploring Robotic Minds: Actions, Symbols, and Consciousness as Self-Organizing Dynamic Phenomena*. Jun Tani. Oxford University Press, 2016.
- *How Evolution May Work through Curiosity-Driven Developmental Process*. Pierre-Yves Oudeyer and Linda B. Smith in *Topics in Cognitive Science*, Vol. 8, No. 2, pages 492–502; April 2016.





НАУКА  
ТЕЛЕКАНАЛ

## ПРЕМЬЕРА

О ТАЙНАХ И ОПАСНОСТЯХ КОСМОСА,  
КОЛОНИЗАЦИИ НОВЫХ ПЛАНЕТ,  
КОСМИЧЕСКОМ КОРАБЛЕСТРОЕНИИ!

# ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПО ВСЕЛЕННОЙ

ВЕДУЩИЙ: ВЛАДИМИР СУРДИН (РОССИЙСКИЙ АСТРОНОМ,  
КАНДИДАТ ФИЗ.-МАТ. НАУК)



[vk.com/tv\\_nauka](https://vk.com/tv_nauka)



[facebook.com/nauka20](https://facebook.com/nauka20)



[youtube.com/c/naukatv](https://youtube.com/c/naukatv)



[naukatv.ru](https://naukatv.ru)

СПРАШИВАЙТЕ У ОПЕРАТОРОВ ПЛАТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ



ПОЗНАНИЕ

12+





Крокодил, крейсирующий в водах  
Национального морского парка «Сады  
Королевы» у южного побережья Кубы



ЭВОЛЮЦИЯ

# САМЫЙ СТРАШНЫЙ

Грегори Эриксон

Изучение силы укуса крокодилов и их близких родственников проливает свет на причины эволюционного успеха этой группы рептилий



**ОБ АВТОРЕ**

**Грегори Эриксон** (Gregory M. Erickson) — профессор анатомии и палеобиологии позвоночных Флоридского университета. Изучает биомеханику зубочелюстной системы и темпы роста современных и ископаемых рептилий.



# Ж

аркий летний день в городе Дарвине, Северная Австралия. Я стою в трех метрах от громадного взрослого самца гребнистого крокодила — представителя самого крупного в мире вида рептилий. Его длина почти 6 м, а вес, по моим оценкам, примерно полтонны. Чудовище пристально разглядывает меня мрачными кошачьими глазами, а из его ноздрей при этом с громким шумом периодически вырываются мощные струи выдыхаемого воздуха. Прежде мне много раз приходилось иметь дело с крокодилами, но с таким огромным экземпляром я столкнулся впервые. Пот льет с меня в три ручья. Наконец я подаюсь вперед, вооруженный лишь пригоршней миниатюрных электронных приборов и метровым пластиковым шестом, к концу которого прикреплен специальный динамометр (силомер) — устройство для измерения силы укуса животных.

Я осторожно приближаюсь к крокодилу сбоку и оказываюсь на расстоянии в полметра от его головы. Встревоженный, он раскрывает свою пасть, обнажая 64 громадных заостренных зуба, и издает громкое шипение — недвусмысленное предостережение в мой адрес, что ближе подходить не стоит. Крепко зажав кол в обеих руках, я быстро запихиваю силомер в глубину крокодиной пасти. Челюсти рептилии тут же захлопываются с глухим звуком, напоминающим мне пушечный выстрел. Внезапный толчок едва не вырывает шест из моих рук. После этого наступает мертвая тишина.

Кое-как придя в себя, я стараюсь трезво оценить ситуацию. Рептилия лежит рядом совершенно неподвижно, со мной вроде бы все в порядке и даже

оборудование, похоже, не пострадало. С огромным удовольствием я отмечаю, что силомер по-прежнему крепко зажат задними зубами крокодила. «Отличный укус! — кричу я своему коллеге Кенту Влайету (Kent Vliet), который стоит сзади меня и держит усилитель, регистрирующий показания прибора. — Сколько?»

«3690 фунтов!» — отвечает Кент. Стоящие поодаль мои коллеги и просто любопытствующие принимают горячо обсуждать эту цифру, а я тем временем снова покрепче вцепляюсь в шест в ожидании, когда крокодил разомкнет челюсти. Немного успокоившись, я вдруг осознаю, что мой крокодил только что генерировал рекордную силу укуса, когда-либо регистрировавшуюся людьми у животных.

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

- Крокодилы и их близкие родственники — аллигаторы, кайманы и гавиалы — безраздельно господствуют на бережьях многих водоемов уже десятки миллионов лет.
- Данные, полученные в результате изучения биомеханики укуса современных крокодилов, дают ключ к пониманию причин, обусловивших их эволюционный успех.
- Кроме того, проведенные исследования помогают лучше понять особенности пищевого поведения динозавров и других животных.

Тот знойный день в Австралии стал кульминационным пунктом в серии исследований, которые мы с коллегами проводили на протяжении последних 17 лет для выяснения биомеханики укуса у собственно крокодилов, гавиалов, аллигаторов и кайманов, то есть рептилий, относящихся к отряду крокодилов. Эти мощные кровожадные хищники безраздельно властвуют в теплых прибрежных водах пресных водоемов и эстуариев уже более 85 млн лет. Ученые с давних пор задавались вопросом, какие факторы способствовали эволюционному успеху этой группы рептилий. Полученные нами данные не только объясняют, почему крокодилы и по сей день доминируют в этих местообитаниях, но и проливают свет на события, способствовавшие превращению их древних предков в полновластных хозяев прибрежных отмелей.

### Рожденные убивать

Многочисленные ископаемые останки свидетельствуют о том, что форма туловища крокодилов за многие миллионы лет практически не изменилась. Но размеры их тела на протяжении эволюции неоднократно менялись: временами крокодилы становились настоящими карликами (с телом длиной менее 1,5 м) или гигантами (длиной более 10 м). Эти изменения размеров тела сопровождались модификацией формы рыла (морды) и зубов. Ясно, что для понимания эволюционного успеха этих рептилий в первую очередь нужно изучить форму и функции этих атрибутов тела и их участие в кормежке животных.

Примерно 25 ныне живущих представителей отряда крокодилов, как и их древние родственники, сильно различаются размерами тела (длина от 1,2 м до 7 м). Кроме того, современные крокодилы обнаруживают такое же большое разнообразие формы морды, как их ископаемые предки. Ученые уже изучили особенности диет современных крокодилов, связанные с той или иной формой морды. Так, они выделили группу крокодилов с широкой мордой, использующих в пищу широкий спектр продуктов; узкорылых крокодилов с игловидными зубами, питающихся мелкими жертвами (например, рыбой); ширококрылых крокодилов с зубами в форме луковички, предпочитающих твердые корма (например, моллюсков); и крокодилов с «собачьей» мордой, добывающих пищу как в воде, так и на суше. Изучение биомеханики жевательного аппарата этих замечательных хищников с учетом характера их диеты в природе может не только объяснить особенности биологии современных крокодилов, но и пролить свет на эволюцию их предков.

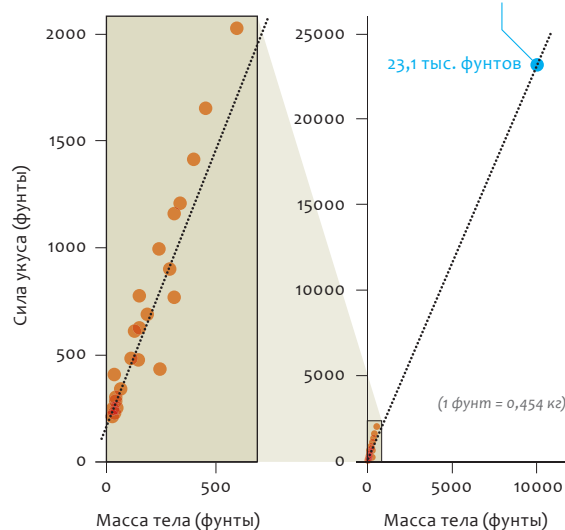
Но 20 лет назад, когда мы начинали свои исследования, наши представления о связи между биомеханикой крокодиловых челюстей, особенностями

## Сокрушительный укус

Разные виды крокодилов сильно различаются размерами тела и формой морды (рыла). Специалисты предполагают, что виды с узкой мордой должны развивать меньшую силу укуса, а у видов с широким и массивным рылом этот показатель значительно выше. Исследования, однако, показывают, что все виды крокодилов генерируют практически одинаковую силу укуса относительно массы тела. Тесная корреляция между силой укуса и размерами тела (слева) позволила ученым теоретически рассчитать силу укуса ископаемых видов крокодилов и их сородичей (в том числе вымершего 13-метрового саркозуха; справа).

Средняя масса тела и сила укуса взрослых особей современных видов крокодилов

Расчетная сила укуса вымершего «суперкрока» саркозуха



зубного аппарата и вариабельностью размеров тела были основаны главным образом на умозрительных предположениях. Недостаток эмпирических данных был обусловлен целым рядом причин. Сегодня многие виды крокодилов находятся на грани вымирания, что делает их труднодоступными объектами изучения для биологов. Кроме того, работа с крокодилами — очень опасное занятие. И, наконец, два десятилетия назад просто отсутствовали надежные методы определения силы укуса — существенной характеристики для понимания биомеханики зубочелюстной системы.

В 2001 г. мне позвонил один из кинопродюсеров телеканала *National Geographic* и спросил, не могу ли я определить силу укуса вымершего 13-метрового «суперкрока» саркозуха — древнего родича современных крокодилов, обнаруженного в Нигере палеонтологом Полом Серено (Paul Sereno) из Чикагского университета. Я ответил, что смог бы это сделать с помощью экспериментов на живых крокодилах, если, конечно, мне обеспечат доступ хотя бы к нескольким животным. Я тут же связался с Влайетом, работавшим научным консультантом



на Ферме аллигаторов Зоологического парка Сент-Огастина (SAAF) во Флориде, и предложил ему провести серию совместных опытов.

Во-первых, мне хотелось определить силу укуса и давление зубов у всех видов крокодилов, живущих на этой ферме. Во-вторых, я хотел сравнить эти показатели у аллигаторов, содержащихся в неволе, с соответствующими характеристиками диких крокодилов, отловленных местными ловцами и биологами по поручению Флоридской комиссии по охране рыб и других диких животных. Кроме того, я намеревался провести рассечение мышц и выполнить ряд экспериментов по стимуляции мышц у аллигаторов, чтобы создать модель для предсказания силы укуса у ископаемых крокодилов и использовать эти данные для понимания пищевого поведения вымерших крокодилов и их родственников (в частности, динозавров). Владелец SAAF Дэвид Дрисдейл (David Drysdale) любезно разрешил нам провести все необходимые опыты, и как только телеканал *National Geographic* предоставил нам все необходимые для работы средства, мы начали подготовку к съемкам.

Но как измерить силу укуса крокодила? Ответа на этот вопрос в то время у меня не было. Непосредственное измерение этой характеристики у очень крупных животных — тем более у громадных кровожадных рептилий — никто никогда не проводил. Мой собственный скудный опыт в этой области ограничивался измерением силы укуса у маленьких ящериц с помощью металлических пластин, оснащенных датчиком давления. Для решения стоявшей передо мной гораздо более сложной задачи я заручился помощью знакомого инженера, с которым я прежде работал в Стэнфордском университете, и конструктора из компании *Kistler*, производящей датчики для измерения силы и давления. Совместными усилиями мы сконструировали несколько портативных водостойчивых динамометров, пригодных для определения силы укуса крокодилов. Каждое устройство мы прикрепили к шести из поливинилхлорида и соединили проводами с портативным усилителем сигнала с индикатором, обеспечивавшим мгновенную регистрацию измеренных показателей.

Следующим этапом нашей работы стала разработка протокола тестирования крокодилов. Вместе с Влайетом и директором SAAF Джоном Брюггеном (John Brueggen) мы составили план исследований, предусматривавший минимальные стрессовые воздействия на экспериментальных животных. Осторожно накинув на крокодила

лассо, мы с помощью нескольких человек вытаскивали его из вольера и фиксировали на специальной платформе. Затем мы развязывали челюсти животного, что неизменно побуждало его широко распахивать пасть, и, наконец, помещали силомер на задние моляроподобные зубы, развивающие наибольшую силу во время укуса. После тестирования мы измеряли длину крокодила и взвешивали его.

Фиксацию и взвешивание крокодилов можно сравнить разве что с родео — скачками на диких быках. Впрочем, когда однажды я разговорился с одним из таких профессиональных наездников, тот признался, что работать с крокодилами ни за что не согласился бы: «Быки по крайней мере не едят людей!». Но большинство биологов, работающих с этими рептилиями, не считают это занятие особенно опасным, хотя, если зазеваться,



**Опасный эксперимент:** автор статьи Грегори Эрикссон измеряет силу укуса аллигатора

даже небольшие крокодилы могут легко откусить человеку руку. Подобно ветеринарам, постоянно работающим с крупными собаками, мы научились «читать» поведение крокодилов и обращаться с ними так, чтобы не причинять вреда ни животным, ни самим себе. Главные правила — держаться подальше от их зубов и не приближаться к кромке воды. Крокодилы — великолепные мастера маскировки и могут держаться совершенно незаметно: даже пятиметровый гигант способен затаиться на мелководье, а потом торпедой взмыть из воды и искалечить человека.

Оставалось решить последний вопрос. Сила укуса обычно рассматривается как надежная характеристика жевательного аппарата зубастых животных. Но этот показатель имеет лишь косвенный характер, поскольку не учитывает массу тела и другие признаки животных. В качестве

аналогии можно привести лошадиную силу: двигатель мощностью 700 л.с. обеспечивает высокую скорость движения «Феррари», но не тяжелого самосвала. Для наших целей — оценки способности крокодилов успешно охотиться на животных-жертв укромки воды — наиболее релевантен в биологическом отношении другой показатель: давление зубов. Эта характеристика определяет способность зубов проникать в тело жертв, состоящее из кожи, панциря, костей, мышц и т.д. Под давлением, оказываемым зубными коронками, в этих тканях образуются проколы, трещины или щели, позволяющие хищнику либо сразу же умертвить жертву, либо крепко схватить ее, затащить под воду и утопить.

Для оценки этого показателя после каждого теста, в котором определялась сила укуса, мы помещали между челюстями животного деревянный брусок и обвязывали его морду скотчем. Затем я засовывал руку в пасть и снимал отпечатки зубов с помощью стоматологических оттискных материалов. Брусок блокировал поперечное движение крокодила щелкнуть зубами, которые рефлекторно могли возникать при прикосновениях к его зубам и другим частям ротовой полости. Наконец, используя полученные оттиски, мы изготавливали в лаборатории слепки зубов и измеряли контактную площадь их кончиков. Затем мы рассчитывали давление, развиваемое зубами, как отношение максимальной силы укуса к площади поперечного сечения зубов на разном расстоянии от их верхушек.

Данные, полученные нами в результате тестирования более 500 представителей всех видов современных крокодилов, опровергают некоторые расхожие представления об этих животных. Перед началом наших исследований специалисты предсказывали, что относительная сила укуса у разных видов крокодилов будет сильно различаться. Узкорылые крокодилы с игловидными зубами, питающиеся рыбой и другой мягкой добычей, должны обнаруживать небольшую силу укуса, а виды с массивным рылом и толстыми зубами, способные дробить раковины моллюсков и кости, — высокие значения этого показателя. Но мы установили, что чудовищную силу укуса развивают все крокодилы. Статистический анализ показал, что все представители отряда крокодилов (за исключением лишь одного вида — питающегося рыбой гавиала) развивают практически одинаковую максимальную силу укуса на единицу массы тела — независимо от характера («мягкого» или «твердого») их диеты и формы рыла. Самые высокие значения этого показателя у крокодилов (до 3,7 тыс. фунтов) сильно превосходят его максимальные значения, характерные

для хищных млекопитающих — пятнистых гиен, львов и тигров (примерно 1 тыс. фунтов). У людей максимальная сила укуса составляет в среднем лишь 200 фунтов.

Все биологи, занимающиеся крокодилами, с которыми я разговаривал до проведения этого исследования, утверждали, что дикие аллигаторы — «с алой кровью на зубах и когтях» и закаленные борьбой за существование в естественной среде обитания — должны обладать более высокой силой укуса, чем их упитанные и более вялые сородичи, содержащиеся в неволе. Но в наших опытах челюсти этих рептилий смыкались с одинаковой силой на единицу массы тела. Этот факт имеет важное значение: он свидетельствует о том, что на основании данных, полученных при изучении «клеточных» рептилий, вполне можно строить предположения о способностях диких животных и даже ископаемых крокодилов.

## **На основании результатов исследований была рассчитана сила укуса саркозуха и некоторых других вымерших гигантских крокодилов. Значения этого показателя составили примерно 23 тыс. фунтов, что сравнимо с весом грузового полуприцепа**

Так, на основании результатов наших исследований мы рассчитали силу укуса саркозуха и некоторых других вымерших гигантских крокодилов. Значения этого показателя составили примерно 23 тыс. фунтов, что сравнимо с весом грузового полуприцепа. Определили мы силу укуса и самого маленького из всех известных науке представителей крокодилов — прокайманоидеи (*Procaimanoidea*), рептилии длиной около 1 м, жившей на Земле примерно 40 млн лет назад. Зубы этого существа смыкались с силой всего 141 фунт. Недавно мой бывший аспирант, а ныне доцент Центра медицинских наук Оклахомского университета Пол Гиньяк (Paul M. Gignac) использовал эти данные для расчета силы укуса различных предков современных крокодилов на всем протяжении их эволюции.

### **Рептилии и садоводство**

Наши данные проливают свет на некоторые важные аспекты эволюции крокодилов. Прежде всего, они свидетельствуют о том, что в течение всех



85 млн лет безраздельного владычества этих рептилий на побережьях строение мышечного аппарата, обеспечивающего смыкание и размыкание челюстей, оставалось у них практически неизменным. Кроме того, наши результаты позволяют по-новому объяснить повторное обретение крокодилами в процессе эволюции одних и тех же пяти типов форм морды и зубов и связанных с ними экологических признаков. В некотором смысле крокодилов можно сравнить с садоводом: когда выполнение какой-нибудь садовой работы требует больших сил, хозяин участка начинает пользоваться более мощным инструментом. Крокодилы регулярно достигали такого же эффекта за счет увеличения размеров тела. Чтобы перейти от стрижки газона или обкашивания садовых дорожек к обрезке кустов и деревьев, воспользуйтесь другим орудием труда. Крокодилы специализировались на потреблении различных жертв за счет эволюционных изменений челюстно-зубного аппарата.

Показатели давления зубов, как и силы укуса, демонстрируемые крокодилами, значительно превосходят соответствующие характеристики всех других ныне существующих животных и возрастают с увеличением размеров тела. Значения этого показателя варьируют у них от 20 160 до 358 678 фунтов на 1 кв. дюйм, что гораздо выше прежнего рекордного давления зубов в 21 321 фунтов на 1 кв. дюйм, рассчитанного для гигантской ископаемой рыбы дунклеостея. Наши данные указывают на то, что крокодилы добились потрясающего эволюционного успеха благодаря тому, что любой их вид способен «пронзать» тело наиболее обычных в их владениях животных-жертв (ни один вид крокодилов не обладает узкой пищевой специализацией). А различные формы зубов просто позволяют их более специализированным видам развивать более высокую или низкую силу давления для более эффективного прокалывания их мягких или твердых тел.

Учитывая вышесказанное, мы с моими учениками приступили к анализу факторов, способных влиять на силу укуса. В 2001 г. Гиньяк провел тщательное изучение мышц американских аллигаторов, чтобы создать инструмент для точной оценки вклада каждой мышцы в генерирование силы укуса. Шея всех крокодилов на первый взгляд кажется бугристой. На самом деле эти «бугры» представляют собой медиальные крыловидные мышцы, ответственные за поднимание нижней челюсти. У большинства животных меди-

альные крыловидные мышцы имеют небольшие размеры и не играют сколь-либо заметной роли в возникновении силы укуса. У крокодилов они генерируют 60% этой силы.

Для животных, обладающих мощным укусом, обычно характерны крупные височные мышцы, расположенные над челюстями. (Именно эти мышцы вздуваются у нас под висками, когда мы крепко стискиваем зубы.) А крокодилы увеличили свои медиальные крыловидные мышцы, находящиеся под челюстями и бугрящиеся по бокам нижней части шеи. Зачем? Ответ связан с особенностями охоты крокодилов. Эти рептилии умеют мастерски подкрадываться к жертвам и затем схватывать их зубами на прибрежных отмелях. Когда хищник приближается к добыче, его голова обычно едва вы-

ступает из воды: над ее поверхностью торчат только ноздри (для дыхания), глаза (для обзора местности) и уши. Остальная часть гигантского тела остается под водой до тех пор, пока крокодил не набрасывается на ничего не подозревающую жертву. Крокодил гораздо менее заметен, когда мышцы, захлопывающие его челюсти, скрыты под водой, а не выступают над ее поверхностью, как это было бы с расположенными гораздо выше височными мышцами.

Измеряя силу укуса гигантского австралийского гребнистого крокодила, мы заметили, что животное минут десять сдавливало динамометр

**Рассчитанный показатель давления зубов тираннозавра — 431 342 фунтов на 1 кв. дюйм — выше, чем у какого-либо другого животного планеты. Новые оценки силы укуса наконец-то позволили понять, каким образом царь динозавров дробил кости своих жертв. Сегодня на этот подвиг способны лишь хищные млекопитающие, у которых во время жевания имеет место плотное смыкание верхних и нижних зубов**

зубами и лишь после этого размыкало челюсти. Кроме того, мы обнаружили, что движения зажатого в зубах прибора провоцировали новые сжатия зубов с приблизительно такой же силой, что и при самом первом укусе силомера. Я регистрировал до 22 таких дополнительных сжатий зубов, а чтобы вытащить прибор из пасти крокодила, мне приходило порой ждать 25 минут: вернуть динамометр можно было лишь после того, как крокодил сам решал расстаться с «добычей», и ни минутой раньше. Мы задумались над смыслом такого поведения и решили выяснить, как оно возникает.

Для этого мы подсоединили к нашему «укусомеру» компьютер и во время всех замеров силы укуса у диких американских аллигаторов непрерывно регистрировали возникающие силы. Как показал последующий анализ, «силы удержания» прибора составляли примерно 10% от максимальной силы укуса. Мы предположили, что описанное поведение имеет инстинктивный характер и связано с особенностями утопления аллигаторами крупных жертв. В природе аллигаторы обычно наносят добыче сильные укусы, чтобы проткнуть ее покровы и крепче ухватить жертву зубами. Если жертва сопротивляется, хищник вновь кусает ее зубами в полную силу. Как показал Гиньяк, способности аллигаторов к удержанию жертв обусловлены замечательной физиологической специализацией их мышц. Ученый заметил, что массивные мышцы, смыкающие челюсти и генерирующие большую часть максимальной силы укуса, имеют белую окраску — такую же, как грудные мышцы индейки, генерирующие необходимые для полета короткие импульсы силы, но легко утомляющиеся из-за недостаточного кровоснабжения. Затем Гиньяк обнаружил у крокодилов красные и розовые мышцы, обеспечивающие длительное, но не требующее большой силы удержание добычи. Эти мышцы напоминают темно-красную мускулатуру ног индейки, изобилующую кровеносными сосудами и обуславливающую способность птицы к длительной ходьбе. Модель Гиньяка показывает, что совокупность этих темных мышц, на которые прежде ученые не обращали внимания, генерирует 10% силы укуса аллигатора, чего вполне достаточно для удержания добычи зубами.

### Укус ти-рекса

Результаты наших исследований помогают лучше понять и процесс кормежки у животных, не приходящихся близкими родственниками крокодилов. Гиньяк и я использовали эти данные для создания первой научно обоснованной модели укуса тираннозавра. Предшествовавшие оценки силы укуса ти-рекса были выполнены с помощью моделей, основанных на биомеханике зубочелюстной

системы аллигаторов, ящериц и даже млекопитающих. Излишне говорить, что результаты этих оценок обнаруживали чудовищный разброс — от 18 тыс. до 245 тыс. фунтов. Сила укуса ти-рекса, определенная с помощью нашей модели, специфическим образом разработанной лишь для архозавров (группы животных, включающей крокодилов, птиц и их вымерших родственников), составила примерно 8 тыс. фунтов. Это вдвое больше, чем сила укуса крупных современных крокодилов. Кроме того, рассчитанный показатель давления зубов тираннозавра — 431 342 фунтов на 1 кв. дюйм — выше, чем у какого-либо другого животного планеты. Эти новые оценки силы укуса, опубликованные в 2017 г., наконец-то позволили нам понять, каким образом царь динозавров дробил кости своих жертв. Сегодня на этот подвиг способны лишь хищные млекопитающие, у которых во время жевания имеет место плотное смыкание верхних и нижних зубов (так называемая окклюзия).

Крокодилы — выдающиеся хищники, и мы сильно продвинулись в понимании факторов, определивших их успехи на этом поприще. Но многие вопросы по-прежнему остаются без ответа. Не исключено, например, что под водой форма морды крокодилов влияет на силу укуса иначе, чем на суше. А это значит, что нам нужно повторить свои опыты под водой. Но сделать это будет не так просто: придется разработать новую конструкцию подводного «укусомера» и обсудить с инженерами, каким образом ток воды может влиять на скорость смыкания челюстей и силу укуса. Кроме того, нужно будет сформулировать новые правила безопасности: в водной среде крокодилы имеют огромные преимущества перед людьми. Но мы окунемся и в воду. Пусть с тех пор, как мы начали наши исследования, на головах у нас прибавилось седых волос, а движения стали не такими проворными, мы готовы решить и эту задачу! ■

Перевод: А.В. Щеглов

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Insights into the Ecology and Evolutionary Success of Crocodylians Revealed through Bite-Force and Tooth-Pressure Experimentation. Gregory M. Erickson et al. in PLOS ONE, Vol. 7, No. 3, Article No. e31781; March 14, 2012.
- The Biomechanics behind Extreme Osteophagy in Tyrannosaurus rex. Paul M. Gignac and Gregory M. Erickson in Scientific Reports, Vol. 7, Article No. 2012; May 17, 2017.



ХИМИЯ

# ОСТРОВ ТЯЖЕЛОВЕСОВ

Ведется работа по созданию самых тяжелых элементов в мире  
и изучению островов стабильности периодической системы,  
где такие элементы существуют дольше мгновения

*Михаэль Блок и Кристоф Дюльман*



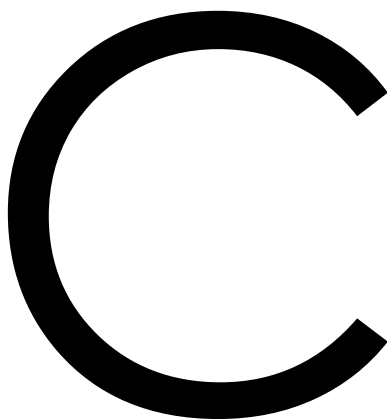
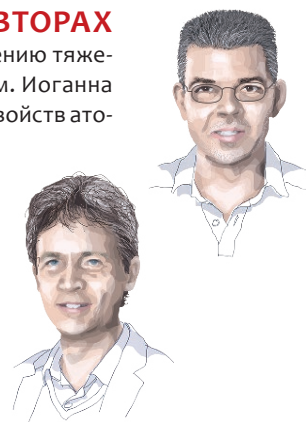




## ОБ АВТОРАХ

**Михаэль Блок** (Michael Block) — физик-ядерщик, сотрудник Центра по изучению тяжелых ионов им. Гельмгольца (GSI), Института Гельмгольца и Университета им. Иоганна Гутенберга. Основное направление его работы — прецизионные измерения свойств атомов и ядер сверхтяжелых элементов.

**Кристоф Дюльман** (Christoph E. Düllmann) — химик-ядерщик, сотрудник Центра по изучению тяжелых ионов им. Гельмгольца, Института Гельмгольца и Университета им. Иоганна Гутенберга. Он изучает процессы синтеза сверхтяжелых элементов, а также химические и ядерные свойства таких элементов и их соединений.



самый тяжелый элемент из когда-либо созданных человеком называется оганесон. В каждом его атоме в плотном центре вмещается колоссальное количество протонов — 118. Для сравнения: в атоме водорода — самого распространенного элемента во Вселенной, который содержится в теле человека, земных океанах и даже в атмосфере Юпитера, — всего один протон. Об открытии оганесона

объявили в 2006 г.: российско-американская команда исследователей осуществляла бомбардировку мишени из тяжелых атомов миллионами триллионов ионов кальция, используя ускоритель частиц в Дубне. После 1080 часов эксперимента ученым удалось создать три атома этого нового сверхтяжелого вещества.

Несколько миллисекунд спустя они исчезли. Тем не менее тщательный учет излучения и более легких атомов, образовавшихся в результате реакции, убедил ученых из российского Объединенного института ядерных исследований в том, что им удалось, пусть на краткое мгновение, создать элемент. После более десяти лет многочисленных проверок и перепроверок в 2015 г. элемент 118 официально был включен в Периодическую систему химических элементов Д.И. Менделеева, основной перечень материи. Элемент получил название в честь Юрия Цолаковича Оганесяна, пионера исследования.

Но сколько еще элементов существует? Только в течение последних десяти лет ученые расширяли периодическую систему, добавляя новые, более тяжелые атомы. Каждый из химических элементов в таблице определяется числом протонов в атомном ядре. В то же самое время, когда оганесон получил официальное признание, исследователи добавили в периодическую систему элементы, атомы которых содержат 113, 115 и 117 протонов.

Один из авторов этой статьи, Кристоф Дюльман, проводит первые химические эксперименты с отдельными представителями так называемых сверхтяжелых элементов, а Михаэль Блок

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Ученые пытаются создать все более тяжелые элементы, «выковыывая» атомы с все большим числом протонов в ядре.
- Большинство подобных сверхтяжелых элементов живут крайне мало, но теория предсказывает, что если бы удалось создать атомы с правильным сочетанием протонов и нейтронов, то они могли бы стать стабильными и существовать минуты, дни и даже годы.
- Такие атомы сформировали бы остров стабильности в периодической системе элементов. Исследователи полагают, что некоторые из недавно открытых атомов могли бы обозначить очертания этого острова.



# Периодическая система элементов

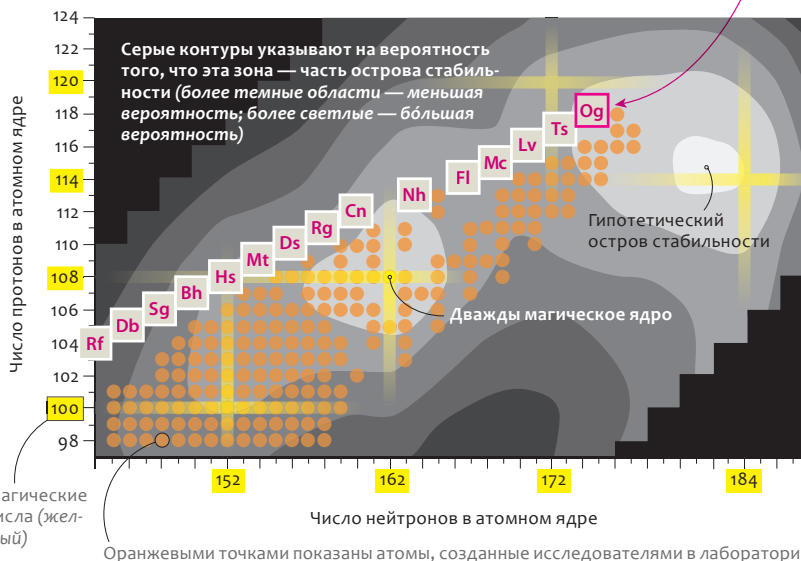
Атомный номер (число протонов в ядре атома)

|     |     |    |    |        |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |                                                                                                                 |     |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |
|-----|-----|----|----|--------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| 1   |     |    |    |        |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     | 2  |                                                                                                                 |     |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |
| H   |     |    |    |        |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     | He |                                                                                                                 |     |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |
| 3   | Li  | Be |    |        |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |                                                                                                                 | 5   | B   | 6  | C   | 7  | N   | 8  | O   | 9  | F   | 10 | Ne  |    |     |    |     |    |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |
| 11  | Na  | 12 | Mg |        |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |                                                                                                                 |     | 13  | Al | 14  | Si | 15  | P  | 16  | S  | 17  | Cl | 18  | Ar |     |    |     |    |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |
| 19  | K   | 20 | Ca | 21     | Sc | 22  | Ti | 23  | V  | 24  | Cr | 25  | Mn | 26  | Fe | 27  | Co | 28                                                                                                              | Ni  | 29  | Cu | 30  | Zn | 31  | Ga | 32  | Ge | 33  | As | 34  | Se | 35  | Br | 36  | Kr |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |
| 37  | Rb  | 38 | Sr | 39     | Y  | 40  | Zr | 41  | Nb | 42  | Mo | 43  | Tc | 44  | Ru | 45  | Rh | 46                                                                                                              | Pd  | 47  | Ag | 48  | Cd | 49  | In | 50  | Sn | 51  | Sb | 52  | Te | 53  | I  | 54  | Xe |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |
| 55  | Cs  | 56 | Ba | 57-71  | *  | 72  | Hf | 73  | Ta | 74  | W  | 75  | Re | 76  | Os | 77  | Ir | 78                                                                                                              | Pt  | 79  | Au | 80  | Hg | 81  | Tl | 82  | Pb | 83  | Bi | 84  | Po | 85  | At | 86  | Rn |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |
| 87  | Fr  | 88 | Ra | 89-103 | ** | 104 | Rf | 105 | Db | 106 | Sg | 107 | Bh | 108 | Hs | 109 | Mt | 110                                                                                                             | Ds  | 111 | Rg | 112 | Cn | 113 | Nh | 114 | Fl | 115 | Mc | 116 | Lv | 117 | Ts | 118 | Og |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |
| 119 | 120 |    |    |        |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    | 119                                                                                                             | 120 |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |
|     |     |    |    |        |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    | Лантаноиды (*) и актиноиды (**) вынесены отдельно за пределы основной таблицы из-за схожести химических свойств |     |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |    |    |    |    |     |    |     |    |     |    |     |    |
|     |     |    |    |        |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    | 57                                                                                                              | La  | 58  | Ce | 59  | Pr | 60  | Nd | 61  | Pm | 62  | Sm | 63  | Eu | 64  | Gd | 65  | Tb | 66 | Dy | 67 | Ho | 68  | Er | 69  | Tm | 70  | Yb | 71  | Lu |
|     |     |    |    |        |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    | 89                                                                                                              | Ac  | 90  | Th | 91  | Pa | 92  | U  | 93  | Np | 94  | Pu | 95  | Am | 96  | Cm | 97  | Bk | 98 | Cf | 99 | Es | 100 | Fm | 101 | Md | 102 | No | 103 | Lr |

Гипотетическое положение пока неизвестных элементов 119 и 120

## Остров стабильности

Поскольку каждый протон увеличивает положительный заряд ядра, вызывая отталкивание других протонов, чем больше таких частиц, тем больше вероятность, что ядро распадется. Однако ученые полагают, что некоторые, еще не открытые атомы могут противостоять этой тенденции, приобретая устойчивость за счет особого расположения протонов и нейтронов, занимающих, как предполагается, «оболочки» внутри ядра, каждая из которых содержит особенное число частиц. Оболочка наиболее стабильна, когда заполнена целиком, поэтому число протонов и число нейтронов, необходимые для заполнения оболочки, называются магическими числами. Интересно, что некоторые числа с большей вероятностью окажутся магическими в определенном сочетании с другими числами. Теория предполагает, например, что 114 протонов и 184 нейтрона вместе могли бы быть магическими числами («дважды магическое» ядро), но ученые пока не создали атом с такой комбинацией. Если это удастся, он мог бы стать частью острова стабильности, где сверхтяжелые элементы становятся долгоживущими.



работает над прямыми измерениями массы некоторых из них и изучением иных свойств. Волнение вызывает каждый обнаруженный нами новый вид элементов, поскольку они представляют собой неизвестный материал, форму вещества, с которой люди никогда не сталкивались.

Однако нам не удастся их сохранить. Создаваемые нами единичные атомы существуют только мгновения, а затем разрушаются или превращаются

в другие атомы в результате деформации, вызываемой слишком большим количеством положительно заряженных протонов, которые отталкиваются друг от друга. Но ученые предполагают, что определенные сверхтяжелые элементы и их изотопы (версии тех же элементов с разным числом нейтронов), которые еще предстоит открыть, могли бы разрушить эту модель дразняще мимолетного существования. Некоторые из предполагаемых элементов

могут продержаться минуты, может быть, даже годы, не распадаясь. Если так, то они сформировали бы давно искомую область периодической системы, которая называется «остров стабильности». Благодаря особой конфигурации ядер, обеспечивающей необычную устойчивость, сверхтяжелые элементы из этой области могли бы существовать достаточно долго, а не только в виде эфемерных лабораторных творений. В последнее время ученые обнаруживают атомы, которые могут обозначать очертания этого острова.

Например, элемент 114 распадается медленнее, чем предсказывают некоторые расчеты для атома с таким количеством протонов. А период полураспада (время, которое требуется для превращения половины атомов в атомы другого элемента в результате распада) некоторых из недавно открытых сверхтяжелых элементов увеличивается (хотя все еще очень мало) с ростом числа нейтронов (не имеющих заряда спутников протонов в ядрах атомов). Эти наблюдения согласуются с теорией: традиционно предполагается, что остров стабильности находится в той области периодической системы, где располагаются атомы с числом протонов около 114 и с большим числом нейтронов, чем у созданных до этого видов атомов. Тем не менее открытие чуть более продолжительных — всего лишь на доли долей секунды — сроков жизни атомов стало вдохновением и движущей силой поисков для нескольких поколений исследователей тяжелых элементов. Теперь, когда началось изучение острова стабильности, мы надеемся нанести на карту его границы, определить местоположение его центра (где находятся наиболее стабильные изотопы) и изучить, как долго могут существовать такие атомы.

В последние годы на основе собранной по крупным информационным ученым получили удивительное представление об этих странных обитателях крайних областей периодической таблицы. Наши лабораторные методы достигли такой степени развития, что стало возможным изучать химию создаваемых сверхтяжелых элементов и определять, например, будут ли это металлы или газы при комнатной температуре. И если когда-нибудь удастся синтезировать килограмм подобных элементов, возможно, они будут обладать совершенно

новыми — и потенциально полезными — свойствами, отличающими такие вещества от всех известных материалов. Даже если создаваемые нами вещества все равно распадаются настолько быстро, что их невозможно подержать в руках, они могут помочь нам достичь более глубокого понимания химии и фундаментальных свойств материи.

### Исследование острова

Периодическая система элементов представляет собой результат непрекращающихся попыток химии составить карту таких фундаментальных свойств. Таблица была разработана в XIX в.: наиболее детально — русским химиком Дмитрием Ивановичем Менделеевым и независимо от него немецким химиком Юлиусом Лотаром Мейером.

В таблице элементы представлены в порядке возрастания их атомных номеров (числа протонов в атоме) и сгруппированы таким образом, чтобы показать сходство в их поведении в реакциях с атомами других элементов при формировании химических соединений.

Почти сразу после создания таблицы Менделеева химики задумались над тем, насколько далеко она простирается. Самый тяжелый элемент, встречающийся в природе в больших количествах, — это уран, ядро которого содержит 92 протона. Но с каждым дополнительным протоном в ядре увеличивается положительный заряд и растут кулоновские силы, которые вызывают отталкивание одинаково заряженных частиц друг от друга. В определенный момент сила отталкивания становится больше сильного взаимодействия, связывающего компоненты ядра, и ядро расщепляется в результате процесса, который называется делением.

Однако стабильность любого конкретного элемента определяется не только числом протонов: она зависит от расположения протонов и нейтронов внутри атомного ядра. В соответствии с оболочечной моделью ядра, разработанной лауреатами Нобелевской премии Марией Гепперт-Майер (Maria Goeppert-Mayer) и Хансом Йенсеном (J. Hans D. Jensen) в конце 1940-х гг., оба вида частиц, составляющих ядро, заполняют так называемые ядерные оболочки. Напоминающие слои внутри ядра, которые могут содержать определенное число протонов и нейтронов, ядерные оболочки аналогичны электронным оболочкам, удерживающим

**Теперь, когда началось изучение острова стабильности, мы надеемся нанести на карту его границы, определить местоположение его центра (где находятся наиболее стабильные изотопы) и изучить, как долго могут существовать такие атомы**



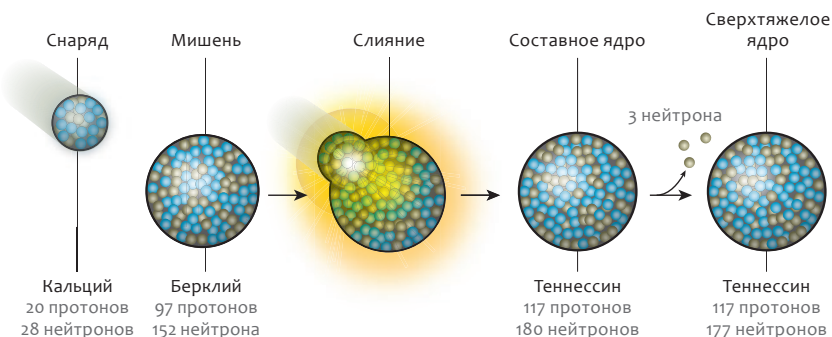
электроны вокруг ядра. В обоих случаях заполнение оболочек приводит к более сильному связыванию, обеспечивая дополнительную стабильность. Ученые сформулировали оболочечную модель после того, как обнаружили, что ядра с определенным «магическим» числом протонов и нейтронов (2, 8, 20, 28, 50 и 82) более стабильны и их труднее разрушить. Стало ясно, что эти магические числа связаны с целиком заполненными оболочками. Магические числа для протонов и нейтронов известных нам атомов одинаковы, но нет гарантий, что такая закономерность сохраняется и дальше. Ядро, в котором заполнены все оболочки и протонов, и нейтронов, называется дважды магическим.

Многое с магическими числами еще неясно. Например, каковы магические числа для ядер, которые еще не открыты? Некоторые теории предсказывают существование дважды магического сверхтяжелого ядра со 114 протонами и 184 нейтронами. Хотя в лабораториях и создали элемент 114, но версии со 184 нейтронами нет. Тем не менее теория, впервые выдвинутая еще в 1960-х гг., предполагает, что такой изотоп был бы настолько стабилен, что его период полураспада равнялся бы возрасту Земли. Этот прогноз — первое указание на существование острова стабильности — вызвал волнение среди исследователей тогда и продолжает вдохновлять нас сейчас.

Однако мы все еще не знаем, действительно ли сочетание 114 и 184 — магическое. Другие теоретические модели предсказывают, например, такие конфигурации, как 120 или 126 протонов и 172 нейтрона. Некоторыми из предсказаний будущих магических чисел мы обязаны Альберту Эйнштейну. Он объяснил удивительное явление, наблюдаемое экспериментально: масса атома меньше, чем сумма масс составляющих его протонов, нейтронов и электронов. Из знаменитой эйнштейновской формулы  $E = mc^2$  следует, что этот недостаток массы отражает энергию связи — энергию, которая удерживает компоненты ядра вместе. Таким образом, взвешивание атомов с различным сочетанием протонов и нейтронов позволяет определить такие конфигурации, которые приводят к более сильному связыванию, — иными словами, представляющие магические числа, — и выяснить, насколько они более стабильны.

## Создание сверхтяжелых элементов

Для создания новых сверхтяжелых элементов ученые осуществляют бомбардировку ядра-мишени ускоренным ядром-снарядом и надеются, что эти два ядра сольются. Для того чтобы преодолеть силу отталкивания между двумя положительно заряженными ядрами, снаряд должен двигаться со скоростью около 10% скорости света. При такой скорости снаряд и мишень могут приблизиться настолько, чтобы почти соприкоснуться, и тогда начинают действовать силы притяжения — сильное взаимодействие. В представленном примере ученые создали элемент теннессин в результате слияния ядер кальция и берклия. После соединения двух ядер составное ядро (или ядро-компаньон) испустило три нейтрона и появилось сверхтяжелое ядро теннессина со 117 протонами и 177 нейтронами.



Какими бы ни оказались следующие магические числа, мы полагаем, что исследование острова стабильности начинается. Эксперименты показали, что период полураспада сверхтяжелых элементов увеличивается с количеством нейтронов, и это означает, что мы подходим к следующему магическому числу нейтронов. Например, эта тенденция хорошо просматривается в случае элемента 112 (коперникия, *Cn*): по сравнению с  $^{277}\text{Cn}$  (коперникием со 112 протонами и 165 нейтронами), живущим всего около 0,6 мс,  $^{285}\text{Cn}$  (коперникием, у которого на восемь нейтронов больше, всего 173) живет почти в 50 тыс. раз дольше. Такая закономерность вероятнее всего сохранится по мере продвижения к центру острова стабильности, хотя вопрос о существовании неограниченно стабильных сверхтяжелых элементов все еще открыт.

Такая вероятность послужила основанием для начала поисков подобных элементов в природе. Аргументация такова: то, что мы не наблюдаем такие элементы в больших количествах, не означает, что их следы не находятся на самом виду. Эти элементы могли сформироваться, наряду с другими тяжелее железа, в результате значимых событий, таких как столкновения двух нейтронных звезд, и затем рассеяться по Вселенной. В таком случае они могли бы присутствовать в потоках космического излучения, идущих к Земле, или сохраниться в горных породах на нашей планете. Ученые вели поиск с использованием различных методов. Например, теория предсказывает, что 110-й элемент (дармштадтий) довольно стабилен, когда содержит 184 нейтрона (магическое число), и можно

ожидать, что химически он сходен с платиной, расположенной в периодической таблице прямо над ним. Ученые использовали методы рентгенофлуоресцентного анализа и масс-спектрометрии для поиска дармштадтия в платиновых рудах, встречающихся в природе, но не нашли свидетельств его присутствия в количествах, больших чем одна часть на  $10^9$ .

Исследователи также искали следы сверхтяжелых элементов в космических лучах, например в ходе эксперимента *UHCRC (Ultra-Heavy Cosmic-Ray Experiment)*, «Поиск ультратяжелых ядер в космических лучах»), проводившегося на космическом аппарате *NASA LDEF (Long Duration Exposure Facility)*, «Система длительной выдержки материалов в открытом космосе»), но не обнаружили убедительных доказательств. Поиски, конечно, продолжатся, потому что такое открытие стало бы исключительно важным. Более того, новые элементы можно было бы превратить в материалы с уникальными свойствами, пригодными для применения в технике и других областях.

#### «Ковка» новых элементов

Поскольку сверхтяжелые элементы в природе еще не найдены, мы должны их создать сами в лабораториях. Задача заключается в обогащении атомных ядер «обычных» элементов еще большим числом протонов. В настоящее время мы можем это сделать, имитируя процессы, происходящие во Вселенной, в результате которых формируются тяжелые элементы. Ядра, содержащие слишком много нейтронов, предрасположены к превращению одного из дополнительных нейтронов в протон в процессе бета-распада. Таким образом из исходного ядра образуется более тяжелый элемент с атомным номером, отличающимся на единицу. Осуществляя бомбардировку тяжелых элементов большим числом нейтронов, мы можем получить элементы вплоть до фермия (100-й элемент). Тем не менее до настоящего времени неизвестно о существовании процесса бета-превращения в ядрах фермия или более тяжелых элементов, так что возможности описанного выше метода на этом заканчиваются.

Чтобы продвинуться дальше и создать такие элементы, как неуловимый оганесон, ученые приводят два ядра в достаточно близкий контакт, при котором проявляется действие ядерных сил (сильное

взаимодействие). Сильное взаимодействие осуществляется на крайне малом расстоянии, поэтому ядра должны практически касаться друг друга, чтобы ощутить действие этих сил. Для того чтобы привести ядра в такое соприкосновение, необходимо преодолеть силу отталкивания положительно заряженных протонов. Это означает, что одно из ядер необходимо разогнать со скоростью около 10% скорости света и выстрелить в другое. Примерно такой скорости достаточно, чтобы преодолеть кулоновское отталкивание и привести два ядра в поверхностное касание. Но вероятность соприкосновения двух ядер крайне мала. Более того, вероятность слияния двух ядер в одно комбинированное ядро уменьшается с ростом числа протонов

в системе. Даже если такое слившееся, составное ядро образуется, часто оно практически сразу распадается на более легкие фрагменты. И то и другое — малая вероятность образования составного ядра и большая вероятность того, что оно сразу же распадется, — создает дополнительные трудности в процессе синтеза еще более тяжелых элементов.

Несмотря на сложность, исследователи достигли внушительного успеха, используя такой подход. Элементы 113, 115, 117 и 118 — все синтезированные таким способом — получили свои официальные названия в 2016 г. (Международный союз теоретической

и прикладной химии (*IUPAC*), своего рода химическая версия компании *Guinness World Records*, обладает правом официально признавать новые элементы и давать им названия.) Элемент 113 теперь называется «нихоний» — в честь Японии, где проводились эксперименты по его синтезу; элемент 115 — «московий» в честь Московской области, где находится Объединенный институт ядерных исследований, в котором этот элемент был открыт; 117-й получил название «теннессин» в честь штата Теннесси, где находится Ок-Риджская национальная лаборатория, предоставившая материал мишени из ядер берклия (элемент 97), необходимый для синтеза нового вещества. Оганесон со 118 протонами завершает список новобранцев.

Теперь необходимо найти элемент 119, который бы добавил целую новую строку в периодическую таблицу. Несколько групп, включая нашу, начали поиск в этом направлении, но до настоящего времени никто не преуспел, несмотря на недели

## Несмотря на то что новые виды элементов распадаются мгновенно, недавно ученые совершили прорыв и смогли проводить эксперименты в течение короткого периода жизни таких атомов и изучать их химию и свойства

и месяцы, потраченные на эксперименты на самых мощных в мире ускорителях. Одно из препятствий заключается в том, что возможности метода, успешно применявшегося при получении элементов до оганесона, — бомбардировки атомами кальция более тяжелых ядер — на 118-м элементе заканчиваются, поскольку у нас нет достаточных количеств ядер с числом протонов больше 98 для использования в качестве мишеней. Сейчас ученые пытаются определить, какие комбинации известных и доступных элементов дают больше шансов получить новый вид.

### Странная химия

Несмотря на то что новые виды элементов распадаются мгновенно, недавно ученые совершили прорыв и смогли проводить эксперименты в течение короткого периода жизни таких атомов и изучать их химию и свойства, в частности как ведут себя подобные элементы при комнатной температуре — как металлы или как газы.

Флеровий (элемент 114, *Fl*) — самый тяжелый элемент, чьи химические свойства изучались. Положение флеровия в периодической таблице (под свинцом) означает, что это должен быть типичный тяжелый металл. Но согласно теоретическим прогнозам, сделанным еще в 1975 г., в действительности флеровий может вести себя как инертный газ, редко вступающий в реакцию с другими материалами.

Ожидаемое странное поведение флеровия связано с количеством протонов в его ядре и величиной их заряда. Чрезвычайно высокий положительный заряд ядра в атомах тяжелых элементов вызывает ускорение отрицательно заряженных электронов до скоростей, которые могут достигать 80% от скорости света, заставляя электроны вращаться по орбиталам другой формы, расстояния между которыми отличаются от таковых в атомах более легких элементов. У флеровия, например, разрыв в уровнях энергии двух самых удаленных электронных орбиталей намного больше, чем в сходных атомах с ядрами меньшего размера, таких как свинец, расположенный прямо над флеровием в периодической таблице. При формировании химической связи для преодоления этого разрыва электронам в атоме свинца требуется гораздо меньше энергии, чем в случае флеровия. Следовательно, флеровий может не так легко вступать в химические реакции, как его более легкий аналог. Таким образом, он может больше напоминать другие, редко вступающие в реакцию элементы — инертные газы, — чем типичные металлы, такие как свинец.

Однако трудно точно предсказать, как поведет себя флеровий. В основном теории сходятся в том, что он более инертен, чем свинец, но обладает большей реакционной способностью, чем

настоящие инертные газы, и может формировать, например, слабые металлические связи с такими элементами, как золото. Поскольку нам не удалось синтезировать флеровий в количестве, достаточном для обычного наблюдения, никто не знает, как он выглядит. Согласно некоторым прогнозам, это может быть вещество серебристо-белого или бледно-серого цвета, твердое при комнатной температуре.

Загадочные свойства флеровия вдохновили ученых на проведение широкомасштабных экспериментов, несмотря на то что в день мы можем получить только один атом. Более того, даже у самых долгоживущих из известных изотопов флеровия период полураспада составляет 1–2 с. Для производства флеровия в немецком Центре по изучению тяжелых ионов им. Гельмгольца (*GSI*) мы используем лучшее оборудование — *TASCA* (*TransActinide Separator and Chemistry Apparatus*, сепаратор трансактиноидов и химический аппарат). Пучком кальция-48 обстреливают вращающееся колесо-мишень, покрытое плутонием-244. Когда образуются атомы флеровия, магниты направляют их в систему под названием *COMPACT* (*Cryo-Online Multidetector for Physics and Chemistry of Transactinides*, крио-онлайн-мультидетектор для изучения физики и химии трансактиноидов). Это устройство состоит из двух комплектов 32-сантиметровых матриц с кремниевыми детекторами, обращенных друг к другу и разделенных растоянием примерно в полмиллиметра, формирующих узкий прямоугольный канал, через который быстрый поток газа проталкивает флеровий. Детекторы покрыты очень тонким слоем золота, что позволяет нам изучать, как атомы флеровия взаимодействуют с этим металлом. Первая половина детекторного канала находится при комнатной температуре, а конец второй части охлаждается жидким азотом до температуры ниже  $-160^{\circ}\text{C}$ , так как слабые химические связи (подобные тем, которые образуют инертные газы) с атомами флеровия смогут сформироваться только при низких температурах. Если поведение флеровия больше похоже на поведение металла, чем инертного газа, то он будет адсорбироваться на золоте при первом контакте в начале канала. Инертные газы, наоборот, взаимодействуют с золотом слишком слабо, чтобы эти связи сохранились при комнатной температуре, так что если флеровий ведет себя как инертный газ, то образование соединения будет происходить в конце канала (если вообще произойдет).

Когда наша исследовательская группа использовала эту установку, мы наблюдали два атома, и оба распались в той части, где детекторы находились при комнатной температуре. Это указывает на то, что флеровий образовал соединение с золотом и затем быстро распался, то есть повел себя скорее как металл, чем инертный газ. В других,



более ранних экспериментах, проводившихся исследовательскими группами в швейцарском Институте Пауля Шеррера и в российской Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова, наблюдали три атома. Хотя один распался в начальной части канала, два других были обнаружены при низких температурах, около  $-90^{\circ}\text{C}$ . Исследователи интерпретировали этот результат как намек на то, что флеровий ведет себя скорее как инертный газ. В настоящее время мы анализируем совсем недавно полученные в GSI данные, которые, как мы надеемся, прольют свет на свойства этого удивительного элемента.

### Сверхтяжелые прорывы

Недавно один из авторов этой статьи (Блок) со своей группой провел первые эксперименты со сверхтяжелым элементом нобелием (элемент 102, No) с использованием лазерной спектроскопии. Им удалось получить атомы нобелия со скоростью несколько частиц в секунду, осуществляя бомбардировку мишени из свинца (82 протона) ионами кальция (20 протонов). Затем Блок с коллегами замедляли полученные атомы аргоном и облучали лазерными импульсами. При правильно подобранной энергии лазерного импульса электрон поглощает эту энергию и покинет атом. Меняя частоту лазерных импульсов, исследователи смогли точно измерить, какая энергия необходима для того, чтобы оторвать электрон от атома нобелия. Эта энергия (энергия ионизации) — одна из основных характеристик элемента, которая влияет на его расположение в периодической системе. Она определяет, с какой вероятностью элемент вступает в реакцию с другими элементами и формирует химические связи.

Впервые подобные эксперименты мы провели с изотопом  $^{254}\text{No}$  (вариант нобелия со 152 нейтронами) и недавно расширили область исследования, включив еще два изотопа нобелия,  $^{252}\text{No}$  и  $^{253}\text{No}$ , для того чтобы изучить, как в зависимости от разного числа нейтронов в ядре атома меняется величина энергии, которую способны поглощать электроны. Результаты расскажут нам о том, как отличаются размер и форма ядер этих изотопов: различные конфигурации положительно заряженных ядер будут влиять на характер движения по орбите и поведение отрицательно заряженных электронов.

Ученые создают также химические связи между атомами сверхтяжелых и более легких элементов для изучения взаимодействия экзотических видов атомов. Недавно были синтезированы молекулы, содержащие сиборгий (элемент 106). В экспериментах, проводившихся в научном центре RIKEN (RIKEN Nishina Center for Accelerator Based Science, Центр науки на базе ускорителей им. Йошио Нишины Института физико-химических исследований) в Японии, исследователи во главе с группой

Кристофа Дюльмана получали атомы изотопа сиборгия с периодом полураспада около 10 с. Затем в камеру с сиборгием добавляли монооксид углерода (CO) и обнаружили, что образуется гексакарбонильное соединение, в котором шесть молекул CO соединяются с центральным атомом сиборгия.

Дюльман с коллегами выяснили, что в этой ситуации сиборгий ведет себя как его более известные и более легкие аналоги — вольфрам и молибден, имеющие такое же число валентных электронов. В течение эксперимента, длившегося круглыми сутками почти две недели, ученые наблюдали, как при взаимодействии сиборгия с монооксидом углерода образуется тот же тип соединения, что и для молибдена и вольфрама, с такой же скоростью. Теперь исследователи собираются экспериментально проверить, какой из трех элементов формирует наиболее стабильные связи с CO. По данным расчетов, проведенных в конце 1990-х гг., это должен быть сиборгий, однако недавние более точные расчеты предсказывают, что связь монооксида углерода с сиборгием будет слабее, чем связь с вольфрамом.

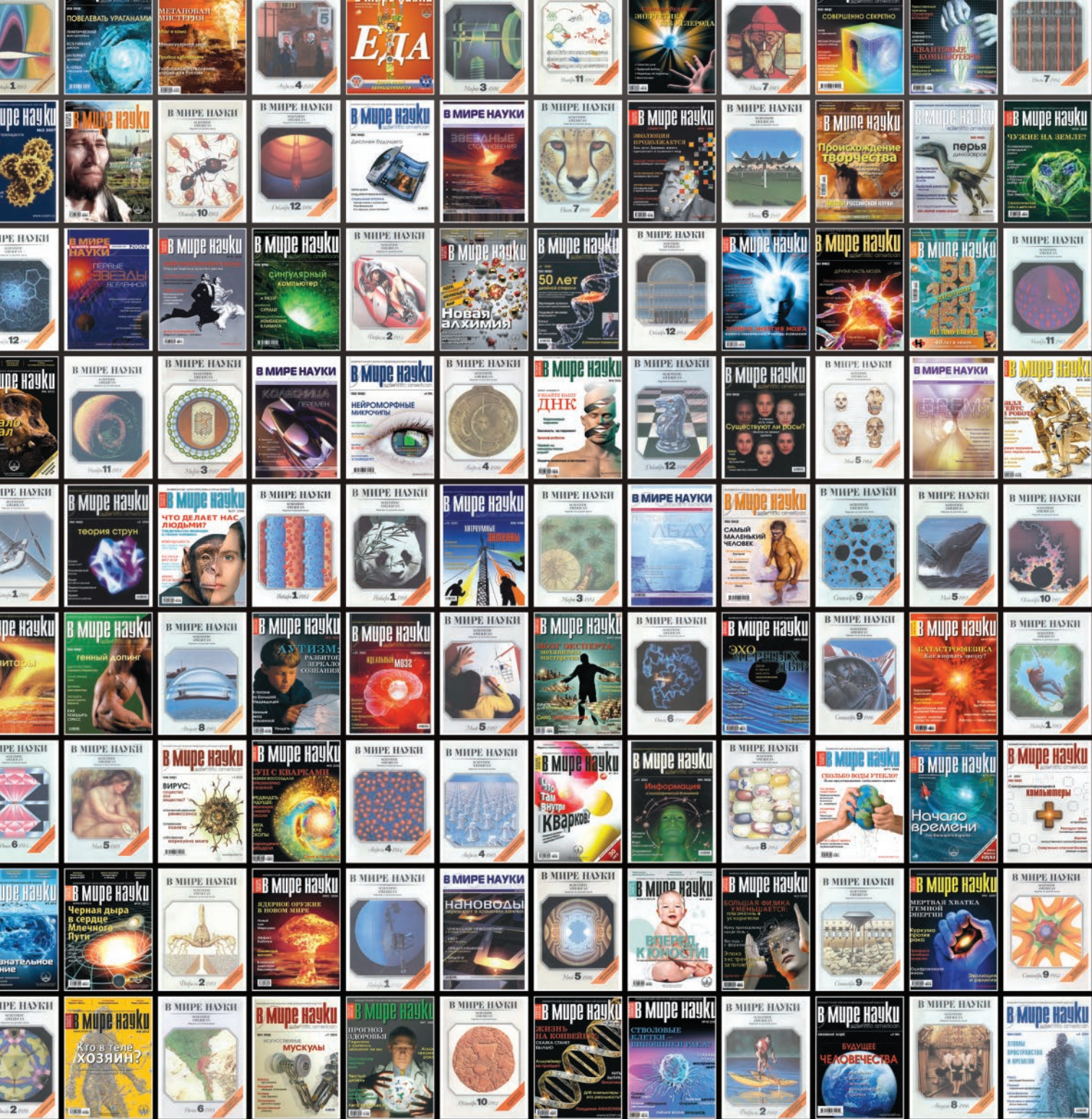
Это лишь несколько примеров, демонстрирующих, какие восхитительные эксперименты в настоящее время проводятся со сверхтяжелыми элементами и на какое число вопросов мы надеемся дать ответ. И хотя новейшие члены периодической таблицы, признаться, довольно экзотичны, экспериментальные исследования предоставляют еще больше точной информации о том, как такие атомы вписываются в ту же систему, чью основу составляют более обычные элементы, с которыми мы встречаемся в повседневной жизни. Нестабильные или долгоживущие — найдем ли мы когда-нибудь центр острова стабильности? — сверхтяжелые элементы могут многое нам рассказать о работе химических строительных кирпичиков природы. ■

Перевод: С.М. Левензон

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Павлус Д. Супермолекулы из суператомов // ВМН, № 1-2, 2017.
- Special Issue on Superheavy Elements. Edited by Christoph E. Düllmann, Rolf-Dietmar Herzberg, Witold Nazarewicz and Yuri Oganessian. Special issue of Nuclear Physics A, Vol. 944; December 2015.
- Группа по химии сверхтяжелых элементов (SHE) Университета им. Иоганна Гутенберга, GSI и Института Гельмгольца: [www.superheavies.de](http://www.superheavies.de)
- Публикации об Электромагнитном фильтре скоростей (Heavy Ion Reaction Products, SHIP) на сайте GSI: [www.gsi.de/work/forschung/nustarenna/nustarenna\\_divisions/she\\_physik/publications.htm](http://www.gsi.de/work/forschung/nustarenna/nustarenna_divisions/she_physik/publications.htm)





## Хотите знать о науке больше?

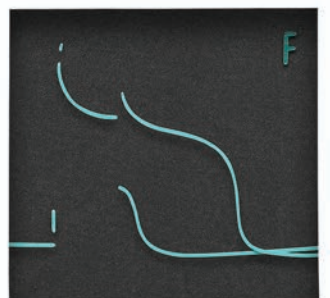
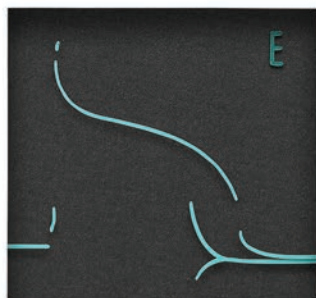
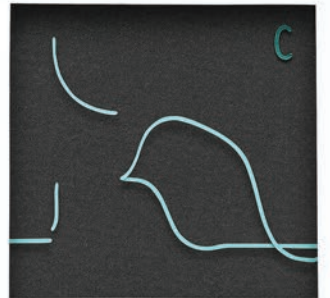
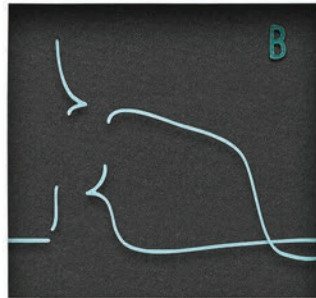
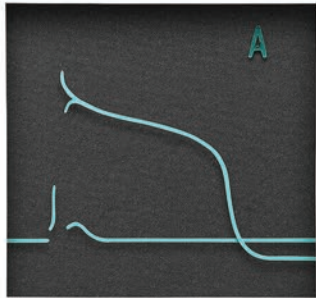
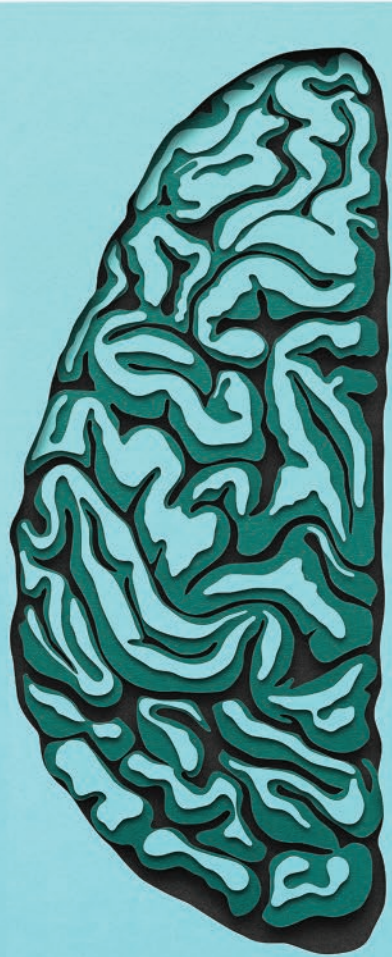
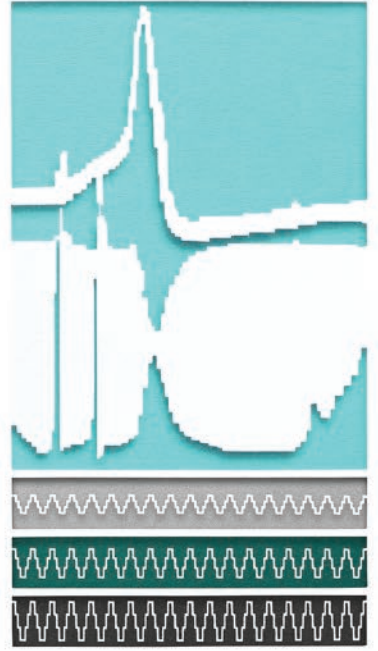
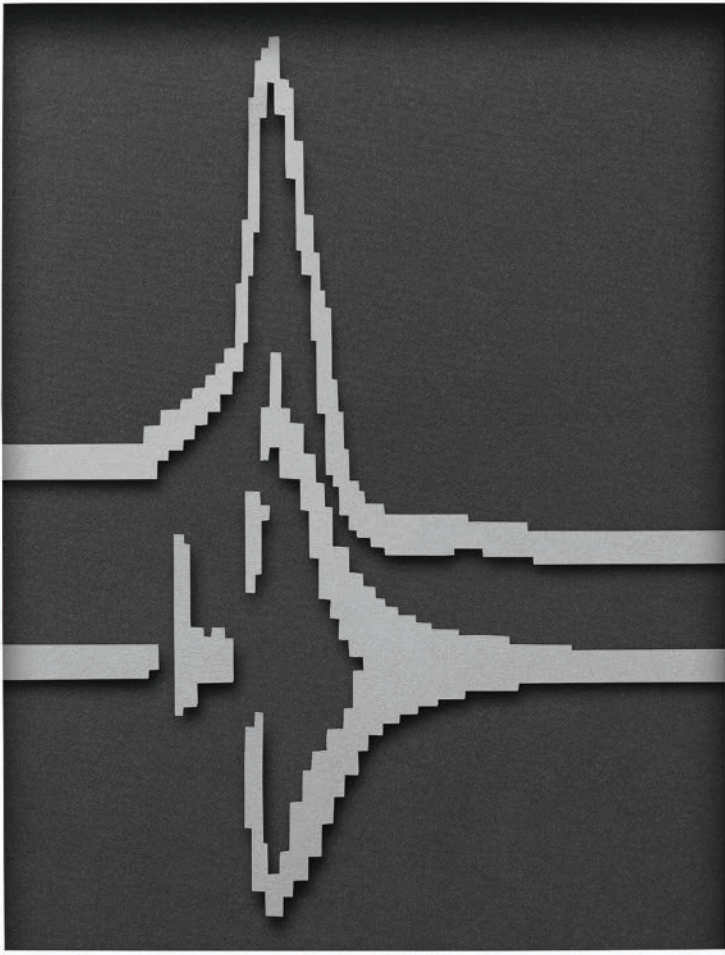
Полный архив выпусков журнала  
«В мире науки» — на сайте издания  
по адресу: [www.sciam.ru](http://www.sciam.ru)

**В мире науки**  
SCIENTIFIC AMERICAN

Теперь можно купить  
и отдельные статьи









ПЕРО

ОСМЫСЛЕ

НИМ

Физики,  
возобновившие  
эксперименты  
пятидесятилетней  
давности, говорят,  
что нервные клетки  
взаимодействуют  
с помощью  
механических сигналов,  
а не электрических

*Дуглас Фокс*

РАБОТЫ  
МОЗГА

**ОБ АВТОРЕ**

**Дуглас Фокс** (Douglas Fox) живет в Калифорнии и пишет о нейробиологии и экстремальных климатических условиях.



**М**

олодая женщина с волнистыми каштановыми волосами и бордовым лаком на ногтях лежала на каталке в больничной палате Копенгагена. К ее вытянутой левой руке были подсоединены электроды. Каждые несколько секунд в воздухе раздавался хлопок от электрического удара. Всякий раз пальцы женщины дергались. Она морщилась. В тот день она должна была получить сотни таких ударов.

Эта пациентка, о которой заботились несколько врачей в лабораторных халатах, предоставила свою руку для опыта за 1 тыс. датских крон, то есть примерно \$187. Физик Томас Хаймбург (Thomas Heimburg), специалист по квантовой механике и биофизике, сидел в сторонке на стуле и заносил в свой *iPad* подробности этого неприятного эксперимента, надеясь получить важные результаты.

Для обезболивания врачи ввели женщине в руку лидокаин в дозе, достаточной, чтобы сделать ее нечувствительной. Вначале нервы в ее руке не реагировали на удары током. Но сотрудники постепенно увеличивали силу воздействия. На тот момент сила тока составляла уже 40 миллиампер, то есть почти в десять раз больше того, что было в начале, примерно такая сила тока проходит через лампочку 5 Вт.

Хлопок — еще один удар. Рука женщины дергалась, как умирающая змея. Хаймбург не обращал на это внимания, уставившись на компьютерный монитор на стене. Линия на экране, отображающая электрические сигналы, идущие по мышцам и нервам руки, дала большой всплеск — значит удары повышенной силы начали преодолевать анестезию. Теперь нерв реагировал так же сильно, как до того, как женщине вкололи лидокаин. Хаймбург был доволен. «Это противоречит, — сказал он тихо, — тому, что написано в книгах».

Хаймбург работает в Институте Нильса Бора в Копенгагене, знаменитом своими физическими исследованиями. Он надеется опровергнуть многое написанное в книгах. Этот эксперимент, свидетелем которого я стал в декабре 2011 г., был разработан для изучения давней медицинской тайны. Врачи используют общую анестезию уже

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

- Физик Томас Хаймбург может совершить переворот в биологии. Он говорит, что нервы передают сигнал не электрическим, а физическим способом. Чтобы доказать это, он возобновляет эксперименты, проведенные 50 лет назад одним недооцененным нейробиологом.
- Хаймбург отстаивает радикальную идею, что сигнал, идущий по цилиндрическому нервному волокну, представляет собой волну сжатия, вроде звуковой, которая временно изменяет липидную мембрану нейрона, переводя ее из жидкой формы в кристаллическую.
- Биологи считают, что Хаймбург всего лишь выявляет побочные эффекты от электрического импульса, однако некоторые соглашаются, что, возможно, оба процесса действуют совместно, и это может изменить представления о работе мозга.



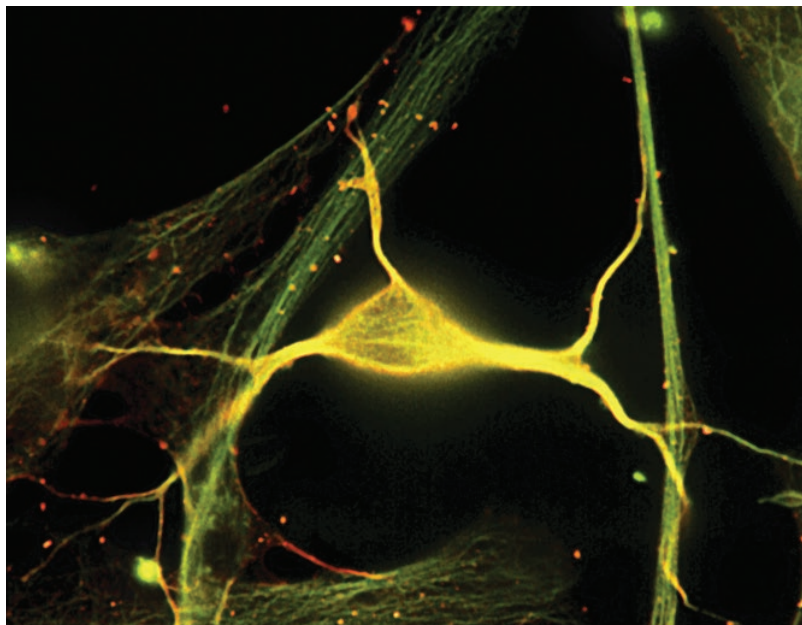
на протяжении 170 лет. Они обнаружили десятки эффективных веществ. Если постепенно увеличивать дозу, эти средства выключают функции нервной системы в теле и мозге в определенном порядке: сначала отключается формирование памяти, затем ощущение боли, потом сознание и, наконец, дыхание. Одинаковая последовательность наблюдается у всех животных от человека до мухи.

Но никто не знает, как на самом деле работает анестезия. Структура молекул закиси азота, эфира, севофлурана и ксенона настолько различна, что маловероятно, что их влияние обеспечивается связыванием с одними и теми же белками в клетках, как бывает при использовании других лекарств.

Хаймбург думает, что анестетики работают совершенно иначе: они меняют механические свойства нерва. Если он прав, это значит, что нервные клетки (нейроны), расположенные в теле и мозге, представляют собой механические устройства, а не электрические цепи, как десятилетиями считали ученые. По мнению Хаймбурга, электрические импульсы — это просто побочный эффект от физической волны, которая идет по нерву примерно так же, как перемещаются звуковые волны. Он думает, что анестетики выключают нервы, впитываясь в липидные мембраны, покрывающие нервные волокна, и размягчают их так, что мембрана теряет способность передавать волны, как ослабленная гитарная струна, которая перестает звучать.

Когда я наблюдал за этим экспериментом, хотелось отмахнуться от Хаймбурга как от сумасшедшего. Но за семь лет, прошедшие с тех пор, он с коллегами представил множество доказательств: тонкие измерения того, как механические волны движутся по одиночной нервной клетке, насколько сильно и с какой скоростью мембраны могут расширяться и сжиматься и как анестетики изменяют эти свойства. Другие ученые начинают проявлять интерес. Сейчас Хаймбург готовит важный эксперимент, который мог бы решить исход дела: измерение тепла, испускаемого единичной нервной клеткой, когда по ней проходит импульс.

Исследования Хаймбурга показывают, что нервный импульс — более сложное явление, чем большинство биологов могут себе представить. Возможно, механическая составляющая была упущена случайно: 50 лет назад существующие инструменты позволяли легко измерять слабые электрические токи в нейронах, но не механические колебания. Технические ограничения



**Нейрон**, или нервная клетка (желтый), в гиппокампе — области мозга, отвечающей за долговременную память, поддерживается с помощью белков (зеленый и красный)

повлияли на то, какие открытия сделали ученые и какие идеи стали общепринятыми. Благодаря экспериментам Хаймбурга сейчас возобновляются старые научные споры.

Для всей науки история механической передачи сигнала — урок о предубеждениях и случайностях. Это может изменить наши основные представления о нейронах, мозге и интеллекте. Ученые усиленно пытались разобраться в том, как мозг может справляться с такими сложными задачами, как распознавание лиц и речь с помощью ненадежных белков в нейронах, дающих электрический шум. Хаймбург показывает, как механические волны могут компенсировать такой шум. Если его теория подтвердится, он сможет переписать биологию. Либо он ошибается.

### Горячие нервы

Нервный импульс, который ученые так долго пытались объяснить, длится всего мгновение. Наступите на канцелярскую кнопку, и ваш мозг почувствует боль через долю секунды. Сигнал идет по нервным волокнам со скоростью до 30 м/с.

Нервные волокна напоминают крошечные полые трубки, тоньше волоса. Стенка трубки образована липидной мембраной. Заряженные атомы натрия и калия, называемые ионами, толпятся с наружной и внутренней ее стороны. К середине XX в. ученые научились вставлять электроды в нервные клетки, чтобы отслеживать разность потенциалов на мембране. Они обнаружили, что по мере того как импульс, перемещаясь по мембране, проходит мимо электрода, напряжение на несколько

тысячных долей секунды меняется. В 1952 г. британские ученые Алан Ходжкин (Alan Hodgkin) и Эндрю Хаксли (Andrew Huxley) выяснили, что такой скачок происходит за счет потока ионов натрия через мембрану снаружи внутрь. Затем заряд восстанавливается за счет того, что ионы калия устремляются через мембрану изнутри наружу. Модель Ходжкина — Хаксли легла в основу современной нейрофизиологии.

Ходжкин и Хаксли получили Нобелевскую премию в 1963 г. Но некоторые ученые продолжали сталкиваться с наблюдениями, которые не соответствовали данной модели. Эти наблюдения и воссоздал Хаймбург, несмотря на то что некоторые из них были списаны как ошибочные.

Ичидзи Тасаки (Ichiji Tasaki), старейший нейробиолог в Национальных институтах здоровья США, долгие годы был одним из таких ученых. В 1979 г. он провел необычный эксперимент. Глядя в микроскоп, он осторожно положил крупинку блестящей платины на тонкую белую нить — пучок нервных волокон краба, оголенный в процессе вскрытия конечности животного, и направил лазер на платину. Регистрируя отражение света лазера, он смог обнаружить движения, означавшие, что пучок волокон быстро сужался или расширялся во время прохождения импульса. Вместе со своим тогдашним аспирантом Кунихико Ивасой (Kunihiko Iwasa) он провел сотни измерений. Спустя неделю ответ был ясен: каждый раз когда импульс шел по нервным волокнам, они быстро расширялись, а затем снова сужались за несколько десятых долей секунды.

Изменения были очень слабыми: поверхность мембраны поднималась всего на семь миллиардных долей метра. Но это абсолютно совпадало с моментом прохождения электрического импульса, подтверждая предположение, которое Тасаки лепил годами: Ходжкин и Хаксли ошибались.

Еще в 1940-х гг. ученые заметили, что когда электрический импульс проходит по нервному волокну, полупрозрачная клетка ненадолго становится более мутной. К 1968 г. Тасаки и другие исследовательские группы нашли доказательства того, что когда проходит импульс, молекулы в мембране физически перестраиваются, а затем возвращаются в исходное состояние.

Исследователи ожидали, что электрический импульс будет выделять тепло, — так обычно бывает, когда течет электричество. Однако несколько разных групп ученых обнаружили нечто странное. Температура нервного волокна поднялась на несколько миллионных долей градуса Цельсия в момент прохождения импульса, но затем быстро упала. Тепло не рассеивалось, за несколько тысячных долей секунды нерв поглотил основную его часть.

Такое временное расширение, перестройка молекул, нагревание и охлаждение привели Тасаки

к ошеломляющему выводу: нервный сигнал не был просто скачком напряжения, это было очень похоже на механическую волну. Специалисты, изучавшие нервы с помощью электродов, упускали большую часть происходящего.

Всю оставшуюся жизнь Тасаки исследовал эти эффекты. Он пришел к выводу, что они возникали не в клеточной мембране, а в слое белковых и углеводных волокон, расположенном под ней. Согласно его теории, когда проходит нервный импульс, волонка поглощают ионы калия и воду, набухая и нагреваясь, а когда импульс проходит дальше, процесс оборачивается вспять.

Тасаки, развивая эти идеи, постепенно начал двигаться против общего научного течения. Не в его пользу работали и другие факторы. Он вырос в Японии, и его английская речь была неестественной. «Вам надо было очень много знать, чтобы что-то серьезно с ним обсуждать, — говорит Питер Бэссер (Peter Basser), руководитель секции нейробиологии в Национальных институтах здравоохранения, который был знаком с Тасаки на протяжении 20 лет. — И я думаю, что многие люди не догадывались, насколько он компетент и проницателен». И хотя Тасаки сотрудничал с приглашенными учеными, у него не было учеников, которые продвигали бы его идеи.

Ярким примером раскола между Тасаки и другими учеными стало идеологическое соперничество с еще одним известным нейробиологом из Национальных институтов здоровья, Кеннетом Коулом (Kenneth Cole), сторонником традиционных взглядов. Хотя эти два человека работали в одном и том же лабораторном здании в 1950–1970-х гг., они почти не разговаривали в течение 15 лет, за исключением публичных выступлений, где один спорил с другим, задавая острые вопросы.

Тасаки оставил свою лабораторию во время реорганизации институтов здоровья в 1997 г. и переместился в маленькое помещение в лаборатории Бэссера. Он продолжал работать по семь дней в неделю, когда ему было уже далеко за 90. Однажды, в декабре 2008 г., прогуливаясь рядом со своим домом, он потерял равновесие и ударился головой о землю. Он умер через неделю, в возрасте 98 лет.

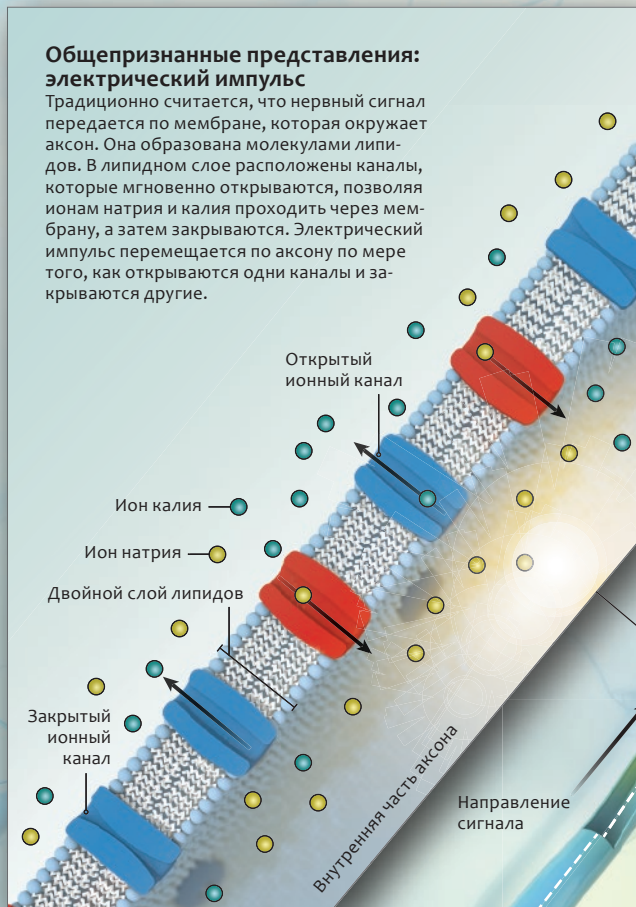
К тому времени работы Тасаки исчезли из поля зрения. «Я не думаю, что кто-то сомневался в достоверности его наблюдений, поскольку его уважали в лаборатории», — говорит Адриан Парсегиан (Adrian Parsegian), биофизик из Массачусетского университета в Амхерсте, работавший в Национальных институтах здравоохранения с 1967 по 2009 г. Открытия Тасаки скорее «считались неважными» для передачи нервных сигналов, не более чем побочный эффект изменения заряда. Механизмы явления не были объяснены, говорит Парсегиан: «Одна часть информации попала в учебники, а другая — нет».



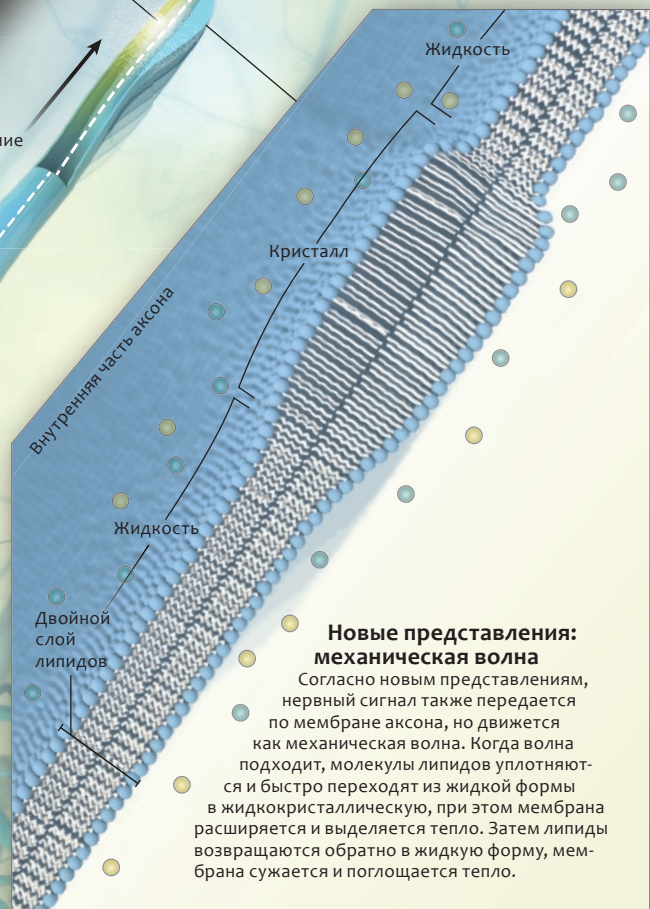
## Как нервы посылают сигналы?

### Общепризнанные представления: электрический импульс

Традиционно считается, что нервный сигнал передается по мембране, которая окружает аксон. Она образована молекулами липидов. В липидном слое расположены каналы, которые мгновенно открываются, позволяя ионам натрия и калия проходить через мембрану, а затем закрываются. Электрический импульс перемещается по аксону по мере того, как открываются одни каналы и закрываются другие.



Десятилетиями ученые принимали стандартное объяснение, как нервные клетки (нейроны) передают сигналы по телу и мозгу: каждое сообщение передается как электрический импульс, который идет по аксону клетки и передается на другой нейрон. Однако сейчас несколько физиков, проведя необычные эксперименты с работающими клетками, утверждают, что сигнал на самом деле передается по аксону как механическая волна, похожая на звуковую или сейсмическую. Некоторые ученые говорят, что физическое колебание — это просто побочный эффект электрического импульса. Выяснение вопроса, кто прав, возможно, приведет к пересмотру наших представлений о работе мозга.



### Новые представления: механическая волна

Согласно новым представлениям, нервный сигнал также передается по мембране аксона, но движется как механическая волна. Когда волна подходит, молекулы липидов уплотняются и быстро переходят из жидкой формы в жидкокристаллическую, при этом мембрана расширяется и выделяется тепло. Затем липиды возвращаются обратно в жидкую форму, мембрана сужается и поглощается тепло.

### Липиды переходят из жидкой формы в кристаллическую

Хаймбург столкнулся с работой Тасаки в середине 1980-х гг., когда занимался своим диссертационным исследованием в Институте биофизической химии Общества им. Макса Планка в Геттингене. Вскоре он начал проводить много времени в библиотеке, изучая старые статьи. В конце концов он нашел другое объяснение, не такое, как у Тасаки. Хаймбург пришел к выводу, что механические колебания, оптические трансформации и временное изменение температуры должны происходить в липидных мембранах нейронов тела и мозга, а не в белковых и углеводных волокнах под мембраной, как думал Тасаки.

К концу 1990-х гг. Хаймбург начал проводить собственные эксперименты. Он сжимал искусственные клеточные мембраны, чтобы увидеть, как они будут реагировать на механические волны. В этой работе было показано кое-что важное:

липиды мембраны обычно находятся в жидком состоянии, их молекулы повернуты случайным образом, но они близки к тому, что физики называют фазовым переходом. Достаточно чуть-чуть сжать мембрану, и липиды сконденсируются в высокоупорядоченный жидкий кристалл.

Проведя эксперименты, Хаймбург стал утверждать, что нервный импульс — это механическая волна, которая идет по мембране. Продвигаясь, она сжимает липиды мембраны так, что они образуют жидкий кристалл, при этом выделяется небольшое количество тепла, так же как при замерзании воды. Затем, когда волна прошла, через несколько тысячных долей секунды мембрана возвращается в жидкое состояние и при этом поглощается тепло. Быстрый переход в жидкокристаллическую форму и обратно сопровождается расширением мембраны, что и наблюдали Тасаки с Ивасой, освещая лазером крупинку платины.

В экспериментах Хаймбурга был сделан еще один важный шаг вперед. Удалось показать, что механическая волна и фазовый переход могут быть связаны со скачком напряжения, происходящим при прохождении импульса. Хаймбург обнаружил, что может перевести мембрану в жидкокристаллическое состояние, просто изменив мембранный потенциал. По его словам, люди изменяли мембранный потенциал на протяжении

почти 70 лет, но никто из электрофизиологов никогда не проверял наличие жидкокристаллической структуры.

На картинках в учебнике клеточные мембраны показаны как тонкие, пассивные изолирующие листы, обернутые вокруг трубкообразных нервных волокон. Но физики начинают понимать, что клеточные мембраны обладают удивительными свойствами. Мембраны представляют собой пьезоэлектрики — материалы, способные преобразовывать физические воздействия в электрические сигналы и наоборот. Кварцевые часы работают по тому же принципу. Это значит, что электрический импульс, идущий по мембране, вызывает механическую волну. И наоборот, механическая волна, идущая по мембране, вызывает изменение напряжения.

Когда Хаймбург и его коллега Эндрю Джексон (Andrew Jackson) впервые опубликовали свою теорию в 2005 г., они не наблюдали ни одного такого электромеханического импульса в динамике.

Один из бывших студентов Хаймбурга восполнил этот пробел. В 2009 г. биофизик Маттиас Шнайдер (Matthias Schneider), работающий сейчас в Техническом университете Дортмунда, сообщил, что может вызвать механическую волну, подав напряжение на искусственную мембрану. Сила импульса была схожа с той, которая наблюдается в нервных клетках. Волна перемещалась со скоростью приблизительно 50 м/с, что сопоставимо со скоростью передачи сигнала от ноги к мозгу, если вы наступили на кан-

целярскую кнопку. К 2012 г. Шнайдер подтвердил, что механическая волна и электрический импульс — это составляющие одной и той же волны, идущей по мембране.

Однако главное открытие Шнайдер сделал в 2014 г. Ключевая особенность нервного импульса — закон «все или ничего». Если нейрон получает слабый сигнал, потенциал действия не пойдет, если сигнал достаточно сильный, то пойдет. «Существует определенный порог», — говорит Шнайдер. Он обнаружил, что электромеханические волны на его искусственных мембранах действительно распространялись по принципу «все или ничего». Казалось, что определяющий фактор — достаточно ли сильно сжата мембрана, чтобы произошел переход в жидкокристаллическую форму. Только тогда, по словам Шнайдера, «вы получите импульс».

**«Нет сомнений в том, что механические волны существуют, — говорит нейробиолог, придерживающийся компромиссных взглядов. — Вопрос в том, действительно ли нейроны используют их для чего-то полезного»**



### Объяснение анестезии

Зачем Хаймбург занялся наблюдением за нервами при анестезии? Надеюсь разобраться, я приходил к нему в Институт Нильса Бора в течение той же недели, когда наблюдал эксперимент в больнице.

На полках у Хаймбурга были книги по физике, а не по биологии. Среди них стояли в ряд в тканевых переплетах книги Германа Гельмгольца, который в середине 1800-х гг. сформулировал важнейшее правило термодинамики, что энергия может переходить в другую форму, но не может быть создана или уничтожена. Кстати, Гельмгольц тоже измерял скорость нервных импульсов. «Я считаю, что обязательно надо читать эти старые тексты, — говорит Хаймбург. — Они отражают постепенное открытие фундаментальных связей между энергией, температурой, давлением, напряжением и фазовыми переходами». Эти принципы лежат в основе представлений Хаймбурга о работе нейронов, представлений физика, пробивающего себе дорогу в чужой области. «Термодинамика — самая важная из имеющихся наук, — говорит Хаймбург. — Если вы знаете термодинамику, вы мудрый человек».

Он быстро указал на слабые места в популярных объяснениях действия анестезии. Биологи считают, что анестезия выключает нервы, блокируя ионные каналы — проходы в мембране нейрона, которые закрываются и открываются, пропуская ионы натрия или калия. Биологи утверждают, что за счет потока ионов импульс идет по нервному волокну, то есть представляет собой электрический сигнал. Но поскольку разные анестетики имеют совершенно разную молекулярную структуру, Хаймбург усомнился, что все они связываются с ионными каналами. Это «совершенно нелепое» объяснение, разочарованно говорил он как о чем-то абсолютно очевидном. Тут должно быть что-то «более глубокое и основательное».

Идеи Хаймбурга отчасти сформировались под влиянием старой книги «Исследования анестезии» (*Studien über die Narkose*), опубликованной Эрнестом Овертоном (Ernest Overton) в 1901 г. Описываемый там эксперимент привлек внимание Хаймбурга. Овертон взял десятки разных анестетиков и каждый из них поместил в колбу, содержащую воду, где сверху был слой оливкового масла. Он потряс каждую колбу, а затем подождал, пока вода и масло снова разделятся. Далее для каждого анестетика он определил, сколько оказалось в воде, а сколько в масле. Чем более сильным действием на животных обладал анестетик, тем больше его оказывалось в масле. Такой поразительный результат был позже подтвержден для новых анестетиков. Оливковое масло и клеточные мембраны состоят из похожих молекул, которые называются «жирные кислоты». Хаймбург предположил, что анестетики встраиваются в клеточные мембраны и изменяют их физические свойства.

Данную идею подтвердили в экспериментах с искусственными мембранами. Когда Хаймбург ввел в мембрану анестетик, это помешало мембране переходить в жидкокристаллическую форму при понижении температуры до того значения, при котором обычно происходит этот переход, совсем так же, как соль или сахар снижают температуру замерзания воды.

Хаймбург пришел к выводу, что когда в мембране затруднен фазовый переход, механическая волна не проходит по нервному волокну, и это объясняет, почему анестетики выключают нерв. Причем он предсказал, что препятствие можно преодолеть. Для кристаллизации мембраны надо создать более высокое давление, увеличив силу тока, и именно это врачи сделали с рукой женщины в больнице Копенгагена. Более сильный электрический ток действительно преодолел влияние анестетика. Если анестезию можно победить, сильнее ударив током, значит то же самое можно сделать, увеличив физическое давление на мембрану.

Биологи показали это еще в 1942 г. Они использовали два разных анестетика, этанол и уретан, чтобы наркотизировать головастики до такой степени, что те не могли плавать. Затем ученые поместили животных в гипербарическую камеру с давлением в 136 раз выше атмосферного. Анестезирующий эффект исчез: головастики возобновили плавание. Когда давление понизили, головастики снова легли неподвижно. «Это удивительно, — говорил Хаймбург улыбаясь. — Как могло прийти в голову воздействовать повышенным давлением на одурманенных головастика?»

### Нетерпимость к дискуссии

Хаймбург до сих пор расстроен тем, как биологи реагируют на его идеи, которые он назвал солитонной теорией. (Солитон — структурно устойчивая волна, сохраняющая свою форму во время перемещения.) Он столкнулся с противодействием с того момента, как в 2005 г. опубликовал свою теорию в *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, хотя журнал пользуется большим уважением.

Один из критиков, Кэтрин Моррис (Catherine Morris), выдающийся нейробиолог, почетный сотрудник Исследовательского института Оттавской больницы сказала мне, что вся работа пропитана превосходством физика, который думает, что может просто прийти в другую область и наставить людей на путь истинный. Она подытожила сказанное своей любимой шуткой: «это вроде того, как физики говорят: "Мы можем принять эту корову за точку"».

Отчасти реакция Моррис понятна. Одно дело — говорить, что в нервах действуют и механические, и электрические силы, и совсем другое — отвергать представления о том, что ионные каналы играют роль в проведении сигнала, как это делают

Хаймбург и Шнайдер, — это их самое большое и наиболее сомнительное отклонение от общепринятой линии в биологии. Неважно, что ученые обнаружили сотни белков ионных каналов или что лекарства могут избирательно влиять на потоки ионов, или что ученые создают мутации, изменяющие белки и влияющие на возбудимость нейронов. «Они просто беззаботно игнорируют огромный кусок биологии», — говорит Моррис, потратившая 30 лет на изучение белков ионных каналов.

Хаймбург и Шнайдер признают, что эти белки должны играть некоторую роль. Но они ссылаются на эксперименты, определенная часть которых проведены Хаймбургом, где показано, что ионы могут проходить сквозь искусственную мембрану без канальных белков. Они считают, что поток идет через отверстия, временно возникающие в мембране, когда она переходит из жидкого состояния в жидкокристаллическое, и полагают, что в нервах тела и мозга происходит то же.

Их скептицизм отражает мировоззрение физиков: они верят, что все можно объяснить с помощью принципов термодинамики. По их словам, биологи упустили эти принципы, заикнувшись на белках. Такое же пуританство, возможно, привело и к окончательному отклонению теории Тасаки. Он не любил термин «ионные каналы», как рассказывал его бывший сотрудник Иваса, когда мы общались в конце 2017 г. Это иконоборческое мировоззрение, возможно, помогло Тасаки обнаружить то, что было недоступно другим, говорил Иваса, «но позже это могло быть не полезно» для него.

С этим согласен и Брайан Зальцберг (Brian Salzberg). Он изучает физику нейронов в Пенсильванском университете, начал работать нейробиологом в 1971 г. и иногда пересекался с Тасаки. «Он был очень умным экспериментатором, и у меня нет сомнений, что он оценивал действительно происходящие изменения толщины нейрона, — говорил Зальцберг в начале этого года. — Но он неверно их истолковывал». Зальцберг объясняет, что нервные

волокна временно набухают, когда по ним проходит импульс, потому что молекулы воды текут внутрь сквозь мембрану через те же ионные каналы, которые впускают натрий, а затем вытекают через ионные каналы, выпускающие калий. Если бы Тасаки принял идею ионных каналов, он мог бы увидеть и другие объяснения механической волны.

Есть и другой мощный фактор, который мог поспособствовать вытеснению идей Тасаки из поля зрения ученых, и это может стать важным уроком для всей современной науки.

## Идеологи

Интересно, что тепловая энергия в передающем сигнал нерве может быть в два раза больше того значения энергии электрического сигнала, которое принято в нейробиологии. То, что эти неэлектрические характеристики

попали в немилость, отчасти произошло по историческим причинам.

Тасаки обладал выдающимися способностями к созданию оборудования, первый опыт в этой области он приобрел в Токио во время Второй мировой войны. Столкнувшись с острой нехваткой оборудования, он сам собирал инструменты из ненужных электрических деталей. Спустя годы, уже в США, он использовал свои навыки для создания превосходных уникальных инструментов, измеряющих тепло или кратковременное расширение нервных клеток.

Таких навыков и устройств никогда не было у других исследователей. Измерение электрического сигнала происходило иначе. Ученые создали методы, которые могли легко перениматься их коллегами, например введение тон-

чайшего электрода в мембрану клетки. Эти методы распространялись от одной лаборатории к другой вместе с представлениями об электрической природе нервного сигнала. «Были культурные предпосылки, — признавался Парсегян. — Люди используют только те инструменты, которые им понятны. Это могло повлиять на направление мысли».

Сегодня технический разрыв сокращается. Когда я общался с Хаймбургом в 2011 и 2018 гг., он с помощью современных технологий один за другим постепенно воспроизводил старые эксперименты, чтобы прояснить те удивительные вещи,

## **В недавних экспериментах показано, что каналы чувствительны к механическим воздействиям на мембрану. Если механические волны помогают открывать и закрывать ионные каналы, это может сильно изменить наши представления о мозге, поскольку все мышление обусловлено возбуждением нейронов**



которые Тасаки и другие исследователи впервые наблюдали несколько десятилетий назад. В 2014 г. Хаймбург повторил эксперимент с наркотизированным головастиком, используя искусственные мембраны вместо животных: когда он повысил давление до 160 атмосфер, действие анестетиков прекратилось, но теперь Хаймбург мог связать это с фазовым переходом в мембране. В 2016 г. он с помощью микроскопа точно измерил в одиночной клетке механическую волну, которую Тасаки и Иваса впервые описали в 1979 г.

Сейчас Хаймбургу 58 лет, он ищет финансирование для эксперимента, который может оказаться самым важным из всех: оценки количества тепла, выделенного в тот момент, когда проходит нервный импульс (то есть потенциал действия). Тасаки измерял тепло, выделяемое пучком волокон, а Хаймбург планирует с помощью микрочипа оценить изменение температуры одиночного нейрона. Эксперимент должен ответить на главный аргумент критиков его теории: что быстрый переход участка мембраны из жидкого состояния в кристаллическое и обратно должен сопровождаться выделением, а затем поглощением большего количества тепла, чем наблюдал Тасаки. Хаймбург утверждает, что в старых экспериментах систематически недооценивалось количество выделяемого тепла, поскольку там было сразу много нейронов, поглощение тепла после раннего прохождения импульса сглаживало картину выделения тепла от более поздних импульсов. «На самом деле сигнал значительно сильнее», — говорил мне Хаймбург в конце 2017 г.. Если измерения подтвердят данный факт, это будет в пользу его утверждения, что по мембране передается механическая волна.

Крайне важно, что к исследованию вопроса подключаются другие ученые, не затронутые старыми спорами. Инженер Нунцзянь Тао (Nongjian Tao), специалист по биосенсорам из Университета штата Аризона, использует лазеры для отслеживания механических импульсов в одиночных нервных клетках, как и в работах Тасаки и Ивасы, но у Тао свет отражается напрямую от нерва, а не от крошечной платиновой пластинки, поэтому его измерение более точное. С помощью лазеров, выявляющих механические волны, он надеется отслеживать одновременно сотни отдельных нейронов в нервных сетях. Такая работа могла бы дать ответ на важный вопрос. «Нет сомнений в том, что эти [механические] эффекты существуют, — говорит Саймон Лафлин (Simon Laughlin), нейробиолог из Кембриджского университета. — Вопрос в том, действительно ли нейроны используют их для чего-то полезного».

Лафлин не работает с механическими волнами, но он изучал ионные каналы в течение 45 лет и представляет себе, что волны действительно могут влиять на маленькие белковые каналы.

В недавних экспериментах показано, что каналы чувствительны к механическим воздействиям на мембрану. Если механические волны помогают открывать и закрывать ионные каналы, это может сильно изменить наши представления о мозге, поскольку все мышление обусловлено возбуждением нейронов. Известно, что работа ионных каналов нестабильна и часто встречаются помехи: даже слабые тепловые колебания могут заставить их открыться или закрыться случайным образом. Специалисты по теории информации десятилетиями пытались объяснить, как мозгу удается стабильно работать, имея такие ненадежные каналы. Однако наличие механических волн может означать, что открытие и закрытие происходят упорядоченно. «Это вполне возможно», — говорит Лафлин.

Есть свидетельства того, что это может оказаться правдой. Некоторые нейроны в коре мозга млекопитающих, кажется, ведут себя не в соответствии с теорией Ходжкина и Хаксли. Когда они передают сигналы с высокой частотой, группы ионных каналов в них открываются быстрее, чем ожидалось. Одно из объяснений заключается в том, что каналы массово реагируют на внезапное изменение мембраны, — появившаяся механическая волна открывает их более-менее синхронно, позволяя нейрону возбуждаться быстрее, чем можно было ожидать. Скорость может позволять передавать информацию феноменально быстро, возможно это и есть основа для нашего мышления. В таком случае нервный сигнал одновременно и электрический и механический.

Хаймбург и Шнайдер заняли странную позицию. Возможно когда-нибудь они разделят Нобелевскую премию. Или они не придут ни к чему, увязшие в своем упрямстве, как на много десятилетий застрял Тасаки. То, что некоторые нейробиологи, такие как Лафлин и другие специалисты вроде Тао, заинтересовались механическими волнами, кажется важным шагом навстречу физикам. Но когда мы говорили с Хаймбургом в феврале, он был непреклонен. «Многие люди пытаются как-то спасти модель Ходжкина — Хаксли, объединив ее с нашими идеями, — говорил он. — Но лично я не согласен ни на какой компромисс между этими двумя моделями».

**Перевод: М.С. Багоцкая**

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ**

- Филдз Д. Другая часть мозга // ВМН, № 7, 2004.
- On Soliton Propagation in Biomembranes and Nerves. Thomas Heimburg and Andrew D. Jackson in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 102, No. 28, pages 9790–9795; July 12, 2005.



СОЦИОЛОГИЯ

# ВНУТРИ ЭХОКАМЕРЫ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СОЦИОЛОГИЯ  
ИЗУЧАЕТ ПРОЦЕСС РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
В ИНТЕРНЕТЕ КОНСПИРОЛОГИЧЕСКИХ  
ТЕОРИЙ. КАК ИХ НЕЙТРАЛИЗОВАТЬ?

*Вальтер Кватрочокки*

**Летом 2015 г.** губернатор Техаса Грег Эббот дал Национальной гвардии штата странный приказ — пристально следить за учениями «Нефритовый шлем 15» на тот случай, если вдруг пресловутые интернет-слухи подтвердятся. Это были самые обычные учения — ничего особенного. Они велись на территории Техаса и шести других штатов на протяжении восьми недель. Но оказалось, что во время проведения «Нефритового шлема 15» в некоторых интернет-сообществах, будто в акустических эхокамерах, стали вдруг циркулировать пугающие слухи о будто бы начале государственного переворота в США, приказ о котором якобы отдал самолично президент Барак Обама.

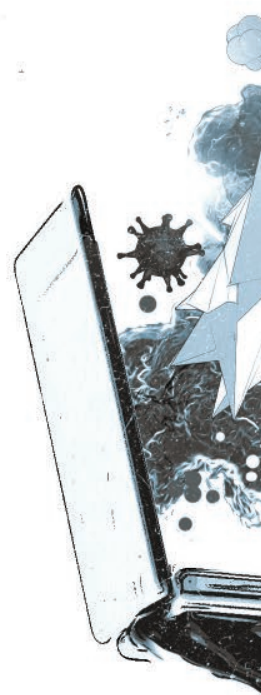






Illustration by Chris Malbon



## ОБ АВТОРЕ



**Вальтер Кватрочки** (Walter Quattrocchi) — координатор Лаборатории вычислительной социологии в Школе перспективных исследований организаций, рынков и технологий в Лукке (Италия). Область научных исследований: изучение количественных характеристик социальной динамики (формирование мнений, распространение информации и т.д.). Особый интерес ученого вызывает проблема источников происхождения, порождения и распространения новостей, в частности искаженной информации.

Вообще, конспирология — вещь не новая. В век разгула популизма и широкого распространения всяких электронных гаджетов она обрела второе дыхание и потому стала оказывать влияние — как правило, негативное — на ход мировых событий. В результате на Всемирном экономическом форуме 2013 г. авторы одного из докладов о глобальных рисках даже заявили, что быстрое распространение непроверенной и лживой информации стало одной из наиболее опасных социальных тенденций нашего времени, сродни терроризму. По мере того как на Западе среди политиков все громче слышны голоса противников демократии, общество стало еще явственнее осознавать угрозу, возникающую в результате быстрого и повсеместного распространения искаженной информации и откровенной лжи. Люди на удивление плохо отличают правду от всяческих мистификаций и фейков. Так, по данным Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), грамотность половины жителей Италии в возрасте от 15 до 65 лет находится на низком уровне. А в это же самое время социальные сети способны практически мгновенно разносить по просторам интернета все, что им вздумается, включая откровенную ложь.

В последнее время социологи стали лучше разбираться в механизмах распространения и восприятия информации, ее роли в формировании общественного мнения и методах, благодаря которым людям удается оказывать влияние друг на друга. Современные достижения в области

информационных технологий позволили ученым вплотную подойти к анализу полноводного потока данных, запрудивших социальные сети (так называемых виртуальных следов, которые пользователи оставляют при выборе и комментировании информации, а также при обмене ею в интернете), для проведения более детального анализа социодинамики. Описанный выше подход стали называть вычислительной социологией. Ее цель — изучать социальные явления с помощью количественных методов, прибегая к услугам математики, статистики, физики, социологии и, конечно же, информатики.

Применяя методы вычислительной социологии к анализу цифровых следов, оставляемых интернет-пользователями в *Facebook*, *Twitter*, *YouTube* и прочих сетях интернета, ученые получили возможность более подробно изучать механизмы распространения конспирологических теорий. В ходе исследований было установлено, что люди ведут себя не столь рационально, как считалось на протяжении долгого времени. Из всего массива неотфильтрованной информации человек, как правило, склонен выбирать лишь те сообщения, которые соответствуют его собственным убеждениям. Это явление, известное как «склонность к подтверждению своей точки зрения», лишь закрепляет ложные убеждения, бытующие у широких масс населения, — а сюда, например, относятся теории заговора, миф о связи между вакцинацией и аутизмом и прочая чепуха. И перекрыть этот мутный поток, к сожалению, не так-то просто.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Несмотря на оптимистичные разговоры о «коллективном разуме», Всемирная паутина спровоцировала появление в интернете закрытых сообществ, так называемых эхокамер, в которых происходит искажение информации. Быстрое распространение в интернете фейковых новостей, конспирологических страшилок и прочей лживой и необоснованной информации стало одной из тревожных тенденций, наблюдаемых в начале XXI в.
- Феномен эхокамеры взяли исследовать социологи. С помощью вычислительных методов они принялись изучать виртуальные следы, которые пользователи оставляют в таких сетях, как *Facebook* и *Twitter*. В результате ученые сделали вывод: человек с радостью готов питаться ложной информацией, пока она не противоречит его стойким укоренившимся убеждениям.
- Пытаясь докопаться до причин, которые лежат в основе запутанных вопросов мирового масштаба, люди вне зависимости от своего образования склонны довольствоваться простыми объяснениями, в которых ясно и четко обозначен виновник всех мировых бед. И все попытки разубедить человека, усвоившего ложные представления, скорее всего, только укрепляют его в своих взглядах. Таким образом, нейтрализация искаженной информации — задача отнюдь не простая.



### Эхокамера

В Школе перспективных исследований организаций, рынков и технологий, находящейся в итальянском городе Лукке, наша исследовательская группа на протяжении последних пяти лет изучала механизмы распространения в социальных сетях двух видов информации: правдивой и искаженной. В состав нашей команды вошли два физика — Гвидо Кальдарелли (Guido Caldarelli) и Антонио Скала (Antonio Scala), специалист в области статистики Алессандро Бесси (Alessandro Bessi), который в настоящее время работает в Институте информационных наук Университета Южной Калифорнии, математик Микела дель Викарио (Michela Del Vicario) и два специалиста в области компьютерных наук — Фабиана Дзолло (Fabiana Zollo) и я. В центре внимания были следующие вопросы: как информация распространяется, каким образом происходит формирование мнений у обитателей виртуального пространства и каким образом эти мнения закрепляются, делаются устойчивыми?

В одном из наших первых исследований по данной тематике, которое мы начали в 2012 г., а результаты опубликовали в 2015 г., изучался вопрос о том, как пользователи социальных сетей обрабатывают три вида информации: официальные новостные сообщения, информацию из альтернативных источников и сообщения отдельных блоггеров. С первой группой все ясно — сюда относятся СМИ, которые информируют о событиях в Италии на общенациональном уровне. Во вторую входят источники, которые, по их словам, доносят до читателей ту информацию, которую официальные СМИ будто бы «скрывают». И к последней группе относится контент, публикуемый группами активных граждан, которые используют интернет в качестве инструмента политической борьбы.

Не скрою, во время сбора информации в рамках нашего исследования, особенно из альтернативных источников, нам пришлось хорошенько попотеть. Мы тщательнейшим образом просеяли различные показатели, характеризующие сетевую активность пользователей *Facebook* и групп, ведущих борьбу с фейковыми новостями (*Protesi di complotto*, *Bufale un tanto al chilo*, *La menzogna diventa verit e passa alla storia*). Наша исследовательская команда тщательно изучила пятьдесят страниц в сети *Facebook* и проанализировала поведение в интернете более 2 млн жителей Италии, которые посещали эти страницы в период с сентября 2012 по февраль 2013 г. В итоге мы обнаружили, что реакция пользователей на совершенно разные темы была у различных групп очень похожей (количество тех, кто интересовался ими, делился в соцсетях и обсуждал их, было одинаковым). Другими словами, выходило, что

информация, поступающая от крупных ежедневных газет, из альтернативных новостных источников и от блоггеров, отражалась в интернет-пространстве одинаково.

Объяснить данный результат можно с помощью двух гипотез. Согласно первой, все пользователи демонстрировали одинаковое отношение ко всему массиву информации вне зависимости от ее правдивости. Вторая гипотеза показалась нам более интересной. Она утверждает следующее: в распространении искаженных сообщений важную роль играет упомянутая нами склонность обитателя соцсети к восприятию только той информации, которая лишь подтверждает его точку зрения. Кроме того, из второй гипотезы вытекает следующий вывод: несмотря на оптимистичные разговоры о «коллективном разуме» и «мудрости широких масс», Всемирная паутина лишь спровоцировала появление такого явления, как эхокамера.

### Сообщение и его автор

На следующем этапе нам нужно было проверить на практике две гипотезы, предложенные нами в предыдущей главе. Мы решили сравнить, как ведут себя в сети те, кто читает новости, посвященные научной тематике, и те, кто отдает предпочтение сообщениям из альтернативных источников и любит всяческую конспирологию. Мы разбили эти две группы по следующему критерию: наличие/отсутствие отправителя сообщения. Ясно, что научные новости — это сообщения об исследованиях, проведенных известными учеными или коллективами ученых и опубликованных в научных журналах. Напротив, сообщения, в которых вдруг появляются конспирологические рассказы, отправителя не имеют: их назначение — усилить сомнения адресата. В основе таких новостей всегда лежит информация о каком-нибудь «тайном сговоре» или какой-то неведомой миру «правде», которую кто-то, мол, «намеренно скрывает» от общественности.

Есть еще одно важное отличие научной новости от конспирологической: в ее основе лежит традиция рационального мышления, которая прочно стоит на эмпирическом фундаменте. Тяга к конспирологии появляется, наоборот, в том случае, если человек не в состоянии найти простое объяснение сложным явлениям. Именно сложность, трудноразрешимость таких вопросов, как, например, мультикультурализм, нарастающие проблемы мировой финансовой системы и технологического прогресса, может заставить человека независимо от уровня его образования искать более простые и незамысловатые объяснения, в которых четко обозначен виновник всех бед. Социальный психолог из Лондонской школы экономики, специализирующийся на исследовании динамики конспирологических теорий, Мартин Бауэр (Martin Bauer)

полагает, что любителям конспирологии присуще «квазирелигиозное мышление». Нечто похожее было характерно и для древнего человека, который был склонен наделять сверхъестественной силой, например, различные явления природы.

В журнале *PLOS ONE* мы опубликовали результаты проведенной работы, назвав ее так: «Наука против конспирологии: темы, преобладающие в обособленных группах соцсетей, и эпоха искаженной информации». Мы исследовали 73 страницы в сети *Facebook*; из них 39 страниц были посвящены конспирологической тематике, а 34 — научным новостям. В целом в период с 2010 по 2014 г. на этих страницах побывало более 1 млн итальянцев. Мы обнаружили, что обе группы сообщений привлекли внимание пользователей, которые редко выходят за пределы своей родной эхокамеры. Люди, предпочитающие новости о науке, редко интересуются теориями заговора и наоборот. Тем не менее на интернет-страницах, посвященных конспирологии, побывало в три раза больше читателей.

Возникновение эхокамер как тенденция, проявившаяся в социальной сети *Facebook*, сыграло важную роль в распространении по сети ложных слухов. Когда мы внимательно проанализировали 4709 текстовых материалов, авторы которых явно потешались над поклонниками теорий заговора (вот, например, название одной из таких статей: «В конденсационных следах от пролетающих самолетов найдена виагра»), мы обнаружили, что эти ернические описания пользуются большей популярностью как раз среди тех, кто верен конспирологии, нежели тех, кто предпочитает научные статьи. Кроме того, нами было установлено, что те пользователи *Facebook*, кто тяготеет к конспирологическим новостям, как правило, более активно участвуют в обмене сообщениями.

В ходе изучения на примере двух рассмотренных выше групп (то есть поклонников научных новостей и любителей конспирологии) механизма функционирования социальных сетей, мы обнаружили интересную статистическую закономерность: по мере увеличения количества лайков в отношении определенного вида контента (конспирологического или научного) увеличивалась вероятность появления виртуального сообщества, в котором участвуют только пользователи с похожими профилями. Другими словами, чем больше какой-нибудь заведомо *Facebook* тяготеет к определенному типу новостей, тем выше вероятность, что и все его друзья по соцсети при выборе новостей будут иметь такие же одинаковые предпочтения. Ранжирование социальных сетей по однородным группам имеет решающее значение для понимания вирусной природы описанных выше явлений. Возникающие замкнутые группы склонны игнорировать все, что не соответствует их системе взглядов.

## Неприятная проблема

В 2014 г. мы поставили следующую задачу: каким образом можно бороться с бездоказательными, голословными утверждениями в социальных медиа? Можно ли вообще эффективно разоблачать фейковые новости? Чтобы это выяснить, мы ввели такую характеристику, как «стойкий интерес» (то есть долговременный интерес читателей к определенному виду информации), применив его в отношении любителей конспирологии, — как поведут себя эти люди, если вдруг узнают, что какая-нибудь любимая ими теория заговора разоблачена? Результаты, которые мы собираемся опубликовать, неутешительны. Выяснилось, что в этом случае конспирологи начнут все активнее (в нашем исследовании — на 30% чаще) обращаться к новостям, пропитанным конспирологией. Словом, есть такой тип пользователей, которые не только не реагируют на все попытки разоблачения конспирологических новостей, но даже наоборот — еще больше продолжают верить в их существование.

Такое же явление мы наблюдали в другом исследовании, где изучались размещенные на *Facebook* аккаунты 55 млн американцев. Как правило, не желая покидать зону комфорта, пользователи этой социальной сети отдают предпочтение лишь той информации, которая подтверждает их укоренившиеся, устоявшиеся убеждения, а потом распространяют ее далее по интернету. Более того, мы обнаружили, что со временем люди, которые тяготеют к конспирологической трактовке событий в одной какой-нибудь области (скажем, если они верят в несуществующую связь между вакцинацией и аутизмом), будут выискивать «заговор темных сил» и в других областях. Оказавшись внутри своей эхокамеры, они предпочтут все на свете объяснить конспирологией.

Все вышесказанное убеждает нас в том, что поставить заслон распространению в интернете искаженной информации крайне сложно. Любая попытка критического осмысления обычно перерастает в стычки между приверженцами крайних взглядов, приводя к окончательной поляризации. В подобной обстановке очень сложно донести правдивую информацию до читателя, а уж предотвратить распространение неточных сведений практически невозможно.

В социальных медиа, скорее всего, и дальше будут вспыхивать жаркие споры о каких-нибудь очередных теориях заговора. Неужели все тайное следует делать явным, не заботясь о правдивости информации? Придется, наверное, поневоле переименовывать наш информационный век в эпоху легковерия. ■

Перевод: И.В. Ногаев





## МАЙ 1968

**С Луны сняты покровы.** Все пять экспедиций космических аппаратов *Lunar Orbiter*, основной целью которых было фотографирование Луны с окололунной орбиты, завершились успехом. Было сфотографировано 100% поверхности видимой стороны Луны и 99,5% поверхности ее обратной стороны, которую с Земли увидеть невозможно. Эта серия экспедиций была одной из трех программ, организованных Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA) в рамках подготовки к экспедиции *Apollo*, предусматривающей высадку человека на Луну. Аппараты *Lunar Orbiter* сделали 1950 фотографий, которые NASA использовало для выбора пяти возможных мест посадки *Apollo* из примерно 40, найденных по результатам наблюдений с Земли.

С Луны сняты покровы. Все пять экспедиций космических аппаратов *Lunar Orbiter*, основной целью которых было фотографирование Луны с окололунной орбиты, завершились успехом. Было сфотографировано 100% поверхности видимой стороны Луны и 99,5% поверхности ее обратной стороны, которую с Земли увидеть невозможно. Эта серия экспедиций была одной из трех программ, организованных Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA) в рамках подготовки к экспедиции *Apollo*, предусматривающей высадку человека на Луну. Аппараты *Lunar Orbiter* сделали 1950 фотографий, которые NASA использовало для выбора пяти возможных мест посадки *Apollo* из примерно 40, найденных по результатам наблюдений с Земли.



## МАЙ 1918

**Работа женщин на войну.** Как сообщается из Лондона, министр вооруженных сил сказал: «Даже в случае возникновения непредвиденных обстоятельств наши поставки вооружений должны позволить нам вести военные действия наивысшей интенсивности до самой зимы без риска снижения поставок в 1919 г.». Мы все знаем, что женщины внесли огромный вклад в эту войну, но мы не готовы были узнать, что девять десятых огромного количества артиллерийских снарядов были изготовлены благодаря труду почти трех четвертей миллиона женщин, которые до войны никогда не видели токарного станка.

Работа женщин на войну. Как сообщается из Лондона, министр вооруженных сил сказал: «Даже в случае возникновения непредвиденных обстоятельств наши поставки вооружений должны позволить нам вести военные действия наивысшей интенсивности до самой зимы без риска снижения поставок в 1919 г.». Мы все знаем, что женщины внесли огромный вклад в эту войну, но мы не готовы были узнать, что девять десятых огромного количества артиллерийских снарядов были изготовлены благодаря труду почти трех четвертей миллиона женщин, которые до войны никогда не видели токарного станка.

**Авиапочта.** Совершенно ясно, что если самолет способен при любой погоде и в самых неблагоприятных условиях доставлять через сотни миль бомбы, то в мирных условиях он может с тем же успехом перевозить грузы или пассажиров. Соединенным Штатам осталось организовать первую настоящую воздушную почтовую службу между



Удаление косточек из вишен — дело скучное; показанное устройство было создано для облегчения труда, 1868 г.

Нью-Йорком, Филадельфией и Вашингтоном. Хотя, строго говоря, США — не первая страна, наладившая доставку почты по воздуху, мы, несомненно, станем первыми, кто создаст регулярную почтовую службу с жестким расписанием и доступную для населения.



## МАЙ 1868


**Тепличный климат.** Первозданная атмосфера Земли была намного богаче углекислым газом, чем современная, и поэтому была непригодной для дыхания теплокровных животных. Роль растений в очистке этой атмосферы установлена давно. Исследования Джона

Тиндаля (John Tindall) в области теплового излучения показали, что присутствие в атмосфере нескольких процентов  $CO_2$  почти не препятствует прохождению солнечного излучения, но практически полностью блокирует потерю тепла нагретой поверхности Земли, которая становится подобной огромной теплице, где климатические условия, необходимые для развития богатой растительности, распространяются почти до полярных областей.

**Спиритизм.** Прошлой зимой профессор Пепер провел перед посетителями Лондонского политехнического института огромную работу по объяснению новейших открытий в области электромагнетизма. Мало того, он рассмотрел проявления спиритизма, указав на широкое распространение жульничества, представляемого публике под названиями месмеризма и спиритизма. Свои лекции он иллюстрировал поразительными демонстрациями. Он выполнял не только то, что показывают спириты, но и многое другое, однако с тем отличием, что он объяснял, как это делается.

**Нудная работа.** Подготовка фруктов и ягод к варке или консервированию, например удаление семян или косточек, — дело монотонное. Изобретатель из Иллинойса задался целью сделать работу менее надоедливой, для чего создал небольшое устройство, показанное на рисунке. Оно безотказно удаляет косточки из вишен, виноградин, ягод клюквы и т.п., не повреждая плод.





СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

# ДУБЛЕР

Одна синяя садовая пчела способна заменить  
в качестве опылителя несколько десятков  
медоносных (домашних) пчел





# МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛЫ

Крупнейший мировой  
производитель миндаля  
создает высокоэффективное  
насекомое, призванное помочь  
домашней пчеле опылять  
плантации плодовых деревьев

*Пейдж Эмбри*

## ОБ АВТОРЕ

**Пейдж Эмбри** (Paige Embry) — автор книги «Наши пчелы: исчезающие североамериканские насекомые-опылители и борьба за их спасение» (*Our Native Bees: North America's Endangered Pollinators and the Fight to Save Them*, 2018), живет в Сиэтле.



**В** феврале каждого года в юго-западном уголке Калифорнийской долины, раскинувшейся в центральной части Калифорнии, возобновляется реализация необычного научного проекта. Действо разворачивается внутри нескольких огромных вольеров, вмещающих внушительную рощу фисташковых деревьев площадью в 8 га. Каждый вольер представляет собой громадную прямоугольную конструкцию, бока и верх которой плотно затянуты мелкой сеткой. Таким образом, через сетчатые стенки конструкции хорошо видно все, что происходит внутри вольеров.

Руководитель этого эксперимента Гордон Уорделл (Gordon Wardell) — директор Центра по изучению биологии пчел компании *Wonderful*, крупнейшего в мире производителя миндаля. На протяжении последних восьми лет Уорделл с помощью этих вольеров пытается вывести насекомое, которое можно было бы использовать в качестве опылителя вместо медоносных (домашних) пчел.

Потребность в пчелином «дублере» в последнее время приобрела критический характер, особенно на плантациях миндаля. Миндаль — вторая по значимости сельскохозяйственная культура для Калифорнии, ежегодно пополняющая бюджет штата примерно на \$21 млрд. Для опыления 380,4 тыс. га плантаций в 2016 г. калифорнийским производителям миндаля требовалось около 1,3 млн пчелиных семей, что составляет почти 3/4 всего рынка пчелосемей в стране. Каждый пакетик соленого миндаля и упаковка миндального

молока выпускаются американской пищевой индустрией только благодаря медоносным пчелам. Но в последние годы на этих насекомых обрушилась целая лавина разнообразных нападений — от смертельных вредителей и болезней до нехватки пищи и воздействия ядовитых пестицидов.

Ежегодные потери пчелосемей в США на протяжении последних 11 лет колеблются между 29 и 45%. Масштабы катастрофы становятся еще более очевидными, если принять во внимание постоянное расширение площадей, занятых плантациями миндаля, — с 230,6 тыс. га в 2004 г. до более 404,6 тыс. га в настоящее время. В 2012 г. на Национальной конференции пчеловодов представитель Министерства сельского хозяйства США Джефф Петтис (Jeff Pettis) заявил, что «от полной опылительной катастрофы нас отделяют всего-навсего какое-нибудь одно стихийное бедствие или слишком неблагоприятная для пчел зима».

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Компания *Wonderful*, специализирующаяся на выращивании миндаля, пытается использовать для деревьев синих садовых пчел (ССП) вместо обычных медоносных. ССП — высокоэффективные опылители растений: несколько сотен самок ССП выполняют работу 10 тыс. медоносных пчел.
- В характерных для США монокультурных садах ССП размножаются неважно. Однако весной этого года биолог Гордон Уорделл собирается выпустить на плантации миндаля компании *Wonderful* 128 тыс. самок ССП, выращенных в огромных вольерах.
- Если проект окажется успешным и затраты на разведение пчел останутся низкими, число плодородов, решивших воспользоваться «услугами» ССП в качестве опылителей, будет расти. Это в свою очередь приведет к существенному изменению практики использования пестицидов и других форм сельскохозяйственной деятельности.





В огромных обтянутых сеткой вольерах (1) биолог Гордон Уорделл разводит синих садовых пчел, пытаясь превратить их в эффективных домашних опылителей обширных миндальных плантаций штата. Уорделл рассматривает плоды миндаля в Калифорнийской долине (2).

выбора. Из обитающих на планете около 20 тыс. видов пчел люди «нашли общий язык» лишь примерно с десятком видов. В США помимо пчелы медоносной (*Apis mellifera*) в качестве опылителей широко используются еще только три вида пчел; но два из них непригодны, потому что пробуждаются от зимнего сна после цветения миндаля, а использование третьего вида в Калифорнии запрещено.

ССП, однако, сильно отличаются от медоносных пчел. Медоносные пчелы — общественные насекомые. Они живут семьями (колониями), состоящими из одной плодovитой самки (матки) и многих тысяч стерильных рабочих самок, каждая из которых выполняет в улье строго определенные функции, что и обеспечивает жизнеспособность семьи в целом. Напротив, ССП — одиночные насекомые; с сородичами (противоположного пола) они общаются только в период спаривания. Спаривание — единственная функция самцов пчел (трутней). Поскольку они не собирают пыльцу, которой питаются личинки пчел, сколь-либо важной роли в опылении растений они не играют.

В 2009 г., в надежде обезопасить свои плантации от подобного бедствия, компания *Wonderful* и наняла на работу Уорделла. А для «раскрутки» в качестве опылителя она выбрала осмию дровяную (*Osmia lignaria*) — туземный вид, известный в обиходе под названием синей садовой пчелы (ССП). Эти насекомые — отличные опылители миндаля; они хорошо зарекомендовали себя в небольших исследованиях, а кроме того состоят в близком родстве с пчелами, которых с успехом используют в качестве опылителей европейские и японские производители миндаля. Но главное — у компании *Wonderful* попросту не было иного



В своем маленьком жилище каждая самка ССП — и царица (матка), и усердная труженица (рабочая особь). После спаривания с самцом ее единственная забота на протяжении всей оставшейся короткой жизни (примерно 20 дней) — обеспечить кормом будущее потомство (семь-десять детенышей). Для этого она собирает пыльцу и нектар, формирует из них компактный комочек, запиховает его в какую-нибудь щель, находящуюся над землей, и откладывает на него яйца. Затем она замазывает вход в гнездо глиной и навсегда покидает будущих отпрысков. Замурованные в гнезде личинки подрастают и развиваются, а на следующий год покидают свое убежище.

Если принимать во внимание, что ССП дают в год всего одно поколение потомков, становится понятным, почему Уорделлу потребовалось столько времени на то, чтобы наладить «массовое производство» этих насекомых. «Совершив ошибку, приходится ждать целый год — чтобы... ошибиться еще раз, — шутит ученый. — Но, к сожалению, мой шеф подобный юмор не ценит».

Уорделл досконально изучил все аспекты жизни ССП в своих вольерах и научился делать то, чего прежде никто не мог, — выращивать большое количество ССП на небольшом участке земли, тем самым превратив этот вид насекомых в коммерчески рентабельную альтернативу медоносной пчелы как опылителя миндаля.

В 2017 г. для опыления своих плантаций миндаля компании *Wonderful* требовалось примерно 76 тыс. семей медоносных пчел (то есть по две пчелосемьи на каждые 0,4 га земли). Нынешней весной компании понадобится на 320 пчелиных семей меньше: Уорделл выпустит в миндальные кущи примерно 128 тыс. самок ССП. Если эксперимент ученого увенчается успехом, его результаты будут иметь важные последствия не только для всей индустрии миндаля, но и для агротехники других раннецветущих плодовых культур — яблонь, вишни, абрикоса, персика и т.д. Если ССП хорошо зарекомендуют себя этим летом, они смогут обеспечить опыление более 607 тыс. га плантаций культурных растений. Чтобы добиться этого, Уорделлу потребовались долгие годы, но некоторые проблемы еще ждут своего решения.

### Пчелы на рынке

Коммерческий успех ожидает пчелу только в том случае, если она будет удовлетворять следующим четырем критериям: она должна быть эффективным опылителем данной сельскохозяйственной культуры; ее можно легко разбудить от зимней спячки и без особых проблем транспортировать на плантации во время цветения деревьев; ее поведением легко управлять в полевых условиях; и, наконец, получение критической массы этих насекомых — экономически рентабельный процесс.



В 1970-х гг. ССП изучал биолог из Лаборатории пчеловодства Министерства сельского хозяйства США в Логане, штат Юта, Фил Торчио (Phil Torchio). Ученый показал, что данные насекомые — отличные опылители раннецветущих плодовых деревьев. В последующие годы этот факт подтвердили и другие исследования. Каждая отдельно взятая ССП оказалась гораздо более эффективным опылителем, чем медоносная пчела. Всего несколько сотен самок ССП способны опылить столько же растений, сколько опыляют 10 тыс. медоносных пчел. Кроме того, Торчио обнаружил, что ССП можно легко вывести из состояния зимнего сна и без проблем транспортировать по мере надобности к цветущим плантациям фруктовых деревьев.

В последующие годы многие ученые занимались разработкой оптимальных подходов к управлению поведением пчел в полевых условиях. Они изучали состав глины, используемой насекомыми для устройства гнезд, наиболее подходящие материалы для изготовления гнездовых блоков, а также места, достойные для размещения гнездовых блоков в садах.

Но в коммерческом отношении все эти знания не представляют особой ценности, если пчеловоды не в состоянии наладить рентабельное массовое «производство» насекомых. Эту проблему и удалось решить Уорделлу.

В идеальном случае ССП лучше разводить прямо в садах, где они опыляют деревья. Европейские пчеловоды, разводящие в своих садах европейских осмий, добиваются ежегодного увеличения их численности в три-четыре раза. По словам Джорди Боша (Jordi Bosch), прежде работавшего в Министерстве сельского хозяйства, а ныне сотрудника испанского Центра экологических исследований





и лесного хозяйства, это связано с тем, что европейские сады, как правило, гораздо меньше американских, засажены различными видами плодовых культур и к тому же окружены цветущими в разные сроки зарослями сорняков. Такие факторы увеличивают продолжительность жизни пчел, что позволяет им давать более многочисленное потомство. Обширные, очищенные от сорняков и монокультурные сады Калифорнии цветут лишь две-три недели в год, что лишает пчел возможности отложить максимальное количество яиц. Уменьшению численности потомства способствует и широкое использование здесь фунгицидов и пестицидов.

Традиционно люди добывали ССП для своих садов, отлавливая их в природе, но подобный метод малопродуктивен, а кроме того, численность этих пчел из года в год сильно варьирует. Уорделл

Тысячи гнездовых блоков (1) с развивающимися в них синими садовыми пчелами на зиму помещаются в специальные хранилища с регулируемой температурой воздуха (2). Цвета ячеек соответствуют разным стадиям развития насекомых. Работники извлекают из гнезд коконы (3). Позднее, когда наступит время пробуждения взрослых насекомых (4) от зимней спячки, эти коконы подвернутся медленному нагреванию.

решил, что сможет стабильно выращивать большие количества ССП, если только научиться контролировать погоду. Именно этого он и добился, разместив свое пчелиное хозяйство в южной части Калифорнийской долины. Обилие солнечных дней и подходящие температуры воздуха в период лета ССП позволяют ученому получать в своих вольерах, занимающих всего 8 га земли, до 2 млн пчел!

### 15 миллионов пчел в год

Конечная цель Уорделла — получить такое количество ССП, которое смогло бы заменить половину всех 76 тыс. семей медоносных пчел, обеспечивающих сегодня опыление 15,4 тыс. га миндальных плантаций компании *Wonderful*. Это значит, что на каждые 0,4 га плантаций потребуется 400 самок ССП, то есть в общей сложности 15,2 млн самок ССП в год. Достичь этой цели Уорделл рассчитывает в два этапа.

На первом этапе ученый намеревается ежегодно получать в своих вольерах по 1 млн самок ССП. Данную работу нужно будет сделать в течение нескольких напряженных весенних месяцев. Уорделл и его команда сооружают вольеры, высаживают в них растения, устраивают глинистые лужи и гнездовые боксы. После этого в вольеры будет выпущено для откладки яиц 300–350 тыс. самок ССП, полученных в прошлом году. Остальные прошлогодние самки будут выпущены на плантации миндаля для опыления растений. Осенью сотрудники Уорделла занесут гнездовые блоки в помещения, вынут из них коконы и поместят их в хранилища. Зимой они будут охлаждать их, а в следующем году, перед цветением миндаля, начнут их постепенно согревать.

Зимнее хранение пчелиных коконов — самый опасный этап всего процесса. По словам Уорделла, в это время он часто мучается бессонницей, беспокоясь, как бы его драгоценные коконы не стали жертвами вредителей или возбудителей болезней.

Второй этап проекта предполагает получение стопроцентного приплода от пчел, выпущенных на плантации. Как уже отмечалось, монокультурные посадки — далеко не идеальная среда для размножения пчел, но делу могут помочь изменение режима использования пестицидов и высадка дополнительных видов кормовых растений.

В прошлом году Уорделл добился стопроцентного приплода от живших на воле пчел: 100 тыс. самок ССП, выпущенных на плантации, отложили достаточное количество яиц, чтобы весной из них вылупилось не менее 100 тыс. молодых самок. Но о размножении пчел в вольерах ученый говорит с меньшим энтузиазмом: на этом этапе работы он столкнулся с рядом проблем, связанных с недостатком гнездового материала и рабочих рук. В результате были нарушены сроки высадки растений и сократился период лета насекомых.

В 2017 г. самки ССП опыляли плантации миндаля компании *Wonderful* вместе с обычным «комплексом» медоносных пчел. В этом году компания *Wonderful* впервые заменит некоторое количество медоносных пчел (а именно, 320 их семей) на самок ССП. Но даже в том случае, если Уорделл из года в год будет полностью добиваться поставленных целей, на замену половины медоносных пчел компании самками ССП ему потребуется более 20 лет. Процесс можно ускорить за счет сооружения дополнительных вольеров. Такую возможность компания *Wonderful* рассматривает в качестве долгосрочной стратегии своего развития — стратегии, которая поможет ей более эффективно контролировать опыление миндаля и сделать процесс менее зависимым от внешних факторов.

### Переломный момент

Несмотря на все успехи Уорделла, продавцы ССП и плодороды не спешат мастерить собственные вольеры для пчел. К тому же реализация проектов, подобных уорделловскому, требует значительных средств. Энтомолог Джим Кейн (Jim Kane) изучает насекомых-опылителей сельскохозяйственных культур уже несколько десятилетий. В одном из адресованных мне электронных писем он отозвался о работе Уорделла следующим образом: «Успехи, которых он добился в массовом разведении ССП, возможны лишь при реализации таких проектов на коммерческой основе. Выполнить подобную работу в нашей скромной научной лаборатории попросту невозможно — у нас не хватит для этого земельных площадей, рабочих рук, денег, оборудования и агрономического опыта».

Вызывает беспокойство и еще один аспект проекта Уорделла: все его пчелы ведут свое происхождение из одного-единственного места. А потому любой каприз погоды чреват срывом всей работы — по крайней мере в текущем году. Однажды такая катастрофа уже произошла: погибли все растения Уорделла, а поскольку местных кормовых растений, которые могли бы служить им заменой для пчел, почти не было, погибли и большинство его насекомых. «Разводить этих пчел — все равно что противостоять десяти казням египетским», — сетует Уорделл. Его пчелиное хозяйство подверглось нашествию патогенных грибов, птиц, мышей и даже жаб, которые сидели у глинистых луж и с удовольствием лакомились синими садовыми пчелами.

У других заводчиков ССП свои проблемы. Джим Уоттс (Jim Watts), запустивший проект *Watts Solitary Bees*, живет во влажном переменчивом климате северо-западного штата Вашингтон и больше всего на свете боится плохой погоды. Своих ССП он отлавливает в природе в разных регионах страны, надеясь, что это обезопасит его проект от катастроф, связанных с капризами погоды. Запуск его проекта не потребовал заоблачных издержек. Кроме того, подобные проекты могут осуществляться повсюду, где обитают ССП, и они не требуют от предпринимателей особых навыков по вольерному содержанию ССП. Уоттс начал продавать ССП десять лет назад, и с тех пор его бизнес стабильно растет. В 2017 г. он выставил на продажу 700 тыс. ССП, но самки составляли лишь треть этого количества насекомых. В 2018 г. пчеловод надеется продать такое же количество пчел, потому что в 2017 г. погода не слишком благоприятствовала размножению этих насекомых.

Модель Уорделла позволяет увеличивать поголовье пчел гораздо более быстрыми темпами, чем метод Уоттса. В 2016 г. Уорделл открыл сезон с 80 тыс. самок ССП, а завершил его с 400 тыс. насекомых. Несмотря на провальный 2017 г., в 2018 г. ученый надеется получить рекордный 1 млн самок ССП. Он сможет водрузить на 8 га земли еще несколько вольеров и, в принципе, через два года получать ежегодно по 2 млн пчелиных самок.

В настоящее время пчелы Уорделла не предназначены для широкой продажи, но спрос на ССП среди плодородов, выращивающих раннецветущие культуры, неуклонно растет. По словам Уоттса, когда он начал разводить ССП десять лет назад, «мы упрасивали людей испытать наших пчел хотя бы на 4 га плантаций». Сегодня желающие приобрести ССП выстраиваются к нему в очередь — даже при том, что ССП Уоттса обходятся им дороже, чем медоносные пчелы. Все садоводы, приобретшие ССП в 2017 г., «подписались» на них и в 2018 г.!

Несмотря на то что ученым, занимающимся разведением ССП, еще предстоит решить массу проблем, они понимают важность своей работы



и готовы преодолеть любые трудности. Они согласуют свои разработки с потребностями плодородов, выращивающих на плантациях те или иные культуры фруктовых деревьев. Уорделл считает, что по мере превращения ССП в основных опылителей плантаций плодородов придется кардинальным образом менять практику использования пестицидов, а Уоттс отмечает, что в этом отношении уже происходят обнадеживающие перемены. Уоттс объясняет их силой собственнических инстинктов людей. «Приобретая пчел в собственность, — говорит пчеловод, — люди начинают задумываться, как нужно правильно опрыскивать деревья химикатами, чтобы не навредить насекомым. Ведь каждая сохраненная жизнь пчелы — это больше опыленных растений в текущем году и меньше денежных затрат на покупку пчел в следующем году».

А между тем в юго-западном уголке Калифорнийской долины в феврале 2018 г. вновь наступит оживление: Уорделл и его сотрудники снова начинают готовить пчел к той работе, для выполнения которой они и появились на свет. Но, похоже, главные долгосрочные последствия трудов Уорделла будут связаны совсем не с его революционными достижениями в массовом разведении синих садовых пчел. Билл Кемп (Bill Kemp) — вышедший на пенсию сотрудник Министерства

сельского хозяйства США, несколько десятилетий занимавшийся изучением ССП и других насекомых-опылителей. По его словам, когда такая крупная компания, как *Wonderful*, затевает какой-нибудь рискованный проект, «это начинание невольно привлекает внимание людей, а в результате они и сами становятся более склонными к совершению рискованных поступков — пусть и в гораздо более скромных масштабах. И не стоит недооценивать важность такого влияния».

Перевод: А.В. Щеглов

Эта статья была подготовлена в сотрудничестве с некоммерческой новостной организацией *Food & Environment Reporting Network*.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Кокс-Фостер Д., Ван Энгельсдорп Д. Спасти медоносную пчелу // ВМН, № 7, 2009.
- Wildflower Plantings Do Not Compete with Neighboring Almond Orchards for Pollinator Visits. Ola Lundin et al. in *Environmental Entomology*, Vol. 46, No. 3, pages 559–564; June 1, 2017.
- Журнал об американском пчеловодстве *Bee Culture*: [www.bee-culture.com](http://www.bee-culture.com)
- Bee Informed Partnership: <https://beeinformed.org>



*Выходит 6 раз в год*

*Познавательный журнал для хороших людей*

Несколько тысяч книг об эксперименте новосибирских генетиков по одомашниванию лисиц подарит американским школьникам издатель журнала *Science*

Последние археологические открытия на Алтае подтверждают возможность скрещивания между разными подвидами древних людей

Многие современные методы селекции растений по воздействию на геном сравнимы с технологиями создания ГМО

Медитация препятствует уменьшению длины теломер, защищающих хромосомы от повреждения при делении клеток

В новосибирском Академгородке успешно прижился новый для России формат популярной науки – «научный бар-хоппинг»

**[www.scfh.ru](http://www.scfh.ru)**





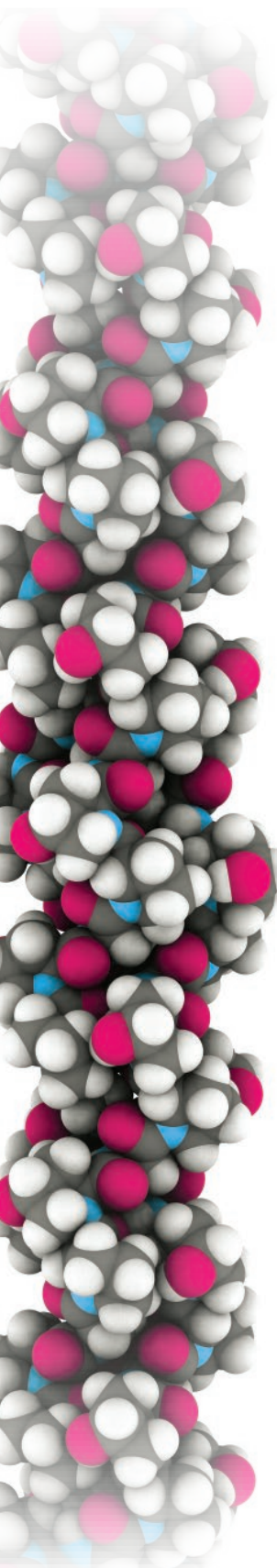
**от ас  
хота**



ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

# к беллеттуре структурной





Канули в Лету времена, когда ученые пытались спорить с природой, перекраивая земли, разворачивая реки и уничтожая «лишние» виды. Сегодня научная общественность почти единодушно приходит к выводу: лучшее, что мы можем сделать, — это поучиться у природы. Появилось целое научное направление — природоподобные технологии, в рамках которого реализуются самые смелые, порой фантастические проекты. Национальным лидером в такого рода исследованиях выступает Курчатowski институт. Наш сегодняшний разговор — с **Юлией Алексеевной Дьяковой**, кандидатом физико-математических наук, руководителем Курчатowski комплекса НБИКС-природоподобных технологий.

**— Юлия Алексеевна, чем занимается комплекс? Какие основные направления охватывает?**

— Задач у нас очень много, причем самых разных. При этом основная особенность, уникальность Курчатowski комплекса в том, что здесь реализуется заложенная М.В. Ковальчуком еще в 2009 г. идеология развития природоподобных технологий на основе конвергенции — слияния, взаимодействия разных наук. Поэтому мы занимаемся развитием тех направлений, сумма которых сегодня может дать существенный прорыв в области природоподобных технологий. Это заместительная и регенеративная медицина, новая электронная компонентная база — как неорганическая, так и гибридная, новые типы компьютеров, подходы к вычислениям: от улучшения текущих характеристик до создания принципиально новых аналоговых подходов и изменения парадигмы построения компьютерных сетей, разработка систем искусственного интеллекта и робототехники, сверхпроводящие материалы и устройства на их основе. Присутствует и большой блок по генетическим исследованиям, биотехнологии, нейрокognitive науки и технологии и, кроме того, применение естественно-научных методов в гуманитарных науках.

Мы занимаемся также созданием искусственных органов, изделий для

остеофиксации, хирургических, шовных материалов, раневых покрытий. Мы выращиваем искусственную кожу. Это биосовместимые материалы, которые мы можем заселять клетками, постепенно приближаясь к тому, что создала природа.

При этом мы должны понимать, что функция клеток обусловлена белками, которые выступают в них основным функционирующим элементом. Белки обеспечивают клетке дыхание, перенос веществ, всю работу систем сенсорики и саморегулировки. Первичный сенсор, по сути, — это белок, который по системе связей в клеточных мембранах передает сигнал в мозг, где он анализируется, а мы получаем обратный сигнал. И так функционирует весь организм.

Функция белковых молекул напрямую зависит от их структуры. Белковая молекула — это полипептидная цепь, состоящая из последовательности аминокислот, которая определенным образом укладывается в трехмерную структуру. Поэтому для того, чтобы понять функцию белка и то, как мы можем ее использовать, особенно если функция белка нарушена и это выливается в заболевание, мы должны выяснить, как он устроен. В том числе и для того, чтобы разработать новое лекарство, надо сначала понять трехмерную структуру белка и выяснить, как она меняется, когда вы принимаете это лекарство.



— **Вы изучили огромное количество белков, а сколько еще осталось ?**

— Существует всемирная база данных *Protein Data Bank (PDB)*, и каждая решенная структура там публикуется. В настоящий момент опубликовано порядка 140 тыс. структур, но это всего лишь 3% от тех белков, которые были выделены на настоящий момент.

— **Значит, нам никогда не получить идеальных лекарств, потому что невозможно изучить такое количество белков?**

— Здесь главная проблема заключается в том, что это рутинный, очень медленный процесс, который требует много времени. Основной метод, которым сегодня пользуются ученые всего мира, — это рентгеноструктурный анализ (РСА). Когда белковую молекулу уже получили, для метода РСА необходимо собрать и вырастить белковый кристалл, то есть получить набор одинаково ориентированных молекул, которые надо поместить под рентгеновское излучение. Когда рентгеновский пучок попадает на кристалл, излучение дифрагирует на атомах молекул, которые в кристалле расположены в строгом периодическом порядке, и на детекторе мы получаем картинку рефлексов. Решая задачу по обработке этих рефлексов, мы восстанавливаем саму белковую молекулу с лучшим разрешением до десятых долей ангстрема, то есть с очень высокой точностью.

Основная проблема этого метода — в сложности подбора условий кристаллизации, потому что механизм кристаллизации белковых молекул на сегодняшний момент до конца не изучен.

— **То есть непонятно, получится ли правильный кристалл и если получится, то когда.**

— Именно так. По сути, это простой метод перебора, метод проб и ошибок. Процесс образования кристалла зависит от очень большого количества параметров: температуры, концентрации белка, состава буферного раствора, от того, какая это вода, обычная или дейтерированная, и еще от многих других параметров, часть из которых, вполне возможно, и не фиксируется. В Курчатовском институте процесс подбора условий оптимизирован с помощью робота, который раскапывает множество планшетов, и дальше эти планшеты с разными



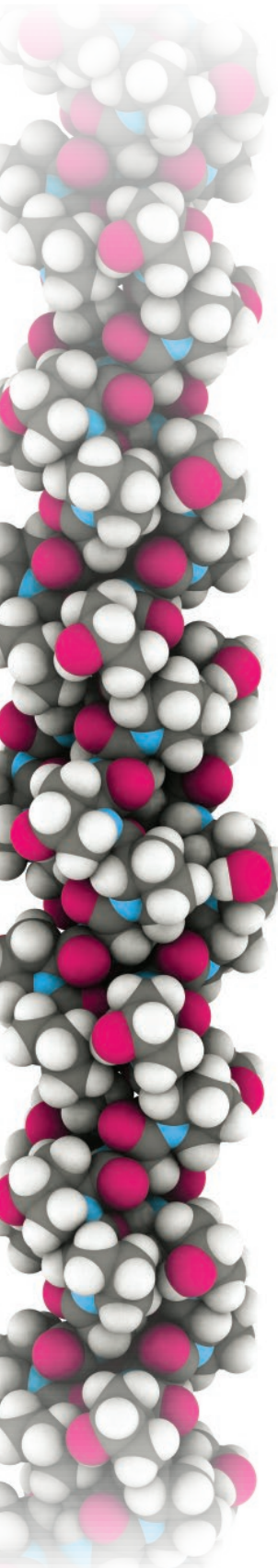
Руководитель Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий Ю.А. Дьякова

условиями помещаются в автоматическую систему, которую с помощью оптического микроскопа сканируют и смотрят, появился кристалл или нет. Сложность еще и в том, что в зависимости от вида белковой молекулы процесс образования кристалла может занимать разное время — от 15 минут до нескольких месяцев, и никогда нельзя предугадать, что вас ждет.

**Белковая молекула — это полипептидная цепь, состоящая из последовательности аминокислот, которая определенным образом укладывается в трехмерную структуру**

— **Неужели нет никаких предположений, как можно эту ситуацию изменить?**

— Тут мы подходим к главному. Научная группа, в которой я работаю под руководством М.В. Ковальчука, предположила, что не может порядок, который



представляет собой кристалл, сразу возникать из хаоса, который представляет собой раствор. То есть должна быть какая-то промежуточная стадия, на которой эти молекулы должны собираться в кристалл. И мы предположили, что уже в растворе начинают образовываться единичные упорядоченные элементы, которые потом складываются в кристалл. Мы взяли белок, смоделировали эти элементы и с помощью метода малого углового рассеяния, который позволяет определять форму и размер частиц, в том числе белковых, в растворе, показали, что действительно уже в начальной стадии образуются упорядоченные кирпичики из нескольких молекул. Дальше мы провели исследование, как зависит количество этих упорядоченных блоков от заданных условий и как это связано с тем, образу-

**Чтобы понять  
функцию белка  
и то, как мы можем  
ее использовать,  
особенно если  
функция белка  
нарушена и это  
выливается  
в заболевание, мы  
должны выяснить,  
как он устроен**

ется там кристалл или нет. Перебрали большое количество параметров, провели множество исследований разными взаимодополняющими методами — рентгеновским излучением, малоугловым изучением нейтронов — и показали, что количество блоков, которые образуются в растворе, меняется при изменении его параметров. А это значит, что, фиксируя в растворе изменение этих блоков, мы можем подбирать оптимальные условия для кристаллизации. Соответственно, это позволяет существенно уменьшить время, которое необходимо для поиска условий кристаллизации.

**— Вы уже применяете этот метод?**

— Да, сейчас мы уже переходим на те объекты, которые нам нужно закристаллизовать для решения различных задач — для биотехнологий или для медицинского применения.

**— Это уникальная разработка, ваше ноу-хау?**

— Нигде в мире таких работ нет. На эти исследования мы получили авторский патент. Результаты своих исследований мы опубликовали в мировых научных журналах и получили высокие оценки рецензентов. Сейчас у нас появляются последователи, которые пытаются делать что-то похожее. Но, надо сказать, это не так просто: мы обладаем уникальной инфраструктурой, которая позволяет делать то, что другим не под силу. В частности, у нас в институте работают и источник синхротронного излучения, и белковая фабрика. Честно говоря, не знаю, есть ли в мире аналоги. То есть мы можем поставить задачу и из ничего наработать белок, очистить его и тут же отнести на синхротрон и провести исследование и на его станции, и всеми другими доступными методами молекулярной биологии, хроматографии, светодинамическим рассеянием и т.д. Кроме того, мы проводим математическое моделирование, рассчитываем, как эти молекулы могут перемещаться в растворе. С помощью нашего курчатовского суперкомпьютера, с применением квантово-механических расчетов мы показали, как с точки зрения молекулярной динамики эти молекулы движутся в растворе в зависимости от условий, почему стабильны одни элементы и нестабильны другие.

В Курчатовском институте есть единственный в России криоэлектронный микроскоп, который позволяет исследовать структуру больших молекул, таких как рибосомы, без поиска условий кристаллизации. В данном случае молекулы замораживаются специальным способом, и под электронным пучком, создавая набор картин и проводя математическую обработку, мы можем восстановить структуру молекул. Есть также метод ядерного магнитного резонанса, который позволяет в растворах определять структуры небольших молекул. После получения Нобелевской премии по криоэлектронной микроскопии видно, какими бешеными темпами растут эти



исследования в мире. Но все-таки пока РСА остается ведущим методом. Хотя я допускаю, что мы придумаем, как еще быстрее и эффективнее можно изучать структуры белковых молекул.

— **И тогда вместо 3% будет 30–40% известных белков. А там, глядишь, и все 100%.**

— Думаю, 100% все же невозможно, потому что по мере того, как мы решаем структуры белков, получаем новые белковые молекулы. Мы узнаем все больше молекул. Кроме того, есть мутантные формы, а это уже новый объект.

— **Иначе говоря, структуру белка нельзя познать полностью в принципе.**

— Для меня это кажется задачей в масштабах Вселенной. Все равно что полностью познать весь космос. Но тем не менее 3% и 30% — это большая разница. Скажем, если медики говорят: чтобы бороться с этой болезнью, надо срочно исследовать вот эту структуру белка, и вы гарантированно понимаете — это задача, которую вы можете решить.

Это существенно повышает наши шансы на создание и разработку новых лекарств.

— **Итак, на основе этих исследований можно создавать новые лекарства. Этим у вас занимаются?**

— Да, у нас есть группа, которая занимается созданием новых лекарственных форм. Достроен и полностью оборудован уникальный виварий, где мы сейчас проводим экспериментальное тестирование. Виварий рассчитан на содержание 5 тыс. мышей конвенционала, то есть мышей лабораторных, и 1 тыс. SPF-мышей — это мыши, которые свободны от специфической патогенной флоры. Этот виварий позволяет нам проводить очень большой спектр доклинических исследований, а это необходимый и ключевой этап для разработки лекарств.

— **О каких болезнях идет речь?**

— В первую очередь это онкология. Новые антибиотики.

— **Ведь сейчас крайне актуальна проблема антибиотикорезистентности...**

— Здесь важно сказать, что у нас есть отдел генетических исследований, который необходим именно для решения такой задачи. Мы занимаемся также



*Кристалл, который представляет собой порядок, не может сразу возникать из хаоса, который представляет собой раствор. То есть должна быть какая-то промежуточная стадия, на которой эти молекулы должны собираться в кристалл.*

иммунологическими исследованиями, разрабатываем лекарства в области нейродегенеративных заболеваний — прежде всего болезни Альцгеймера, Паркинсона.

— **Есть ли у вас какие-то мечты или идеи, которые хотелось бы воплотить?**

— Моя главная мечта уже сбылась. Я работаю в уникальном научном центре, где можно решать фактически любые задачи. Я и мои коллеги можем не просто реализовывать себя в науке, решив ту или другую задачу, опубликовав работу в классном журнале или защитив диссертацию...

— **Что тоже немаловажно...**

— Да, но мы можем намного больше. Мы понимаем, что наша работа нужна нашей стране, людям, всему миру. И это не просто высокие слова. Мы уже видим, что наши исследования сделают жизнь лучше, комфортнее, безопаснее. Звучит немало пафосно, но это так и есть. И это большое счастье. ■

**Беседовала Наталия Лескова**



Результат переработки  
низкосортного топлива —  
брикеты

**ТОПЛИВО**

**ИЗ ГЛУБИНКИ**



Одну из главных ролей в энергетике сегодня играет твердое топливо — каменный или бурый уголь. На территории России угольные месторождения разрабатывают лишь в некоторых регионах, а потому для остальных стоимость угля существенно возрастает из-за затрат на транспортировку. Уголь практически буквально становится золотым. И это лишь один из многих недостатков угольной энергетики — помимо вреда окружающей среде, высокой зольности угля и т.д. Это навело ученых из Томского политехнического университета на мысль о создании технологии автономного энергообеспечения на основе топлива из возобновляемого сырья, которое можно найти в любом регионе, — биомассы. Разработкой и адаптацией такой технологии на протяжении нескольких лет занимается **Роман Борисович Табакаев** — кандидат технических наук, научный сотрудник Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова Томского политехнического университета.

— **Роман Борисович, чем сегодня занимается ваш научный коллектив? Какие основные задачи?**

— Сегодня мы глубоко погрузились в проблемы российской и мировой энергетики, одна из которых — исчерпание ресурсов качественных видов топлива и необходимость перехода на использование низкосортного сырья. К нему относятся низкокачественные бурые угли, торф, биомасса и др. Проблема низкосортных видов топлива состоит в том, что они обладают высокой влажностью и высокой зольностью. Биомасса при сжигании выделяет не такое большое количество золы, как угли, но даже оно становится сегодня серьезным препятствием к ее энергетическому использованию — происходит «шлакование» поверхностей нагрева котельного оборудования. Шлак, налипая на поверхность котла, образует прочный загрязняющий слой, приводящий к пережогу металла, авариям, внеплановому ремонту. КПД котла существенно падает за счет того, что тепло передается не напрямую стенке от дымовых газов, а через теплоизолирующие отложения этих шлаков. Мы стали решать эту проблему. Сначала я решал ее в рамках направления переработки

низкосортного топлива в брикеты, или твердое композитное топливо, — так его называют потому, что в процессе изготовления мы можем придать ему необходимые свойства и характеристики (различную прочность, теплоту сгорания и др.).

— **Как это происходит?**

— В качестве основополагающего процесса, заложенного в эту технологию, использовался низкотемпературный пиролиз, то есть нагревание исходного сырья без доступа кислорода. В процессе нагрева происходит разложение топлива — если бы мы добавили кислород, то было бы горение, но в его отсутствие органическая часть разрушается, и в результате образуются сразу несколько продуктов. Первый продукт — это твердый углеродистый остаток, вещество с высокой теплотой сгорания. В качестве примера этого вещества можно привести древесный уголь, который вы покупаете летом для приготовления шашлыка: это продукт термической переработки древесного угля. Второй продукт — химически ценное сырье, имеющее пастообразное состояние, которое называют пиролизной смолой. При термической переработке также образуются пирогенетическая влага и газ. Получается, что из биомассы мы можем получить жидкое,

газообразное или же твердое топливо. В рамках кандидатской диссертации я занимался изготовлением твердого топлива, а сейчас мы расширяем границы и совместно с коллегами исследуем такие направления, как получение жидкого и газообразного топлива. Проект по изучению и разработке технологии получения жидкого топлива из биомассы был поддержан стипендией Совета по грантам Президента Российской Федерации.

**— Есть ли еще какие-нибудь направления, которыми занимается коллектив вашего НОЦ?**

— Мы ведем также исследования по прогнозу остаточного ресурса конструкционных сталей и сплавов. Для этого конструкционный материал изучается на микроуровне, то есть рассматриваются параметры элементарной ячейки кристаллической решетки. У нас есть лаборатория, которая исследует, как меняются параметры этой решетки, то есть расстояние между атомами в процессе эксплуатации стали. Наш коллектив рассуждает так: как ведет себя эта ячейка, так ведет себя и сталь на макроуровне. Если разрушается кристаллическая решетка, то ресурс теряет и сама сталь. По этому направлению нами опубликованы статьи в зарубежных высокорейтинговых журналах, получено несколько патентов РФ на изобретения.

*Рассказывая об основных задачах своего научно-коллектива, Р.Б. Табакаев ведет нас в лабораторию, где и занимаются разработкой технологии термической переработки биомассы для автономного энергообеспечения. Этим вопросом он озадачился еще в аспирантуре, разрабатывал его в рамках своей кандидатской диссертации, а сейчас продолжает совершенствовать созданную технологию вместе со своими студентами и аспирантами в рамках докторской.*

— Одним из решений проблемы топлива в современной энергетике была переработка низкосортных видов топлива, в частности биомассы, в твердое, жидкое или газообразное топливо. Я начал с переработки торфа, древесных опилок, низкокачественного бурого угля, сапропеля в высококалорийное топливо для энергетических объектов. Сейчас этот список значительно расширился отрубями, соломой, отходами заготовки кедровых орехов и т.п.



Кандидат технических наук Р.Б. Табакаев

*В лаборатории Р.Б. Табакаев показывает нам отруби в двух разных состояниях — в виде небольшой горстки шелухи, которая разлетится во все стороны при легком дуновении ветра, и в виде «шайбы», или, как говорят ученые, брикета. Такая форма получается сырью как раз благодаря термобрикетированию, то есть прессованию шелухи при одновременном нагреве.*

— Жечь биомассу в исходном виде непрактично. В таком насыпном состоянии горение сырья будет происходить только на поверхности, а внутри оно останется нетронутым. Возможно, вы замечали такое явление, когда пытались поджечь горстку опилок или кучу листьев на субботнике. В энергетике, когда у вас

есть задача топить традиционно используемым в таком случае котлом с топочной камерой слоевого типа, вам необходимо получить определенное количество тепла для реализации этой задачи. Если вы для этой цели возьмете сырье в виде шелухи, вы не сможете получить большое количество тепла. Одно из возможных решений этой проблемы — термическое брикетирование топлива. В этом случае необходимо определить оптимальные параметры процесса, обеспечивающие высокие прочностные и теплотехнические характеристики получаемого топлива при минимизации затрат. На примере отрубей установлено: чтобы получить такую «шайбу», температура прессования должна составлять 130–150° С. После прессования у брикетов остается та же теплота сгорания, что и у исходного сырья, — 16 МДж, но при этом брикеты имеют достаточные для перевозки прочность и временное сопротивление намоканию. Есть более перспективный вариант переработки таких органических отходов, как отруби, солома, древесные отходы и т.п. Этот способ включает предварительное термическое «облагораживание» исходного сырья посредством пиролиза в твердый углеродистый остаток. Пиролиз позволяет удалить из перерабатываемого сырья балластные компоненты с получением полукокса — остатка, практически полностью состоящего из углерода и имеющего высокую удельную теплоту сгорания. Для получения брикетов в этот остаток добавляют такой полисахарид, как декстрин, изготавливая брикет нужных вам формы и размера. На этот способ получен патент РФ № 2484125 на изобретение. Однако, к сожалению, при «облагораживании» зола практически не претерпевает



изменений, что приводит к удельному росту зольности. Поэтому мы пришли к выводу, что перерабатывать в брикеты лучше всего именно биомассу, так как она обладает низкой зольностью в исходном состоянии.

— **Вы изучали преимущественно томские торфы. В чем их особенность?**

— Когда мы начали работать с томскими торфами, мы обнаружили, что их зольность составляет порядка 20–30%. После термической переработки зольность углеродистого остатка имеет еще большую величину. Перерабатывать такой торф в брикеты бессмысленно. Мы долго думали, что же в таком случае можно делать с высокозольной биомассой, и решили попробовать получать из нее жидкое и газообразное топливо. Это направление исследований в нашем НОЦ только зарождается.

— **Вы говорите о необходимости утилизации биомассы. Почему ее нужно утилизировать? Чем она опасна?**

— Если говорить о ресурсах торфа, отходах лесозаготовки и сельского хозяйства, необходимо отметить возможность возникновения природных пожаров. Можно вспомнить пожары в Московской области (2010), Хакасии (2015), Томской области (2016) и др. В свою очередь, промышленное освоение пожароопасных ресурсов позволит сократить их количество, обеспечить постоянный контроль над ними и тем самым уменьшить количество возгораний. Среди прочих ресурсов биомассы особо можно выделить отруби. Обычно отрубями кормят домашних животных в хозяйстве, но если эти отруби полежали два-три дня и их так и не успели пустить на корм, они становятся токсичными. Что же делать с токсичными отрубями? Можно просто закопать их в землю, но только зимой или осенью, когда на полях нет урожая. Весной и летом для этих целей нужен целый полигон, на котором ничего не выращивается. Найти такое место крайне тяжело. Оптимальный, на наш взгляд, способ утилизации таких отрубей — переработка их в топливо. Сжигать их в исходном виде, как я уже сказал, невыгодно. Существуют примеры прямого сжигания биомассы, которые показали, что котлы сильно загрязнялись шлаком, в результате чего их приходилось менять уже через два года. С брикетами такого не происходит. Еще один вариант, который мы предложили производителям: мы перерабатываем

исходное сырье в газ, который сжигаем для покрытия собственных нужд. Образующийся при газификации углеродистый остаток, теплота сгорания которого превышает 25 МДж, мы перерабатываем согласно ранее описанному способу брикетирования. Таким образом мы убиваем сразу двух зайцев: получаем топливо и утилизируем токсичные отруби.

— **Можно ли считать это альтернативой углю по качеству топлива?**

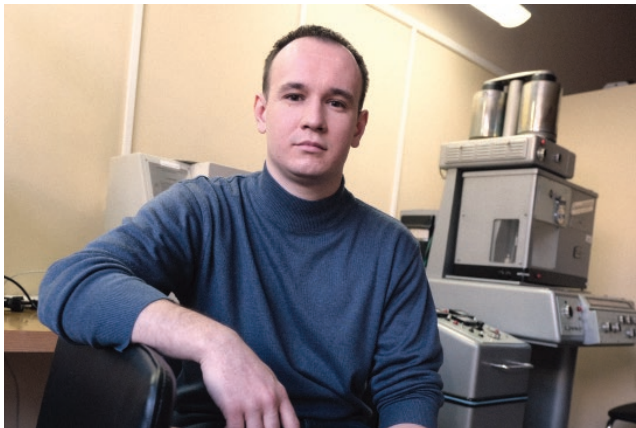
— Это топливо даже лучше угля. Во-первых, оно хоть и дает золу, но в разы меньше, чем уголь. Во-вторых, биотопливо имеет высокую теплоту сгорания, сопоставимую или даже превышающую теплотворность большинства качественных видов углей. В-третьих, такое топливо намного безопаснее для окружающей среды. При сжигании биомасс выбросы  $CO_2$ , согласно Киотскому договору, не учитываются из следующих соображений: во-первых, потому что пока биомасса существует в растительном виде, она поглощает углекислый газ; во-вторых, когда идет процесс естественного разложения биомассы, выделяется практически то же количество  $CO_2$ , что и при сжигании. Поэтому с точки зрения выброса парниковых газов это топливо можно

даже назвать экологическим. Если вы посмотрите отчет Международного энергетического агентства за 2016 г., то увидите, что каждый день из-за загрязнения окружающей среды — прямым или косвенным образом — умирают 18 тыс. человек. Для меня это страшные цифры. Так что если вам тоже хочется сохранять экологию нашей планеты, лучше отказаться от угля и перейти на топливо из биомассы.

— **А что выгоднее с точки зрения экономики?**

— Применительно к оценке экономической эффективности лично я придерживаюсь подхода, разработанного зарубежными учеными и активно пропагандируемого академиком П.П. Безруких: необходимо учитывать затраты не только на производство топлива, но и на устранение последствий его использования. При сжигании угля образуется большое количество вредных выбросов, наносящих огромный вред окружающей среде и организму человека, формируются радиоактивные золоотвалы. На устранение последствий такого влияния наше государство тратит огромные средства, которые, по идее, также должны быть заложены в себестоимость угольной

**Биотопливо дает золу в разы меньше, чем уголь, имеет высокую теплоту сгорания, превышающую теплотворность большинства качественных видов углей, и намного безопаснее для окружающей среды**



Студент Р.Б. Табакаева Александр Астафьев

энергетики. При таком подходе стоимость выработки электроэнергии на угле уже в настоящее время уступает энергетическому использованию биомассы.

— **Что насчет ветровой и солнечной энергетики?**

— Применительно к нашей стране в среднем по территории, имеющей краткосрочность светового дня и большое количество ветряных преград, эти источники энергии проигрывают перед биомассой. Солнечная энергетика до сих пор считается самой убыточной, да и ненадежной, особенно с теми проблемами, которые встречаются в Сибири, а именно сильными морозами.

— **Какие проблемы, существующие в энергетике сегодня, может решить ваша технология?**

— Наша технология особенно актуальна для отдаленных районов. Там выработка тепла происходит в котельных, функционирующих на твердом топливе. Электричество же вырабатывается на дизельных электростанциях. Если мы рассмотрим, например, Томскую область, здесь железная дорога проложена в ограниченном количестве мест. Поэтому мы можем говорить только об автомобильной, речной, когда это возможно, а также воздушной транспортировке. В последнем случае энергоснабжение вообще становится золотым — представьте, во сколько вам обойдется воздушная транспортировка топлива. В таких районах себестоимость одного киловатт-часа превышает сто рублей. Для сравнения: потребители в Томске платят где-то по два с половиной рубля за киловатт. Вот и возникает сорокакратная разница в величине тарифа. Разница между этими тарифами и выставляемыми при централизованном энергоснабжении ложится на плечи областного бюджета или расположенные в области промышленные предприятия.

— **Значит, ваша технология — спасение для малой энергетики?**

— Да, поскольку она как раз характерна для отдаленных районов. Брикеты отлично подходят для сжигания в слоевых топках, где организация сжигания мелкодисперсного топлива, такого как, например, опилки, солома или отруби, — довольно сложный в техническом отношении процесс. Везти топливо для маломощных объектов из соседних областей неперспективно. Наша технология позволит обеспечить в отдаленных районах автономное энергоснабжение за счет местных ресурсов, обеспечив существенную экономию. Для повышения экономической эффективности переработки мы также начали серьезное изучение такого явления, как автотермический режим осуществления пиролиза. Этот режим сможет принести огромную пользу, снизив затраты на собственные нужды. Молодые в метаморфическом отношении виды топлива при термическом разложении выделяют тепло, которое может быть использовано для самопроизвольного протекания этого процесса. Доказательством возможности организации автотермического пиролиза торфа, к сожалению, служат все те же природные пожары. Если вдруг начался торфяной пожар, мы не сможем его остановить, так как горение идет не на поверхности, а внутри. Это происходит

## Наша технология позволит обеспечить в отдаленных районах автономное энергоснабжение за счет местных ресурсов

автотермически по всему торфянику. Этот процесс под моим руководством изучает наш студент Александр Астафьев. В ходе исследования было определено, что помешать автотермическому протеканию пиролиза может только высокая влажность исходного сырья. Вместе мы изучили, какие значения влажности для биомассы будут допустимы, и пришли к выводу, что если солома или торф будут иметь влажность меньше 10%, то гореть они будут с легкостью. Полученные результаты были опубликованы в зарубежных журналах и встретили огромный интерес со стороны научного сообщества в процессе рецензирования.

— **Значит, если мы будем использовать торф для создания топлива, мы сможем предотвратить торфяные пожары?**

— Использование отходов биомассы позволит убить двух зайцев: снизить риск возникновения природных пожаров и обеспечить теплом любой регион нашей страны — ведь биомасса распространена практически повсеместно. ■

Подготовила Дарья Дегтярева



# Всё, всем, всегда ДОСТУПНО



Номера журнала за все годы  
читайте в **любом удобном** для вас формате

## ЦИФРОВЫЕ РЕСУРСЫ

Мгновенный доступ к текущему номеру и архиву с января 2012 г. с вашего iPad

[www.sciam.ru](http://www.sciam.ru)



Google play



**В мире  
науки** SCIENTIFIC  
AMERICAN

Ежемесячный  
научно-информационный  
журнал



МОРСКАЯ БИОЛОГИЯ

# СОВЕРШЕННЫЙ ЗВЕРЬ

Миксотрофы — крошечные морские существа, способные охотиться как животные и, подобно растениям, создавать себе пищу с помощью фотосинтеза. Они могут изменять все на свете — от численности популяций рыб до темпов глобального потепления

*Адити Митра*





**Фатальная атака:** миксотроф динофиз (*Dinophysis*; справа) высасывает фотосинтезирующие органы из другого миксотрофа, мезодиния (*Mesodinium*)

## ОБ АВТОРЕ

**Адити Митра** (Aditee Mitra) — изучает миксотрофные микроорганизмы и зоопланктон и занимается компьютерным моделированием динамики планктонных систем. Преподает биологию в Университете Суонси (Уэльс, Великобритания).



# Б

лики летнего солнца ярко мерцают в толще теплой воды у побережья Испании. Море кажется спокойным и безмятежным. У его поверхности невидимые невооруженным глазом роятся микроскопические планктонные организмы. Оранжево-розовые и темно-зеленые, они лениво кружатся в воде, улавливая солнечные лучи и с помощью фотосинтеза непрерывно вырабатывая питательные вещества.

Внезапно идиллическую жизнь прибрежной отмели нарушает мезодиний (*Mesodinium*) — инфузория, снабженная «щупальцами» и при длине своего тельца всего в 22 мкм выглядящая настоящим гигантом по сравнению с фотосинтезирующими планктонными организмами диаметром не более 3 мкм. Привлеченный запахом сахаров и аминокислот, выделяемых этими микроорганизмами, мезодиний начинает петлять среди скопления беззащитных зеленых жертв — нанофлагеллят, захватывать их щупальцами и переваривать.

В отношении своих розовых жертв, криптофитовых водорослей (криптофитов), хищник ведет себя не менее кровожадно, но более разборчиво: большую часть содержимого их клеток он также разрушает и переваривает, но органеллы, осуществляющие фотосинтез, поглощает неповрежденными. Через несколько минут светлая окраска мезодиния становится темно-красной — по мере того как

в его теле накапливается все больше интактных и сохраняющих функциональную активность хлоропластов и нуклеосом. Мезодиний не может самостоятельно поглощать и утилизировать углекислый газ так, как это делают настоящие фотосинтезирующие организмы, и для выполнения данной задачи он использует хлоропласты своих жертв. Способность организмов поддерживать жизнедеятельность за счет как потребления готовой пищи, так и фотосинтеза, получила название миксотрофии.

Но плодами своей грабительской деятельности мезодиний пользуется недолго. Неподалеку застался еще один миксотроф — динофлагеллят (панцирный жгутиконосец) динофиз (*Dinophysis*), обладающий чуть более крупными размерами и использующий иные охотничьи приемы. Это существо начинает кружить вокруг мезодиния, а затем пронзает его длинным полым выростом (так

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

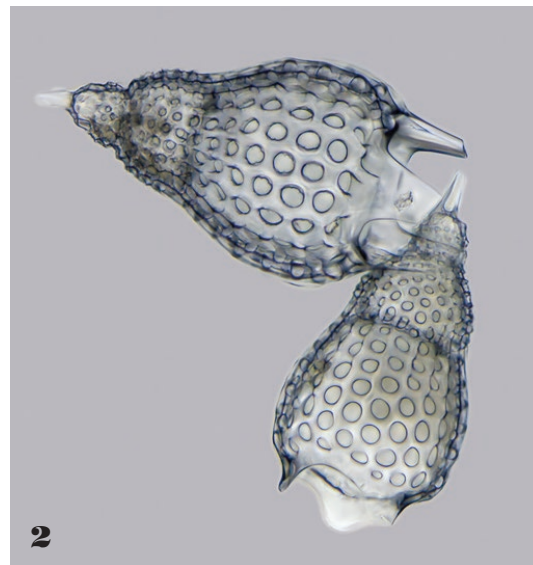
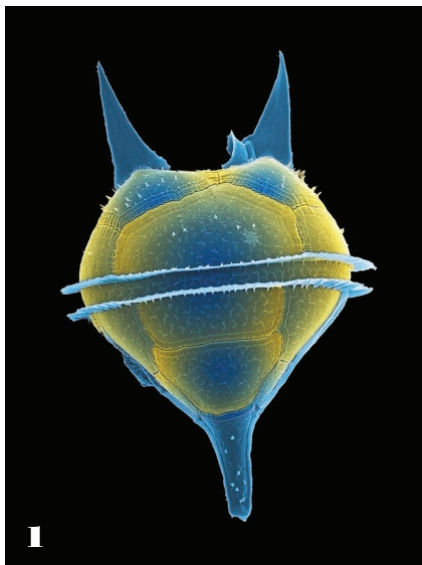
- Долгое время ученые считали, что основу океанической пищевой сети составляют две группы микроскопических организмов — растительный и животный планктон.
- Последние исследования показывают, однако, что многие виды планктонных существ — миксотрофы, то есть организмы, способные, подобно растениям, использовать энергию солнечного света, и в то же самое время, подобно животным, охотиться и убивать жертв.
- Эти «гибридные» существа оказывают огромное влияние на глобальный уровень углерода, состояние популяций морских рыб и «цветение» вредных водорослей.



называемым поршнем) и, как через соломку, высасывает его внутренности, включая и украденные хлоропласты. Обосновавшись в новом хозяине, эти «фабрики фотосинтеза» начинают снабжать его жизненной энергией. А мертвые останки мезодиния медленно оседают на морское дно.

Описанные одноклеточные убийцы — лишь два примера из несметного числа миксотрофных планктонных организмов, населяющих моря планеты. Долгое время большинство морских биологов почти не обращали на них внимания — в отличие от двух основных групп одноклеточных планктонных существ, которые, как предполагалось, и составляют основу всех морских пищевых сетей. Первая из этих групп, растительный фитопланктон, использует для жизнедеятельности энергию солнечного света и неорганические соединения (например, нитраты). Представители второй группы, зоопланктона, питаются фитопланктоном, усваивают созданные им питательные вещества и передают их по пищевым цепям более крупным животным. По сравнению с этими организмами ученые считали миксотрофов «малоэффективными причудливыми формами жизни» — этакими мастерами на все руки, которые за все берутся, но толком делать ничего не умеют. (Немногочисленные миксотрофы есть и на суше — например, росянка и прочие насекомоядные растения.)

Но традиционное представление об океанических пищевых сетях оказалось в корне неверным. С помощью экспериментов, наблюдений и моделей планктонных популяций мои коллеги и я недавно показали, что большинство одноклеточных планктонных организмов — ни чисто растительные, ни чисто растительноядные существа. Фактически подавляющее большинство планктонных организмов — миксотрофы. А это значит, что начальные звенья океанических морских сетей функционируют совсем не так, как считалось прежде. Если большую часть планктона и в самом деле составляют миксотрофы, их численность зависит не только от уровня фотосинтеза и может увеличиваться вследствие потребления микроорганизмами готовой пищи. А солнечная энергия (когда она



**Маленькие монстры.** Ученые выделяют несколько типов миксотрофов. *Ceratium furca* (1) и некоторые другие могут самостоятельно осуществлять фотосинтез и в то же самое время использовать в пищу убитых жертв. Радиоларии, относящиеся к отряду *Nassellaria* (2), воруют фотосинтезирующие органы у других видов планктонных организмов. Представители рода *Karloidinium* (3) ведут себя подобно *C. furca*.

доступна) способна стимулировать рост численности растительноядного планктона. Такие эффекты оказывают различное влияние на множество факторов — от состояния атмосферы до численности популяций рыб. Так, активность миксотрофов сказывается на темпах удаления парникового углекислого газа из морской воды и воздуха, а также его фиксации в донных морских отложениях. Планктонные миксотрофы могут обладать меньшей чувствительностью к сезонному увеличению или уменьшению количества солнечного света. Такая экологическая гибкость способна приносить пользу. Популяции полезных миксотрофов могут обеспечивать пищей большее количество рыбных личинок и, соответственно, увеличивать запасы промысловых рыб. Не исключены, однако, и отрицательные эффекты. Так, резкий рост численности некоторых видов миксотрофов вызывает массовую гибель рыб и причиняет большой вред морским моллюскам.

Если новые представления морской биологии верны, традиционное положение о том, что

вся экология океана зиждется на «растительном» и «животном» планктоне, теряет научную состоятельность.

### Трифиды атакуют

Миксотрофы напоминают неких необычных существ из научно-фантастических романов. «Гарпуны» и «поршни» динофизов похожи на приспособления шагающих растений-завоевателей из знаменитого фантастического романа «День триффидов» Джона Уиндема и снятых по этому произведению фильмов. Триффиды использовали свои корни для поглощения питательных веществ из почвы и ходьбы. Но у них были и ядовитые «жала», которыми они ослепляли или убивали людей, а затем лакомились их разлагающейся плотью.

Я впервые услышала о планктонных миксотрофах чуть более десяти лет назад, когда изучала микрозоопланктон — мелкие формы зоопланктонных организмов. (Мелкие формы растительных планктонных существ называются, соответственно, микрофитопланктоном.) Учебники того времени описывали миксотрофов как причудливых, редко встречающихся морских существ. Но благодаря своей двойной способности и к фотосинтезу, и к охоте эти одноклеточные организмы, похоже, представляют собой идеальное творение природы. Поскольку эволюция, как известно, благоприятствует эффективности, меня сильно удивила довольно скромная распространенность миксотрофов. В поисках дополнительной информации я наткнулась на серию увлекательных публикаций Дайан Стекер (Diane Stoecker) — планктонного эколога из Мэрилендского университета, чьи полевые и лабораторные исследования наводили на мысль о широком распространении миксотрофии среди океанического планктона. Я тут же связалась с Дайан и из разговоров с ней поняла, что миксотрофов в океанах гораздо больше, чем принято считать. Но сколько их на самом деле и как они живут?

Моя научная специализация — разработка математических моделей пищевых сетей и изучение участия в них различных организмов. Такие модели создаются главным образом с помощью компьютера. Анализируя модели океанических экосистем, я не смогла найти ни одной, где были бы отражены детали «двойной жизни» миксотрофов. Не удалось мне найти и источник финансирования проекта по созданию такой модели: научные экспертные комитеты не сочли миксотрофов слишком важными объектами для исследований. Поэтому днем я работала в качестве специалиста по биоразнообразию в местной администрации округа Бридженд (Уэльс, Великобритания), а по вечерам трудилась вместе со своим мужем, морским биологом Кевином Флинном (Kevin Flynn), над

разработкой заветной модели. Весной 2009 г. мы наконец создали функциональную модель, в которой были представлены различные популяции миксотрофов, одни из которых посвящали больше времени охоте, а другие — фотосинтезу. В том же году наша статья на эту тему была опубликована в журнале *Journal of Plankton Research*.

Мы хотели показать, что модели, учитывающие существование планктона «двойкой природы», отражают суть морской экологии более реалистично, чем модели, разделяющие всех обитателей океана лишь на растения и хищников. Мы изменяли характеристики миксотрофов в своей модели до тех пор, пока она не начала точно имитировать наблюдаемые в природе потоки веществ в пищевых сетях, а также взаимодействия между другими типами планктона (например, бактериями и крошечными веслоногими рачками копеподами). Динамика таких пищевых сетей, описанная в нашей статье, опубликованной в 2010 г. в *Journal of Marine Systems*, сильно отличалась от динамики сетей в моделях, включавших «сегрегированный» планктон.

Но нам нужно было выйти за рамки компьютерного моделирования и получить прямые доказательства нашей гипотезы о том, что миксотрофы представляют собой критический движущий фактор потока питательных веществ во всех частях Мирового океана. К этому времени у нас появились и деньги. Впечатлительный успехами наших моделей, фонд *Leverhulme Trust* организовал в Европе и США ряд конференций, где впервые в истории могли обмениваться своими знаниями исследователи, изучающие миксотрофов и в полевых, и в лабораторных условиях.

### Мир гибридов

На первой из таких конференций в 2011 г. наша группа исследователей (окрестившая себя *Team Mixotroph*) представила список всех планктонных видов, обладающих способностью и к охоте, и к фотосинтезу. В течение долгих десятилетий ученые идентифицировали миксотрофные виды микроорганизмов в пробах вод из самых разных морских систем — от прибрежных мелководий до открытого океана и от приполярных морей до экваториальных вод. Но до тех пор пока наша команда не начала объединять факты, полученные этими биологами, большинство из них были убеждены, что имеют дело с редкими и необычными формами жизни, нежели с существами, широко распространенными во всех частях Мирового океана.

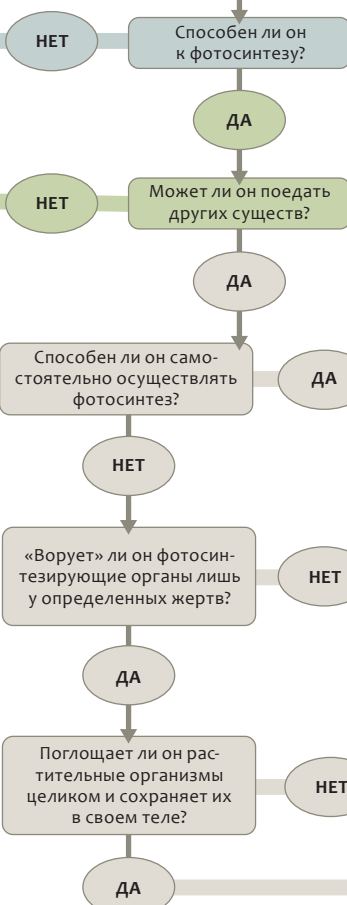
Обобщение этих данных заставило нас прийти к заключению, что моря буквально кишат миксотрофами, имеющими огромное экологическое значение. Так, например, экофизиолог и специалист по планктону Пер Хансен (Per Juel Hansen) из Копенгагенского университета и его сотрудники



# Новый планктонный зверинец

Одноклеточные морские организмы (микропланктон) представляют собой одну из важнейших форм жизни на нашей планете, лежащую в основе всей глобальной пищевой сети. Долгое время ученые считали планктонных существ либо растениями, либо животными. Новые данные указывают на то, что большинство представителей микропланктона на самом деле миксотрофы: они сочетают типы питания, характерные и для растений, и для животных. Классифицируя одноклеточные планктонные организмы (их называют также протистами), ученые проясняют следующие вопросы.

Одноклеточный протист



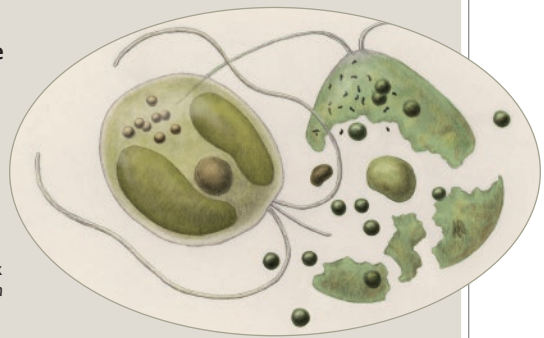
## Микрозоопланктон

Эти организмы, в отличие от растений, неспособны обеспечивать себя пищей за счет фотосинтеза, а потому вынуждены поедать других планктонных существ.

## Миксотрофы

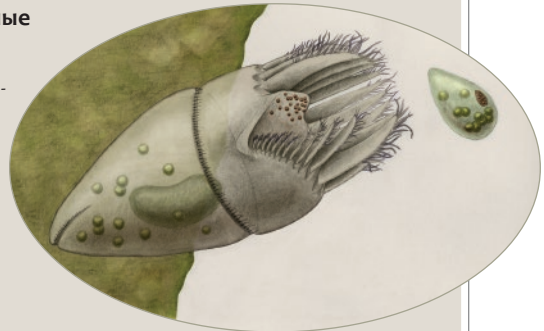
### Конститутивные миксотрофы

Эти хищные клетки используют для жизнедеятельности и солнечный свет, и энергию, высвобождаемую из питательных веществ. На рисунке справа одно из таких существ (*Prymnesium parvum*) атакует *Dunaliella tertiolecta*.



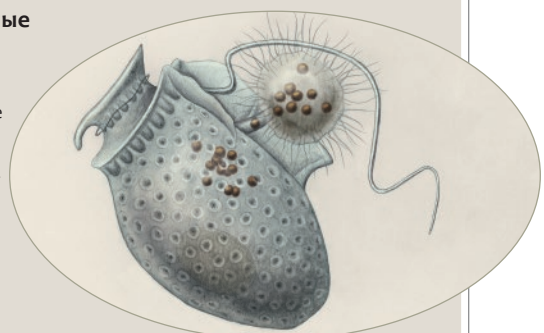
### Неконститутивные миксотрофы-генералисты

Эти существа используют фотосинтезирующие органеллы, отнимаемые ими у самых разных жертв. На рисунке справа *Strombidium oculatum* крадет эти органы у одного из представителей рода *Ulva*.



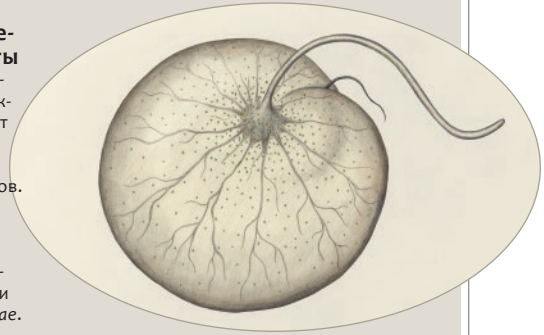
### Неконститутивные миксотрофы-специалисты

Эти хищники воруют фотосинтезирующие органеллы только у определенных жертв, при этом убивая их. На рисунке справа динофиз высасывает органеллы из красного мезодиния (*Mesodinium rubrum*).



### Неконститутивные миксотрофы — эндосимбиотические специалисты

Существа, относящиеся к этой группе миксотрофов, сохраняют в своем теле целые колонии фотосинтезирующих организмов. На рисунке справа: тело ночесветки (*Noctiluca scintillans*) буквально набито зелеными водорослями *Pedinomonas noctilucae*.



## Микробиотопланктон

Организмы этой группы похожи на растения, существующие за счет фотосинтеза.

SOURCE: "REFINING PLANKTONIC PROTIST FUNCTIONAL GROUPS ON MECHANISMS FOR ENERGY AND NUTRIENT ACQUISITION: INCORPORATION OF DIVERSE MIXOTROPHIC STRATEGIES," BY ADITEE MITRA ET AL., IN PROTIST, VOL. 169, NO. 2, APRIL 2016, ILLUSTRATION BY REBECCA GELERTNER

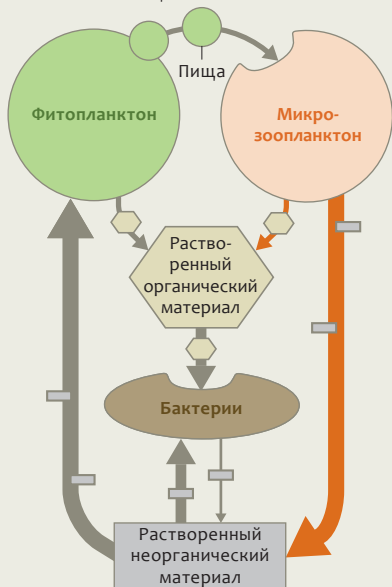
## Эффекты миксотрофов

Выделение в составе планктона различных групп миксотрофов сильно изменило представления ученых о перемещении питательных веществ по океанической пищевой сети и динамике численности популяций важнейших морских микроорганизмов. Исследователи поняли это после того, как смоделировали традиционную пищевую сеть, основанную на двух типах планктона (растительном и животном), и сравнили данные с результатами, полученными с помощью

новой модели, где фигурировала группа миксотрофов, отнимающих фотосинтезирующие органы у других планктонных существ. Кроме того, ученые построили и третью модель с участием миксотрофов, обладающих врожденными фотосинтетическими способностями. Результаты, полученные с помощью этих «миксотрофных» моделей, гораздо более точно соответствовали реальности, чем прогнозы старой традиционной модели.

### Традиционный сценарий

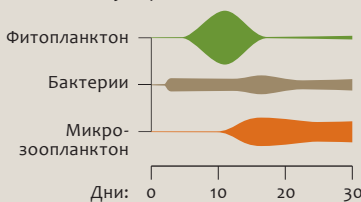
Фитопланктон использует солнечную энергию для выработки пищи, микробиопланктон поедает фитопланктон. Затем морские бактерии разрушают высвобождающийся органический материал (продукты жизнедеятельности) для повторного использования питательных веществ.



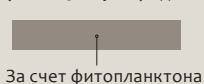
### Классическая последовательность

Согласно традиционным представлениям, сначала «зацветает» фитопланктон (зеленый). Только после этого его потребление хищным микробиопланктоном (оранжевый) становится достаточно обильным, чтобы произошел заметный рост его популяции. Это, разумеется, истощает запасы фитопланктона.

### Изменение популяций планктона



Удаление из морской воды углекислого газа (всего: 30 г углерода на 1 м<sup>2</sup>)



### Фотосинтезирующие животные

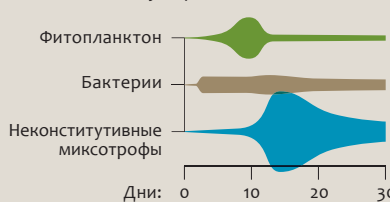
Способность неконститутивных миксотрофов (фотосинтезирующих животных) сочетать два типа питания позволяет их популяциям удерживать больше питательных веществ. Тонкая синяя стрелка, исходящая от этой группы существ, соответствует меньшим потерям нутриентов.



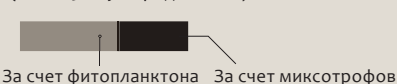
### Популяционный взрыв

Популяции неконститутивных миксотрофов (синий) могут достигать больших размеров, чем традиционных хищников, потому что они потребляют готовую пищу, а также получают энергию за счет использования украденных фотосистем. Но после того как эти «запчасти» выходят из строя, рост прекращается.

### Изменение популяций планктона



Удаление из морской воды углекислого газа (всего: 30 г углерода на 1 м<sup>2</sup>)



### Растения-охотники

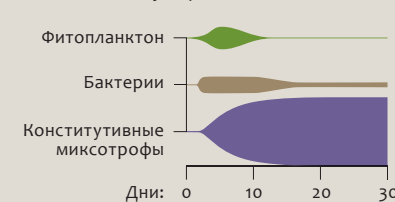
В результате замены в модели традиционного микробиопланктона на конститутивных миксотрофов складывается иной паттерн популяций. Эти существа могут утилизировать огромную массу неорганического материала (широкая фиолетовая стрелка) и вести себя как настоящие хищники, поддерживая жизнеспособность группы.



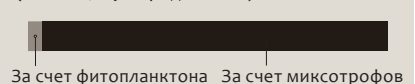
### Самодостаточный рост

Конститутивным миксотрофом (фиолетовый), обладающим врожденными фотосинтетическими способностями, для роста требуется совсем немного дополнительной пищи от традиционного фитопланктона. Их популяции быстро увеличиваются в размерах и остаются крупными дольше 30 дней.

### Изменение популяций планктона



Удаление из морской воды углекислого газа (всего: 65 г углерода на 1 м<sup>2</sup>)





показали, что в отсутствие достаточного количества жертв-криптофитов (тех самых розовых планктонных организмов, о которых упоминалось в начале статьи) хищные мезодинии лишаются возможности «воровать» у них хлоропласты, и их популяция обречена на вымирание. А Дайан Стекер и Хэ Чжин Чжон (Hae Jin Jeong) с сотрудниками из Сеульского национального университета обнаружили, что когда миксотрофы активно осуществляют фотосинтез, они поедают других планктонных существ гораздо быстрее, чем в том случае, когда не занимаются такой формой деятельности. При обилии же света и пищи эти миксотрофные микроорганизмы демонстрировали гораздо более высокие темпы размножения, чем планктонные существа, способные к одной только охоте или только к фотосинтезу.

В 2012 г. мы приступили к классификации планктонных миксотрофов — их разделению на группы в соответствии с особенностями пищи, пищевого поведения и фотосинтезирующей активности. В результате нам удалось выделить четыре типа миксотрофных организмов.

В качестве основного критерия для идентификации типов миксотрофов мы использовали характер их фотосинтетических способностей. Наделены ли они способностью использовать свет для создания пищи от природы или же вынуждены атаковать своих жертв и отнимать у них «фотосистемы»? Группу микроорганизмов с врожденной способностью к фотосинтезу мы назвали конститутивными миксотрофами. Данная группа включает множество экологически значимых существ, выступающих важнейшими звеньями океанических пищевых цепей. Но к ней относятся и многие «проблемные» организмы. Так, миксотроф карлодиний (*Karlodinium*) прославился тем, что стал причиной массовой гибели рыб в самых разных частях Мирового океана — от Чесапикского залива до прибрежных вод Малайзии. Другой конститутивный миксотроф, примнезий (*Prymnesium*), вызвал массовую гибель рыбы у побережья Техаса и в Норфолкских озерах на востоке Англии; кроме того, он высвобождает химическое вещество, нарушающее целостность клеточных мембран у планктонных существ другого вида. В результате их клетки разбухают и «взрываются», а примнезий кормится останками своих жертв.

Представители второй группы миксотрофов лишены врожденных фотосинтетических способностей и вынуждены «заимствовать» их у других организмов. Эту многочисленную группу существ, к которой относятся мезодиний и динофиз, мы назвали неконститутивными миксотрофами. Использование фотосинтеза ее представителями долгое время рассматривалось учеными в качестве дополнительного механизма выживания, к которому они прибегают лишь при нехватке жертв. Теперь мы знаем, что эти существа поглощают

солнечную энергию гораздо чаще и что такая практика обычно составляет важную часть их жизни.

Неконститутивных миксотрофов можно разделить на две подгруппы — виды-генералисты и виды-специалисты. Так, например, *Laboea*, *Strombidium* и другие инфузории, содержащие пластиды, — это генералисты, «ворующие» хлоропласты у многочисленных других видов планктонных существ. Генералисты не в состоянии обеспечить жизнеспособность украденных органелл дольше нескольких дней и вынуждены постоянно атаковать новых жертв для их замены новыми «запчастьями». Большинство миксотрофов — полезные существа, которые обеспечивают питательными веществами пищевые цепи, поддерживая тем самым морские популяции рыб.

С другой стороны, специализированные виды неконститутивных миксотрофов всецело зависят от жертв определенного типа и, похоже, лучше, чем генералисты, приспособились в процессе эволюции к интеграции украденных фотосистем в собственную физиологию: они способны поддерживать их активность неделями и даже месяцами. Некоторые представители этой группы миксотрофов могут представлять опасность для человека. Моллюски, подвергавшиеся воздействию токсинов, выделяемых динофизом, могут вызывать у людей опасное для жизни отравление; из-за резкого роста численности этих миксотрофов в Мексиканском заливе были вынуждены прекратить работу многие устричные фермы.

В группе специализированных миксотрофов в свою очередь можно выделить еще одну подгруппу организмов с примечательными особенностями поведения. В отличие от мезодиний они не воруют части тела других существ, а поглощают целые колонии фотосинтезирующих жертв. Эти жертвы живут и размножаются внутри новых хозяев, получая от них необходимые для жизни питательные вещества и защиту от плавающих снаружи хищников. Такие «планктонные теплицы» образуют широко распространенные во всем Мировом океане миксотрофы, называемые фораминиферами и радиоляриями.

### Глобальные регуляторы

От растений, способных поглощать готовую пищу, до фотосинтезирующих животных и от крошечных двухмикрометровых организмов до сравнительно крупных, длиной более 1 мм, существ — миксотрофы поражают воображение разнообразием жизненных форм и составляют важнейший компонент океанической жизни. И, как выясняется, эти микроскопические существа способны оказывать огромное влияние на самые разные аспекты жизни Мирового океана.

Так, например, посередине центральной части Атлантического океана раскинулась огромная зона

площадь в тысячи квадратных километров, чрезвычайно бедная питательными веществами. Ученые считали, что в ее водах фитопланктон слишком остро конкурировал с бактериями за растворенные неорганические питательные вещества (например, железо и фосфаты), что и стало причиной истощения их запасов. Но микробиолог и биогеохимик Михаил Зубков и его коллеги из Национального океанографического центра в Англии обнаружили в этой области крупную популяцию конституциональных миксотрофов — организмов, способных самостоятельно осуществлять фотосинтез.

На основании этих данных наша команда *Team Mixotroph* построила две модели пищевых сетей. В основу одной из них легла традиционная модель конкуренции между растениями и бактериями, а вторая включала и участие миксотрофов. Мы обнаружили, что результаты, полученные с помощью «миксотрофной модели», точнее соответствовали данным Зубкова и его сотрудников относительно количества и циклов питательных веществ. Согласно модели, бактерии не конкурировали с фитопланктоном, а размножались, используя сахар и другие питательные вещества, выделяемые миксотрофами. Затем миксотрофы изменили характер питания и начали поедать бактерий, которые обеспечивали их большим количеством фосфатов и железа, чем они могли бы извлечь из морской воды. И прогнозы данной модели соответствовали наблюдениям только в том случае, если фигурировавшие в ней миксотрофы относились к конститутивному типу.

Особенно важную роль миксотрофы играют в прибрежных водах, где они сильно влияют на популяции рыб. В 2017 г., используя модель динамики планктонных популяций Северного моря, содержащих различные типы миксотрофов, мы обнаружили, что когда эти миксотрофные виды поедают морских бактерий, их популяции начинают быстро расти; в результате они могут вытеснять другие планктонные виды, ответственные за так называемое цветение воды. Образующиеся при этом массы микроорганизмов сами по себе опасности не представляют, но они загораживают солнечный свет и нарушают циклы питательных веществ, от которых зависит питание крошечных рыбьих личинок и скорость их роста. Таким образом, чем меньше цветет моря, тем больше в них рыбы.

В этом отношении важно и то обстоятельство, что, как показали наши наблюдения, летом миксотрофы становятся доминирующей формой планктона. «Чисто растительный» планктон (фитопланктон) размножается весной, а затем его численность падает, поэтому личинки рыб кормиться им не могут. Но миксотрофы продолжают плавать в морской воде как ни в чем не бывало, и именно этот добротный питательный корм поддерживает популяции рыб в летнее время года.

### Большое будущее

Сегодня миксотрофы привлекают внимание ученых самого разного профиля. Ими интересуются специалисты, изучающие изменение глобального климата, прогнозирующие состояние рыбных запасов в морях, занимающиеся датировкой древних морских отложений и предсказанием пагубных «цветений» морской воды. Сейчас главная задача — использовать данные полевых наблюдений и результаты компьютерного моделирования для всестороннего изучения жизнедеятельности различных групп миксотрофов в различных частях Мирового океана в разное время года.

Эта задача важна потому, что сегодня, во времена стремительного изменения климата, нам нужно знать, какие условия окружающей среды могут вызывать «цветение» ядовитого карлодиния, экологически опасных ночесветок или полезных для рыб инфузорий, обладающих пластидами. Недавно мы сделали первые шаги на пути к достижению данной цели, составив карту распространения различных групп миксотрофов в морях планеты. Теперь нам нужно измерить размеры их популяций в разное время года, так как изменение светового и температурного режима оказывает сильное влияние на рост и размножение этих организмов.

В прошлом году я обратилась в Европейскую комиссию с заявкой на грант, предназначенный для подготовки ученых для этой работы. На этот раз подготивки развивались совсем не так, как десять лет назад: экспертный комитет тут же предоставил запрошенный грант, сопроводив свое решение самыми лестными комментариями. Таким образом, наша постоянно растущая команда *Team Mixotroph* вскоре пополнится новым поколением морских исследователей. Совместными усилиями мы надеемся выяснить, смогут ли «совершенные звери» Мирового океана хоть немного улучшить наш несовершенный мир. ■

Перевод: А.В. Щеглов

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Building the “Perfect Beast”: Modelling Mixotrophic Plankton. Kevin J. Flynn and Aditee Mitra in *Journal of Plankton Research*, Vol. 31, No. 9, pages 965–992; September 1, 2009.
- Defining Planktonic Protist Functional Groups on Mechanisms for Energy and Nutrient Acquisition; Incorporation of Diverse Mixotrophic Strategies. Aditee Mitra et al. in *Protist*, Vol. 167, No. 2, pages 106–120; April 2016.
- Mixotrophy in the Marine Plankton. Diane K. Stoeker et al. in *Annual Review of Marine Science*, Vol. 9, pages 311–335; January 2017.





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](http://scientificrussia.ru)





Illustration by Raul Arias

**P**



МЕДИЦИНА

# НОВЫЕ СПОСОБЫ ВСПРОДУЖИМИ

Смогут ли биологи когда-либо  
использовать клетки крови  
или кожи для получения  
яйцеклеток и спермиев?

*Карен Уайнтрауб*

## ОБ АВТОРЕ

**Карен Уайнтрауб** (Karen Weintraub) — внештатный журналист, пишет статьи на медицинские темы. Печатается в *New York Times*, *STAT*, *USA Today* и других изданиях.



**М**ыши, снующие туда-сюда в одной из клеток в лаборатории Кацухико Хаяши (Katsuhiko Hayashi), не кажутся какими-то особенными. Они перемещаются, едят, спят так же, как тысячи их сородичей. Но история происхождения этих восьми грызунов, изложенная на страницах журнала *Nature* два года назад Кацухико Хаяши, специалистом по репродукции из Университета Кюсю в Японии, поистине уникальна. Рыжевато-коричневые зверьки появились на свет не в результате слияния материнских яйцеклеток с отцовскими спермиями. По материнской линии они восходят к перепрограммированным клеткам кожи.

Этот инновационный эксперимент принял эстафетную палочку от многообещающего события — клонирования овечки Долли в 1997 г., которое в свою очередь базировалось на более ранних — 1970-х гг. — работах по клонированию лягушек и предположении, что все животные клетки имеют одинаковый основной набор генетических инструкций. Последнее нашло подтверждение при клонировании Долли: ее создатели показали, что различие между клетками груди и клеткой любой другой ткани животного основывается на том, что в активном состоянии в них находятся разные гены.

Для Хаяши и других специалистов в области репродукции это открывало дорогу к перепрограммированию животных клеток с целью получения их клеток любого типа — от нервных

до яйцеклеток. Небольшое число биологов из самых разных стран, в том числе Хаяши, используют эту возможность для осуществления гаметогенеза *in vitro* — получения яйцеклеток и спермиев из клеток взрослого животного.

Специалисты в области репродукции совместно с несколькими семейными парами, борющимися с бесплодием, близки к тому, чтобы попытаться реализовать на практике успехи, достигнутые Хаяши и другими биологами по превращению стволовых клеток грызунов в рудиментарные спермии. Если будет показано, что такой подход применим к человеку, возможно, настанет день, когда дефектные гаметы уступят место полноценным половым клеткам, полученным на основе клеток крови или кожи. В этом прекрасном будущем мужчинам, страдающим бесплодием, не придется переживать

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Процесс репродукции у млекопитающих начинается со слияния яйцеклетки и спермия.
- Недавно биологам удалось совершить невероятное — они получили жизнеспособные мышинные яйцеклетки из стволовых клеток кожи.
- В 2016 г. в результате слияния яйцеклеток, полученных из стволовых клеток кожи, и обычных спермиев родились восемь здоровых мышат.
- Есть надежда, что эти инновационные эксперименты позволят когда-нибудь решить проблему мужского и женского бесплодия.



по поводу своей неполноценности, а женщины, шансы которых стать матерью уменьшаются с возрастом, будут производить на свет здоровых младенцев. Однополые супружеские пары тоже смогут обзаводиться детьми, биологически связанными с обоими родителями.

Перспективы весьма заманчивые, но отдаленные. Многолетние эксперименты на животных, нацеленные на поиски полноценных заменителей яйцеклеток и спермиев, дающих начало большинству млекопитающих, практически завершены. Но даже эти опыты на мышах предвещают возникновение массы этических проблем, когда речь пойдет о применении инновационных репродуктивных технологий в медицине.

### Плод совместных усилий

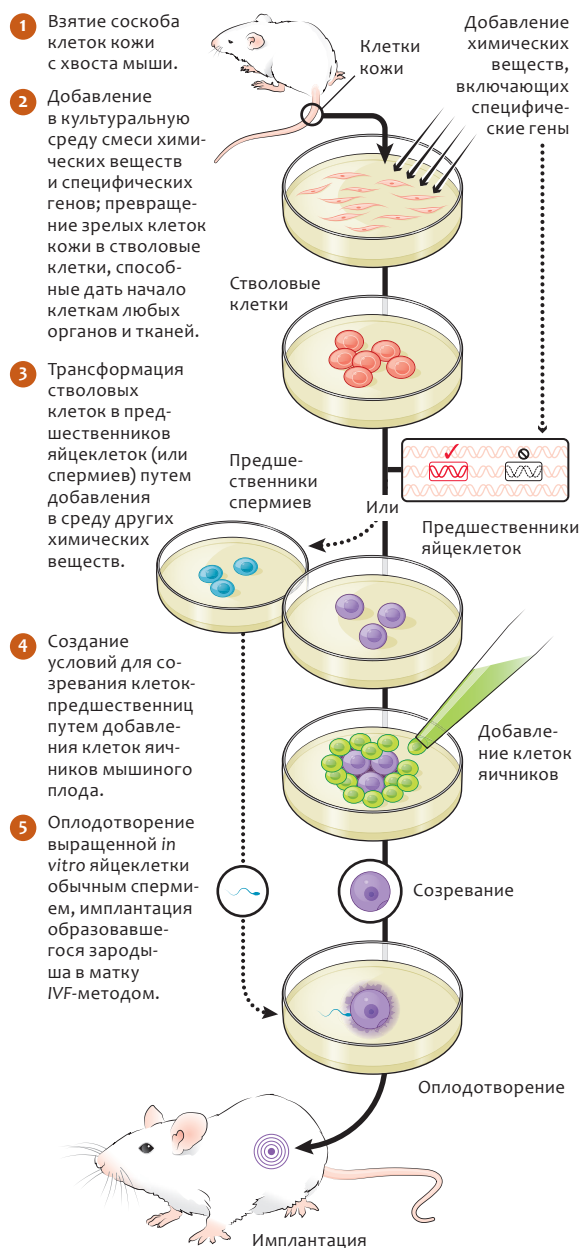
Чтобы осуществить задуманное в опытах на мышах, Хаяши с сотрудниками понадобилось свести воедино несколько сделанных ранее открытий. В 2010 г. они пытались подрегулировать некий клеточный механизм, в результате чего клетка возвращается на стадию, предшествующую стадии дифференцировки. Для этого Хаяши с коллегами воспроизвели процесс, который разработал Шинья Яманака (Shinya Yamanaka) из Киотского университета (в 2012 г. за это изобретение ученый был удостоен Нобелевской премии).

Прежде всего они взяли соскоб клеток кожи хвоста взрослой мыши, а затем инъецировали в него коктейль из химических веществ, содержащий четыре специфических гена, с тем чтобы вернуть зрелые клетки в состояние, когда они были способны давать начало разнообразным дифференцированным клеткам (то есть получить стволовые клетки). Далее Хаяши с сотрудниками прибегли к генетическим манипуляциям, проделанным в начале 2000-х гг. Адзимом Сунари (Azim Sunari), работающим сегодня в Институте Гердона при Кембриджском университете, и Митинори Сайтоу (Mitinori Saitou), бывшим сотрудником Сунари. Эти и другие эксперименты с эмбриональными клетками, полученными от обычного мышиного эмбриона, позволили Хаяши выяснить, какие гены необходимы для того, чтобы стволовые клетки дифференцировались с образованием зачатка половых клеток (примордиальных клеток).

Примордиальные клетки, из которых могли развиваться яйцеклетки или спермии, имеют такой же набор хромосом, как любая животная клетка. Чтобы получить из них половые клетки, содержащие половинный набор генов по сравнению с соматическими клетками, нужно, чтобы они претерпели два мейотических деления. В женском организме первое такое деление происходит, когда примордиальная клетка попадает в репродуктивную систему. Второе деление приходится на стадию

## «Рецепт» получения потомства из клеток кожи

В поисках решения проблемы женского бесплодия Кацухико Хаяши с коллегами из Университета Кюсю в Японии пытаются найти способ превращения клеток кожи в жизнеспособные яйцеклетки. Проведя тысячи неудачных экспериментов, осенью 2016 г. ученые наконец-то подобрали подходящую культуральную среду — смесь неких химических веществ и специфических генов, в которой мышинные клетки кожи через ряд трансформаций превратились в жизнеспособные яйцеклетки. Оплодотворив их *in vitro* обычными спермиями и имплантировав в матку мыши, Хаяши получил восемь здоровых мышат. Есть надежда, что эта инновационная технология найдет применение в медицине.

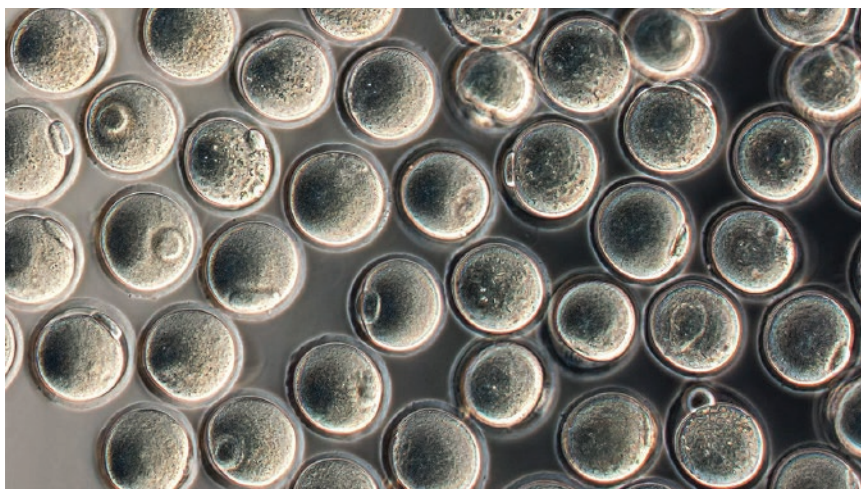


овуляции, когда в ооцит (предшественник яйцеклетки) проникает спермий. Если имплантировать примордиальные клетки в организм мыши, то они завершат свое развитие без всякого вмешательства экспериментатора. Но чтобы получить жизнеспособные яйцеклетки в чашке Петри, нужно воссоздать все этапы их созревания, которые они проходят *in vivo*.

Для этого следует максимально приблизить условия культивирования к естественным. Хаяши потребовалось несколько лет для подбора нужной культуральной среды. Успех пришел, когда в среду были добавлены клетки яичников плода другой мыши. Эти клетки экскретировали гормоны, благодаря чему имитировались условия, в которых происходит созревание *in vivo*. Кроме того, экспериментаторы изменили вязкость среды, что еще более приблизило ее к естественному окружению созревающих клеток.

Следующим шагом после получения полноценных яйцеклеток было оплодотворение *in vitro*. Сначала в среду со зрелыми яйцеклетками ввели спермию взрослого самца мыши. По прошествии нескольких суток из числа образовавшихся эмбрионов отобрали с помощью миниатюрной пипетки наиболее подходящие по ряду критериев и ввели их в матку мыши. После многих неудачных попыток получить потомство — безуспешной имплантации, преждевременных родов и по другим причинам — в конце концов на свет появился один здоровый детеныш. Начало было положено; следующие попытки оказались более успешными.

Однако метод все еще далек от совершенства. Только 16 из сотен полученных группой Хаяши стволовых клеток благополучно перенесли пятинедельный процесс созревания. А когда эти выращенные в лаборатории яйцеклетки соединили со спермиями и имплантировали их в матку мыши, получили лишь крайне малый процент здоровых мышат; при оплодотворении *in vitro* (IVF, *in vitro fertilization*) этот процент составляет 62. И все же было доказано, что метод работает. Появившиеся на свет восемь детенышей выросли в полноценных взрослых особей, которые дали нормальное потомство.



Мыши, появившиеся на свет в результате оплодотворения яйцеклеток, полученных в лабораторных условиях, обычными спермиями (1). Эти яйцеклетки происходят от эмбриональных стволовых клеток (2).

### Когда спермий встречается с яйцеклеткой

В репродуктивной помощи нуждается множество людей. 10% жителей США мужского пола и примерно столько же женского бесплодны. Попытки преодолеть это состояние сопряжены со сложными манипуляциями и часто не дают желаемого результата. Так, необходимое условие успеха IVF — прием женщиной гормонов в течение одной-двух недель для стимуляции образования яйцеклеток. Последние будут оплодотворены *in vitro*, и одна-две — имплантированы в матку. Стоимость всей процедуры достигает \$20 тыс., и при этом в 65% случаев результат оказывается неутешительным, в основном из-за некачественной яйцеклетки.

Отсюда ясно, почему перспектива использования клеток крови или кожи пациента для получения потомства представляется столь заманчивой. Вместо того чтобы экстрагировать яйцеклетки из матки потенциальной матери, достаточно взять у нее пробу крови.



Клетки крови перепрограммируют в стволовые клетки, а затем получают из них яйцеклетки или спермии. Яйцеклетку оплодотворяют спермой и имплантируют в матку женщины таким же способом, как при IVF. В результате ребенок наследует генетический материал отца и матери — как это было бы при нормальном оплодотворении.

Как утверждает Хаяши, пока эта процедура слишком рискованна, чтобы применять ее к человеку, и станет доступной, только если яйцеклетки, создаваемые в лаборатории, смогут давать начало зародышу с такой же вероятностью, с какой это происходит естественным путем. Для начала нужно убедиться, что яйцеклетки остаются жизнеспособными в лабораторных условиях достаточно долгое время. (Мышиные яйцеклетки созревают за пять суток, а человеческие — примерно за 30.) И прежде чем приступить к применению подхода в медицине, необходимо апробировать его на более крупных животных, чем мыши.

#### Всесторонний контроль

Хаяши с коллегами уже занимаются таким тестированием на приматах, а именно — обезьянах и игрунках. Правда, эти исследования затруднены по ряду причин. Мыши — оптимальный объект для тестирования многих инновационных технологий, поскольку овуляция у них происходит каждые пять дней, а беременность длится 20 дней. У игрунок этот период составляет более 140 дней, так что рождения детенышей приходится ждать гораздо дольше, даже если все манипуляции были удачными. Созревание предшественников яйцеклеток у игрунок тоже занимает гораздо больше времени, чем у мышей, и чтобы процесс протекал успешно, нужно подобрать оптимальные средовые условия.

Многолетние опыты на мышах позволили выяснить, как создать условия для созревания вне тела животного, но для завершения процесса по-прежнему нужны клетки яичников плода. Хаяши с коллегами пришли к выводу, что для созревания *in vitro* недостаточно просто внести в культуральную среду клетки яичников. Нужно отобрать и использовать те из них, которые посылают сигналы к созреванию, и научиться получать такие клетки из стволовых. В таком случае экспериментатор сможет самостоятельно выращивать все необходимые ингредиенты и не ждать, когда появится возможность взять какие-то из них от плода другой мыши.

Сунари, пионер в области исследований клеток зародышевой линии, проводил эксперименты с разными комбинациями этих ключевых хелперных клеток, способствующих созреванию

зародышевых клеток и их коммуникации. «Зародышевые клетки в своем развитии доходят до некоей рубежной точки, и чтобы пройти ее, нужен сигнал или какое-то изменение в культуральной среде», — поясняет он. У Сунари и его коллег есть разумное предположение относительно того, какие клетки могут быть особенно значимыми для этого процесса, но чтобы идентифицировать их, нужна долгая кропотливая работа. Сейчас они исследуют в поисках таких клеток абортированный плод человека и проводят эксперименты не на приматах, а на свиньях, поскольку развитие зародышей последних ближе к таковому у человека, а кроме того, экспериментирование на них обходится дешевле, чем на обезьянах.

**Мыши — оптимальный объект для тестирования многих инновационных технологий, поскольку овуляция у них происходит каждые пять дней, а беременность длится 20 дней. У игрунок этот период составляет более 140 дней, так что рождения детенышей приходится ждать гораздо дольше**

Некоторые исследователи полагают, что для достижения желаемого результата следует как можно скорее помещать полученные *in vitro* клетки в естественные для них условия, то есть в организм лабораторного животного с его естественной системой контроля качества. Рене Рейхо Пера (Renee Reijo Pera), специалист по стволовым клеткам из Университета штата Монтана, использует такой подход в работе со спермиями. В естественных условиях из всего их огромного количества выживают до момента оплодотворения яйцеклетки только самые «качественные», в опытах же *in vitro* никакого контроля качества не существует, и высока вероятность того, что оплодотворение осуществит дефектный спермий. «Организм человека сразу отторгает некачественные спермии», — говорит Пера. — А проводя все процессы в чашке Петри, мы не можем обеспечить нужный контроль».

Скептики уверены, что, несмотря на все старания специалистов по репродукции, искусственные яйцеклетки или спермии никогда не найдут

применения в качестве необходимых компонентов зарождения человеческой жизни. Так, Марси Дарновски (Marcy Darnovsky) считает, что полученные в лаборатории зародышевые клетки не будут полноценными настолько, чтобы риск их применения был равен нулю. Дарновски — исполнительный директор Центра генетики и человеческого сообщества, задача которого состоит в повышении ответственности при использовании генетических манипуляций в медицине.

Она целиком и полностью за исследования, позволяющие полнее понять процессы развития человека и животных, но против применения искусственно созданных яйцеклеток и спермиев для получения живых существ, особенно если речь идет о человеке. «Я думаю, жизнь любого появившегося таким способом на свет ребенка находится под угрозой», — говорит Дарновски, ссылаясь на опыт клонирования млекопитающих: многие полученные искусственным путем эмбрионы вообще не развивались, а немногочисленные более успешные имели серьезные отклонения, несовместимые с жизнью. Дарновски уверена, что эксперименты, проводимые Хаяши, Сунари, Пера, не зайдут слишком далеко, если будут находиться под пристальным вниманием общественности.

Есть и другой аспект новой репродуктивной технологии, вызывающий беспокойство. Если из зре-

лых соматических клеток одного человека можно будет получать и яйцеклетки, и спермии, не случится ли, что наступит эпоха «безотцовщины»? А может быть, кому-то взбредет в голову собрать клетки кожи с носового платка или нижнего белья некоего человека и использовать их для создания ребенка — и все это без ведома хозяина (или хозяйки) этих клеток? Дальше — больше. Джордж Дэли (George Daley), декан одного из факультетов Медицинской школы Гарвардского университета, описывает в статье *Science Translational Medicine* ситуацию, когда новые биотехнологии позволяют создавать эмбрионов в непредставимых ранее

масштабах, что приводит к обесцениванию человеческой жизни и порождает новые социальные проблемы.

До сих пор этические нормы ограничивали исследования в области репродукции человека, в частности связанные с получением гамет *in vitro*, и сводили к минимуму их финансирование. Бывший президент США Барак Обама относился к экспериментам со стволовыми клетками более благо-

склонно, чем его предшественники, при которых такие работы были строго ограничены. Но с приходом новой администрации маятник может качнуться в противоположную сторону. В других странах недостаточное финансирование и ограничения, налагаемые на получение образцов тканей человеческих эмбрионов, тоже сужают возможности исследователей, в частности Сура-ни и Хелен Пиктон (Helen Picton), которые занимаются аналогичными экспериментами в Лидском университете в Англии. А по словам Хаяши, ему было бы очень трудно работать со стволовыми клетками у себя на родине, в Японии, где закон запрещает проводить оплодотворение с помощью полученных в лабораториях спермиев даже в научных целях. В то же время, по словам Якоба Ханны (Jacob Hanna) из Института им. Вейцмана в Реховоте (Израиль), работающего

со стволовыми клетками, сейчас для него наступают золотые времена благодаря интересу общественности к репродуктивным технологиям.

#### Этическая дилемма

Даже если все описанные инновации в области репродукции не приведут к созданию полноценного дитя человеческого, эксперименты с «изготовлением» яйцеклеток и спермиев не прекратятся ввиду их научной и медицинской ценности. Речь идет о борьбе с бесплодием, исследовании самых ранних этапов развития человека, выяснении влияния токсинов на наследственность и о многом

**Инновационные репродуктивные методы помогут спасти виды живых существ, находящиеся на грани исчезновения, таких, например, как белые носороги. Исследования, связанные с белым носорогом, вызывают большой интерес и одобрение общественности, однако настроение радикально изменяется, когда речь заходит о человеке — одни проявляют скептицизм, других такие попытки путают**



другом. «Это сродни великим географическим открытиям», — говорит Пиктон. Так, научившись идентифицировать качественные яйцеклетки и спермии, мы сможем достичь большего прогресса в IVF. А разработав способ получения гамет, сделаем первый шаг к выявлению того момента во внутриклеточных процессах, когда произошел сбой, приведший впоследствии к тем или иным болезням, врожденным дефектам или гибели клеток.

Эксперименты с получением яйцеклеток и спермиев из клеток кожи или крови помогут разобраться также в относительно недавно обнаруженном феномене — эпигенетическом наследовании. Поняв с самого начала до конца, как образуются спермии и яйцеклетки, мы сможем устранять метильные группы или другие эпигенетические метки, приводящие к нежелательным последствиям. Сейчас на повестке дня стоит вопрос, каким образом некоторые приобретенные признаки передаются через поколения. Исследование, проведенное в 2016 г., показало, что эпигенетические изменения в генах, связанных с регуляцией выработки гормонов стресса, обнаруживаются у потомков людей, переживших холокост, при том что эти потомки родились спустя многие годы после трагических событий. Сами эти гены не изменились, изменилось их поведение. По мнению Сурани, объяснить этот феномен, а также пролить свет на причины старения позволят опыты по созданию спермиев и яйцеклеток из стволовых клеток.

В настоящее время Сурани занимается выяснением того, что происходит с митохондриями в процессе получения яйцеклеток. При репродукции эти «энергетические фабрики» клеток претерпевают некую селекцию, так что потомок получает только материнскую митохондриальную ДНК. Процесс коррекции митохондрий изучен недостаточно хорошо, но Сурани надеется, что исследование механизма устранения ошибок в клетках зародышевой линии позволит многое узнать о нарушениях «энергоснабжения» клеток и связанных с этим заболеваниях. «Со временем мы соберем достаточное количество информации, чтобы использовать ее для поддержания здоровья человеческой популяции», — заявляет он.

Хаяши считает, что инновационные репродуктивные методы помогут спасти виды живых существ, находящихся на грани исчезновения. Сам он пытается воспроизвести свои эксперименты на мышах на клетках одного из таких животных — белого носорога. Успехи пока невелики, и дело не только в различиях репродуктивных процессов у этих двух видов, но и в том, что результатов приходится ждать гораздо дольше. У мышей беременность длится 20 дней, а у носорогов — более 16 месяцев.

Исследования Хаяши, связанные с белым носорогом, вызывают большой интерес и одобрение

общественности, однако настроение радикально изменяется, когда речь заходит о человеке: «Одни проявляют скептицизм, других такие попытки пугают», — говорит он. Эти настроения вполне объяснимы. Хаяши осознает, что прежде чем удастся трансформировать человеческие клетки в жизнеспособные яйцеклетки или спермии, будет безрезультатно израсходовано огромное количество клеток зародышевой линии человека. Но даже жизнеспособные гаметы могут дать начало дефектному эмбриону.

Рейхо Пера считает, что этические соображения не должны сдерживать развитие инновационных методов репродукции, поскольку их предназначение — поддерживать прогресс в этой области. Например, излечившиеся онкологические больные часто бывают бесплодными, и единственный способ для них стать отцом или матерью — прибегнуть к таким инновациям.

Остается нерешенной масса вопросов по поводу того, что считать безопасным и кто это будет решать. Когда появились другие вызывающие споры технологии, например IVF и система редактирования генов CRISPR, многочисленные дискуссии с участием их разработчиков, специалистов по этике и представителей общественности позволили сформулировать четкие рекомендации по их применению. Скорее всего нечто подобное произойдет и в отношении гаметогенеза *in vitro*. И такие дискуссии должны стартовать задолго до того, как начнется применение этих технологий в медицине. «Чтобы не быть застигнутым врасплох, общество должно выработать консенсус по поводу этичности гаметогенеза *in vitro* и быть готовым отстаивать свою позицию, — пишут Дэли с коллегами в статье, опубликованной в январе 2017 г. — При той головокружительной скорости, с которой развиваются наука и медицина, репродуктивная и регенерационная технологии могут преподнести нам множество сюрпризов».

Перевод: Н.Н. Шафрановская

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Хениг Р. Дитя из ящика Пандоры // ВМН, № 9, 2003.
- Derivation of Oocytes from Mouse Embryonic Stem Cells. Karin Hübner et al. in Science, Vol. 300, pages 1251–1256; May 23, 2003.
- Offspring from Oocytes Derived from In Vitro Primordial Germ Cell-Like Cells in Mice. Katsuhiko Hayashi et al. in Science, Vol. 338, pages 971–975; November 16, 2012. Reconstitution In Vitro of the Entire Cycle of the Mouse Female Germ Line. Orié Hikabe et al. in Nature, Vol. 539, pages 299–303; November 10, 2016.

ИСТОРИЯ НАУКИ

# ОПАСНАЯ МЕДИЦИНА

Вплоть до середины XIX в. операции были очень опасны и болезненны для пациентов. И только тогда два хирурга преобразовали это древнее кровавое ремесло с помощью науки

*Линдси Фицхаррис*



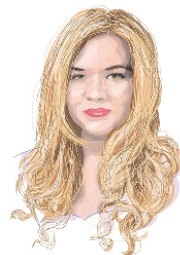




На картине художника Томаса Икинса «Клиника доктора Агню», написанной в 1889 г., показан операционный театр после того, как в хирургии начали использовать анестезию

**ОБ АВТОРЕ:**

**Линдси Фицхаррис** (Lindsey Fitzharris) — автор книги «Кровавое ремесло» (*The Butchering Art*). Она занимается историей медицины и создала веб-сайт и серию видео, где рассказывает о малоизвестных эпизодах в истории медицины. Ее статьи публикуются в разных изданиях, в том числе в журналах *Lancet* и *New Scientist*.



**З**а несколько дней до Рождества 1846 г. опытный хирург Роберт Листон (Robert Liston) стоял перед собравшимися в новом операционном театре Университетского колледжа Лондона. В руках он держал банку с прозрачной жидкостью — эфиром. Предполагалось, что благодаря ему больше не нужно будет торопиться при операциях. Если заверения американцев соответствуют действительности, это навсегда изменит хирургию. Но Листон не мог не задумываться, что эфир может оказаться просто еще одним шарлатанским снадобьем, бесполезным для хирургии.

В воздухе повисло сильное напряжение. Всего за 15 минут до того, как Листон зашел в операционный театр, его коллега Уильям Сквайр (William Squire) обратился к толпе зрителей, сказав, что нужен доброволец, чтобы опробовать методику. Комната наполнилась беспокойным гулом. В руках у Сквайра был похожий на арабский кальян аппарат, сделанный из стекла, с резиновой трубкой и воронкообразной маской. Это устройство изготовил дядя Сквайра Питер, который работал фармацевтом в Лондоне. А стоматолог Джеймс Робинсон всего двумя днями ранее уже использовал этот аппарат при выдирании зуба. Устройство выглядело необычно. Добровольцев протестировать аппарат не нашлось.

Рассердившись, Сквайр решил в итоге проверить устройство на Шелдрейке — привратнике операционного театра. Это был неудачный выбор, поскольку, как писал бывший хирург Гарольд Эллис, привратник был «толст, страдал от полнокровия и печень его, без сомнения, была хорошо знакома с алкоголем». Сквайр осторожно поместил маску

на мясистое лицо мужчины. Глубоко вдохнув эфир несколько раз, привратник, как сообщается, спрыгнул со стола и выбежал из комнаты, громко браня хирургов и зрителей.

Больше не могло быть никаких проверок. Пришло время действовать.

**Конец мучениям**

После полудня на носилках доставили Фредерика Черчилля — дворецкого с Харли-стрит, которому было 36 лет. Молодой человек страдал от хронического остеомиелита голени — бактериальной инфекции кости, из-за которой его правое колено раздулось и сильно изогнулось. Первую операцию ему сделали три года назад, тогда вскрыли воспаленную область и, как описывалось в 1915 г. в *American Journal of Surgery*, было удалено «несколько слоистых фрагментов неправильной формы» размером от горошины до крупного боба. 23 ноября 1846 г. Черчилль вернулся в больницу. Через несколько дней Листон сделал надрез и исследовал колено. Немытыми руками он нащупал

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

- До середины XIX в. хирургия почти всегда означала мучения для пациента.
- Когда для общей анестезии начали использовать эфир, количество хирургических операций увеличилось, но при этом возросло число осложнений и повысилась вероятность инфицирования.
- Джозеф Листер наблюдал рождение безболезненной хирургии, когда был молодым студентом-медиком, и стал искать способ снизить риск послеоперационных осложнений для пациентов.



кость, чтобы убедиться, что она цела. Он распорядился промыть разрез теплой водой, перебинтовать и оставить пациента отдыхать. Однако в следующие несколько дней состояние Черчилля ухудшилось. Вскоре у него появилась острая боль, охватывающая ногу от бедра до пальцев. Это повторилось и через три недели, и тогда Листон решил, что от ноги надо избавляться.

Черчилля внесли в операционную на носилках и положили на деревянный стол. Двое помощников стояли рядом на случай, если эфир не подействует и им придется держать охваченного ужасом пациента, пока Листон будет ампутировать конечность. По сигналу Листона Сквайр вышел вперед и поместил маску на рот Черчиллю. Через несколько минут пациент потерял сознание. Тогда Сквайр положил пропитанный эфиром платок на лицо Черчилля, чтобы тот не проснулся во время операции. Сквайр кивнул Листону и сказал: «Я думаю, он готов, сэр».

Листон раскрыл длинный чехол и достал прямой ампутационный нож собственного изобретения. Зритель, присутствовавший в аудитории в тот день, отметил, что это, по-видимому, был любимый инструмент хирурга: на ручке ножа были маленькие насечки, показывающие, сколько раз его использовали. Листон провел ногтем большого пальца по лезвию, чтобы проверить остроту. Удовлетворенный результатом, он велел своему ассистенту Уильяму Каджу (William Cadge): «Фиксируй артерию», а затем повернулся к публике.

«А сейчас, господа, засекайте время!» — воскликнул Листон. Раздались щелчки: это зрители вынимали карманные часы из жилетов и открывали крышки.

Листон повернулся обратно к пациенту и взялся левой рукой за бедро мужчины. Одним быстрым движением он сделал глубокий надрез вокруг правого колена. Один из его ассистентов сразу же затянул жгут вокруг ноги, чтобы остановить поток крови, в то время как Листон засунул пальцы вверх под лоскут кожи, чтобы отогнуть его. Хирург сделал еще серию быстрых движений ножом, обнажая бедренную кость. Затем он остановился.

Многие хирурги, увидев открытую кость, ощущали ужас от того, что ее надо пилить. В начале XIX в. Чарлз Белл (Charles Bell) предупредил студентов, что пилить надо быстро и решительно. Даже опытные хирурги могут утратить

спокойствие, когда надо отрезать конечность. В 1823 г. Томас Алкок (Thomas Alcock) заявлял, что человечество «содрогается от мысли, что люди, не умеющие пользоваться никакими инструментами кроме повседневных ножа и вилки, будут грешными руками оперировать своих страдающих собратьев». Он упоминал жуткую историю про хирурга, у которого пилу заклинило в кости так, что она не сдвигалась с места. Его современник Уильям Гибсон (William Gibson) рекомендовал новичкам практиковаться на куске дерева, чтобы избежать таких кошмарных ситуаций.

## **На протяжении тысячелетий угроза заражения ограничивала возможности хирургического вмешательства. Например, операции в брюшной полости из-за инфекции почти всегда приводили к смерти. Как правило, лечением внутренних органов занимались терапевты, отсюда и возник до сих пор существующий термин «внутренняя медицина»**

Листон отдал нож одному из помощников, а тот, в свою очередь, передал ему пилу. Ассистент обработал мышцы, которые затем будут использованы для формирования культы. Великий хирург сделал полдюжины движений, и конечность упала в руки второго ассистента, который сразу же бросил ее в ящик с опилками, стоящий около операционного стола.

Тем временем первый ассистент на мгновение ослабил жгут, чтобы выявить те артерии и вены, которые надо перевязать. При ампутации по середине бедра обычно нужно пережать 11 сосудов. Листон двойным узлом перекрыл главную артерию, а затем переключил внимание на более мелкие сосуды, приподнимая их один за другим с помощью крючка-расширителя. Его помощник снова ослабил жгут, и Листон сшил оставшуюся плоть.

Листону понадобилось 28 секунд, чтобы удалить Черчиллю ногу, и за это время пациент не дернулся и не закричал. Говорят, что пораженные зрители очень развеселились, когда через несколько минут мужчина очнулся и спросил, скоро ли начнется операция, а ему в ответ показали на культю. Воодушевленный значимостью момента, светясь от восхищения, Листон объявил: «Джентльмены, эта американская хитрость будет получше любого гипноза!»

Два дня спустя хирург Джеймс Миллер (James Miller) зачитал своим студентам-медикам в Эдинбурге срочное письмо от Листона, где «в восторженных выражениях сообщалось об озарении, произошедшем в хирургии». В первые месяцы 1847 г. хирурги и любопытствующие знатные особы шли в операционные театры, чтобы посмотреть на чудо, которое творит эфир. Все, начиная с сэра Чарлза Джеймса Нейпира, завоевателя Синда, юг современного Пакистана, и заканчивая князем Жеромом Бонапартом, младшим братом Наполеона I, приходили, чтобы своими глазами взглянуть на действие эфира.

Был придуман термин «эфиризация», и об использовании эфира в хирургии писали в газетах по все стране. Новости о его возможностях распространялись. «В истории медицины нет другого события, которое имело бы такой же успех, как использование эфира», — провозгласила газета *Exeter Flying Post*. Достижение Листона восхвалялось и в лондонском *People's Journal*: «О, какое же наслаждение для всех чувствительных сердец <...> сообщение об этом выдающемся открытии, о возможности заглушить боль, не видеть и не помнить все ужасы операции <...>. МЫ ПОБЕДИЛИ БОЛЬ».

### Невидимый враг

В тот день, когда состоялся триумф Листона, в операционном театре в задних рядах тихо сидел молодой человек Джозеф Листер (Joseph Lister). Пораженный и очарованный увиденным, этот начинающий студент-медик, идя по Говер-стрит после операции, понял, что его будущая профессия теперь навсегда изменилась. Больше никогда ни он, ни его однокурсники не должны будут наблюдать «ужасную и мучительную сцену», которую описывал Уильям Уайлд (William Wilde), студент-хирург, вынужденный присутствовать при удалении пациенту глаза без анестезии. У них не возникнет желания убежать, как убежал Джон Флинт Саут (John Flint South) каждый раз, когда крики разрезанных пациентов становились невыносимы.

Тем не менее, когда Листер пробирался сквозь толпу людей, которые пожимали друг другу руки и поздравляли друг друга с такой выдающейся победой в их профессии, он отчетливо понимал, что боль — это лишь одно из нескольких препятствий успешной операции.

Он знал, что на протяжении тысячелетий угроза заражения ограничивала возможности хирургического вмешательства. Например, операции в брюшной полости из-за инфекции почти всегда приводили к смерти. Грудная клетка тоже оставалась недоступной. Как правило, лечением внутренних органов занимались терапевты, отсюда и возник до сих пор существующий термин «внутренняя медицина». А хирурги лечили периферические заболевания: раны, переломы, кожные

язвы, ожоги. Только при ампутации нож хирурга проникал глубоко в тело. Не умереть во время операции — это одно. Полностью выздороветь без каких-либо осложнений — другое.

Как оказалось, в первые два десятилетия после того, как анестезия приобрела популярность, последствия хирургических операций стали тяжелее. Получив возможность оперировать, не причиняя боль, хирурги стали более самоуверенны, начали с большей готовностью хвататься за нож и увеличилось количество случаев послеоперационной инфекции и шока. Например, в Массачусетской больнице общего профиля смертность вследствие ампутации до появления эфирной анестезии была 19%, а после стала 23%. Из-за увеличения числа операций операционные стали грязнее, чем раньше. Хирурги все еще не понимали причин появления инфекции и оперировали многих пациентов одними и теми же невымытыми инструментами. Чем больше зрителей собиралось в операционном театре, тем меньше было шансов, что будут приняты хотя бы самые примитивные санитарные меры. Среди тех, кто попал под нож, многие либо умерли, либо до конца дней остались калеками. Проблема была всеобщей. Во всем мире пациенты начали бояться самого слова «больница», и даже наиболее умелые хирурги сомневались в своих способностях.

Наблюдая за триумфом Роберта Листона, Листер стал свидетелем устранения только первого из двух основных препятствий на пути к успешной хирургии. Теперь можно было оперировать без боли. Вдохновленный увиденным во второй половине дня 21 декабря, Джозеф Листер, тем не менее, глубоко понимал суть проблемы и помнил об опасности, по-прежнему мешающей его делу. И вскоре он посвятит свою жизнь выяснению причин и сущности постоперационных инфекций и поиску решения этой проблемы. Так в день триумфа одного из великих хирургов зарождалась уже следующая революция в медицине. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Historical Development of Modern Anesthesia. Daniel H. Robinson and Alexander H. Toledo in *Journal of Investigative Surgery*, Vol. 25, No. 3, pages 141–149; 2012.
- Mangling the Dead: Dissection, Past and Present. Lindsey Fitzharris in *Lancet*, Vol. 381, pages 108–109; January 12, 2013.
- Joseph Lister and the Performance of Antiseptic Surgery. Michael Worboys in *Notes and Records*, Vol. 67, No. 3, pages 199–209; September 20, 2013.





ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

**Научная Россия**

<http://scientificrussia.ru>





ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

КЛИМАТ В АРКТИКЕ БЪЕТ РЕКОРД ЗА РЕКОРДОМ,

# ВЕЛИКОЕ

A large, jagged icebergs floats in the middle of the sea. The sky is a mix of orange, pink, and light blue, suggesting a sunset or sunrise. The water is dark blue with many smaller icebergs scattered across the surface. The overall scene is serene but also evokes a sense of environmental concern.

**Айсберги**, образованные в результате отрыва от быстро движущегося гренландского ледника Якобсхавн, проплывают мимо городка Илуиссата в лучах полярного солнца



ВЫБИВАЯ ИЗ ОБЫЧНОГО РЕЖИМА ПОГОДУ ПО ВСЕМУ МИРУ

*Дженнифер Фрэнсис*

# ТАЯНИЕ



**ОБ АВТОРЕ**

**Дженнифер Фрэнсис** (Jennifer A. Francis) — профессор Рутгерского университета, занимается научной работой на факультете морских и прибрежных исследований с 1994 г., специалист по арктическому климату и его влиянию на погоду в разных регионах мира.



**Д**

вадцать пять ученых, в том числе и я, раскрыли тайну явлений в Арктике в 2003 г. Национальный научный фонд США пригласил нас на выездное совещание в Биг-Скай, штат Монтана. До этой встречи каждый из нас был сосредоточен на своих уз-

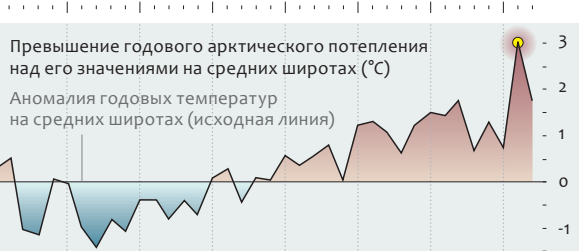
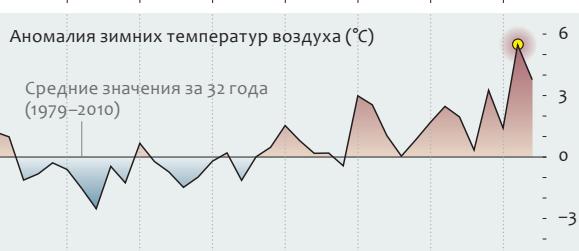
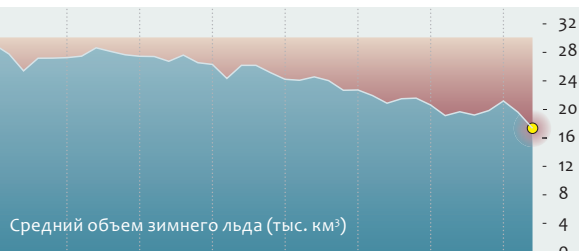
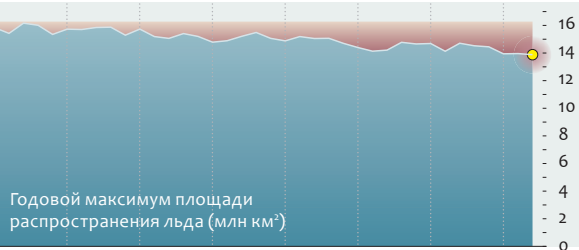
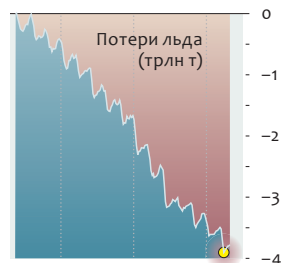
ких исследованиях в арктическом регионе. Когда мы обменялись взглядами, то пришли к единому мнению и потрясающим выводам: все изменения, которые мы обнаружили самостоятельно, были связаны. Они отлично складывались воедино. Вся арктическая экосистема клонится в сторону нового хрупкого состояния. И надежда остановить это движение представляется уже маловероятной.

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

- Климат в Арктике подвергается быстрым изменениям, за последние три года он побил по крайней мере десяток главных рекордов.
- Морские льды исчезают, температура воздуха стремительно растет, вечная мерзлота протаивает, а ледники растекаются.
- Быстрое потепление преобразовывает струйное течение и полярный вихрь, продлевая периоды аномальной жары, засухи, сильные морозы и ливневые дожди во всем мире.

**Потери льда в Гренландии**

Масса льда Гренландского щита резко сократилась с 2002 г., согласно данным измерений со спутников, начавшихся в том году для определения влияния ее на гравитационное поле Земли. Талые воды быстрее других источников способствуют подъему уровня океана.



PRECEDING PAGES: GETTY IMAGES; Graphic by Pitch Interactive

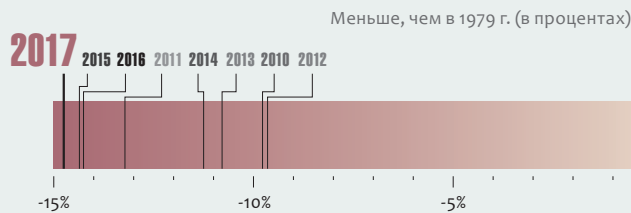


## Рекорды Арктики

В арктическом регионе идут радикальные изменения, и быстрые преобразования отрицательно скажутся на жизни миллиардов людей во всем мире. Только за последние три года на Севере были побиты многочисленные климатические рекорды, в отдельных случаях с ошеломляющим отрывом. Здесь представлены шесть важнейших примеров. Красными цифрами на графиках отмечены непревзойденные рекорды; значения

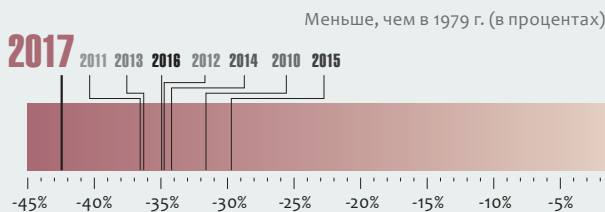
последних лет отражают тенденцию общего роста до этих максимумов. Каждое в отдельности воздействие изменяет окружающую среду и повседневную жизнь людей во всем регионе. Все воздействия вместе видоизменяют погоду в Северном полушарии, достигая высшей степени в формировании Арктической амплификации (последний график), усиливающей возможность установок экстремальных режимов круглый год.

Значение в 1979 г.



### Распространение морского льда зимой

Как только зима вступает в свои права, ледяной покров сковывает Северный Ледовитый океан. Но максимальное распространение льдов неизменно убывает, особенно в Баренцевом и Беринговом морях. Ввиду сокращения ледяного покрова открытые воды океана посылают больше тепла и влаги в атмосферу, значительно нарушая режим погоды в арктическом регионе.



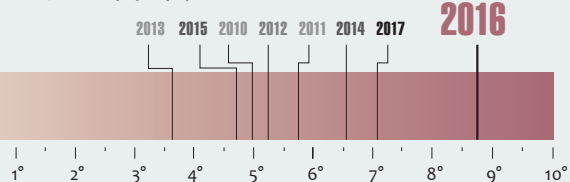
### Объем морского льда зимой

К 2017 г. количество морского льда, плавающего зимой в Северном Ледовитом океане, сократилось поразительно — на 42,5% с 1979 г. Ветер с большей легкостью гонит тонкий лед, закрывая выход кораблям и местному населению. Тонкий лед также быстрее тает в теплые месяцы; за указанное время на 80% уменьшились запасы летнего льда.

### Температуры воздуха зимой

В отдельные дни температура в Арктике может быть выше нормы на 20°C, и ныне такие превышения возрастают в течение зимы. В 2016 г. средняя зимняя температура была почти на 9°C выше, чем в 1979 г. Эта тенденция может способствовать ослаблению струйного течения, вызывая резкие внезапные похолодания и снегопады на территории США, Европы и Азии.

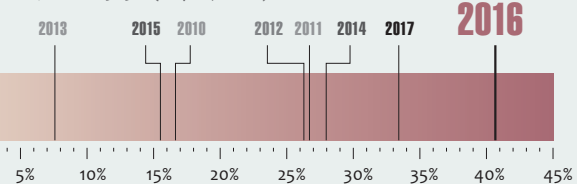
Теплее, чем в 1979 г. (°C)



### Водяные пары зимой

С уменьшением ледяного покрова открывшиеся участки океана дополнительно увлажняют атмосферу. Даже небольшое увеличение влажности имеет значительные, еще недооцененные последствия: водяной пар — главный парниковый газ, улавливающий тепло. Он также конденсируется, образуя облака, при этом освобождается скрытая теплота. Облачность может также усилить нагревание.

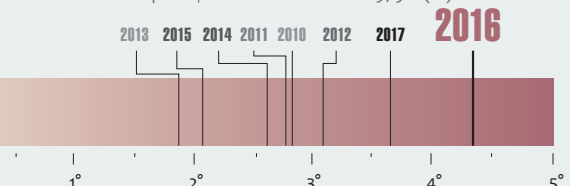
Выше, чем в 1979 г. (в процентах)



### Арктическая амплификация

В Арктике потепление происходит быстрее, чем в остальных регионах мира. Подобная амплификация означает, что средняя температура в Арктике приближается к среднему значению на средних широтах. Такое сужение различий температур сказывается на круглогодичном замедлении струйного течения, повышая вероятность возникновения в Северном полушарии более устойчивых аномальных погодных явлений: необычайной жары, наводнений, похолоданий и, возможно, даже более продолжительных ураганов.

Увеличение амплификации по отношению к 1979 г. (°C)



SOURCES: JPL GRACE, MASCON OCEAN, ICE, AND HYDROLOGY EQUIVALENT WATER HEIGHT R100m+1CRI FILTERED VERSION 2, D. N. WIESE, D.-N. YUAN, C. ROBINING, F. W. LANDERER AND M. M. WATKINS. POLDAAC, JPL, APRIL 29, 2016. DATA ACCESSSED FEBRUARY 14, 2018 (Greenland ice); JAPAN'S NATIONAL INSTITUTE OF POLAR RESEARCH AND JAXA, VIA ARCTIC DATA ARCHIVE SYSTEM (ice extent); PIOMAS; POLAR SCIENCE CENTER (ice volume); NCEP/NCAR REANALYSIS 1; PHYSICAL SCIENCES DIVISION, ESRL, NOAA (air temperature, water vapor anomaly and amplification data)

В опубликованном докладе прозвучал ошеломляющий, вызывающий полемику вывод: при современной скорости изменений существует реальная возможность того, что в течение столетия мир увидит летом Северный Ледовитый океан без ледяного покрова, — состояние, неизвестное тысячи лет. Сегодня я опасаясь, что океан может освободиться ото льда к лету 2040 г., то есть на целых 60 лет раньше, чем это предполагалось чуть более десяти лет назад.

Изменения в Арктике точно соответствуют заключению ученых: они будут происходить, и даже быстрее, чем прогнозировалось. Последние события вышли за рамки всех расчетов. Только за три года было побито более десятка климатических рекордов, каждый из которых ранее наблюдался только в пределах многих десятилетий, в том числе это относится к исчезновению в океане ледяного покрова летом и сокращению его зимой, нагреванию воздуха и таянию земли.

Эти тенденции свидетельствуют об угрозе человечеству. Около 125 тыс. лет назад, когда в Арктике отмечалось потепление меньше, чем сегодня, уровень моря поднимался на 4–6 м. И прощайте, Майами, Новый Орлеан, морская база в Норфолке, Виргиния, большая часть Нью-Йорка и Кремниевой долины, а также Венеция, Лондон и Шанхай. Новые научные исследования показывают, что общее потепление также оказывает влияние на струйное течение, при этом пагубные погодные условия могут задержаться над территорией Северной Америки, Центральной Европы и Азии дольше обычного, подвергая тем самым миллионы людей упорному действию аномальной жары, засухам или беспощадным бурям. Планктон разрастается по всей площади южной части Северного Ледовитого океана, что может нарушить пищевые цепи, на которых держится рыбное хозяйство. А таяние массивов льда чревато внушительным добавлением объема пресной воды к югу от Гренландии, что может ослабить Гольфстрим, который в свою очередь может значительно изменить погодные условия по обеим сторонам Атлантического океана. Что же вызывает эти опасные изменения?

### Потери многолетнего льда

Ученые пристально наблюдают за обменом энергией в арктической зоне, которая столь восприимчива к климатическим изменениям: она, как канарейка в угольной шахте, первая сигнализирует о нарушениях всей климатической системы. Длинный список потрясений, обрушившихся на мир в течение последних нескольких лет, не оставляет сомнений в том, что на повестке дня составление десятков моделей климатических нарушений. Следует сказать, что данные иногда говорят о более серьезных подвижках, а наши предсказания могут оказаться слишком осторожными.

Только за 40 лет площадь летнего распространения льдов в Северном Ледовитом океане сократилась наполовину. Да, наполовину. Объем морского льда также снижается круглый год, всего он уменьшился на четверть от значений начала 80-х гг. XX столетия. До недавнего времени ученые полагали, что такой экстремум будет достигнут лишь в середине нашего столетия.

Столь быстрое исчезновение летнего ледяного покрова объясняется ответной реакцией — замкнутым кругом, который может резко усилить небольшие изменения. Например, когда незначительное дополнительное количество тепла расплавляет яркий белый лед, то обнажается больше темной поверхности океана, которая отражает меньше солнечного света в космическое пространство. Поглощенное тепло продолжает нагревать контактную область, отчего тает больше льда и усиливается потепление. Зимой, когда солнце не светит, на смену приходят другие механизмы обратной связи. Так, например, морской плавучий лед в Северном Ледовитом океане ведет себя подобно изолирующему листу, предохраняющему от потерь в атмосферу тепла и влаги. Когда ледяные запасы идут на убыль, большее количество тепла и влаги может нагреть воздух, тормозя таким образом образование льда. На компьютерных моделях исчезновение льда обычно происходит слишком медленно, что способствует занижению оценки будущего потепления.

Потери морского льда — не единственная перемена, которая лишает сна ученых, в том числе и меня. Два других вида так называемого вечно-арктического льда также быстро деградируют.

Вечная мерзлота — грунт, который остается мерзлым круглый год, — начала оттаивать. Постройки, сделанные на многолетней мерзлоте, разрушаются, деревья здесь падают, дороги вспучиваются. Помимо внесения разрухи в повседневную жизнь местного населения оттаивающие грунты могут выделять в атмосферу большое количество теплоулавливающих газов. Когда органическое вещество, хранимое в вечной мерзлоте в течение тысяч лет, оттаивает, то бактерии разлагают его с выделением двуокиси углерода (в присутствии кислорода) или метана (без кислорода). В Арктике содержание углерода в вечной мерзлоте превышает его наличие сегодня в атмосфере в два раза, поэтому повсеместное таяние может значительно усилить глобальное потепление, что, в свою очередь, может даже ускорить процесс таяния. Сегодня компьютерные модели недостаточно точно отражают последствия таяния вечной мерзлоты, что вносит очередную солидную порцию недооценки глобального потепления в будущем.

Третий вид бывшего вечного льда Арктики — это запасы замороженной воды на суше. Сюда относятся ледники и огромный ледяной щит





**Талые воды** стекают с вершины разрушающегося ледникового щита на Шпицбергене (Свальбарде), Норвегия

Гренландии, достигающий в толщину более 1,5 км. Потери этого льда возымеют ужасные последствия по всему миру, так как в отличие от таяния морского льда сток в океан непосредственно поднимет уровень моря. Летом 2016 г. общая масса льда Гренландского щита опустилась до наименьшего значения за все время измерений со спутников, ведущихся с 2002 г. (расчеты были сделаны на основе данных исследования изменений земного притяжения). Полученные величины были также меньше всех тех, что были вычислены другими методами за период начиная с конца 1950-х гг. Последние исследования показывают, что ускорение таяния льда на поверхности Гренландии подстегивается процессами нагревания, связанными с истощением морского льда.

### Воздух все горячее и влажнее

Убытие морского льда и быстрое потепление в Арктике чреваты и другими серьезными последствиями. Соединение этих двух факторов может видоизменить ветры в верхних слоях тропосферы таким образом, что они принесут дополнительное тепло и влагу из южных широт к Северному полюсу. Так, в 2012 г. небывалое таяние на поверхности Гренландии произошло в результате установившегося в атмосфере чрезвычайно мощного гребня высокого давления, так называемого блокирующего антициклона. Он принес не только тепло и влагу с юга, но также и сажу от лесных пожаров, бушевавших в Северном полушарии. От этой сажи потемнели ледяные и снежные покровы (их альbedo, то есть отражательная способность, снизилось), и они стали поглощать больше солнечной радиации, ускоряя таяние, — а это еще один порочный круг.

Блокирующие антициклоны, огромные вихри в высотном струйном течении, в районе Гренландии

чаще наблюдались в последние десятилетия, особенно в летние месяцы, что, вероятно, объясняется, по крайней мере частично, тенденцией к повышению таяния. Потери массы льда летом 2016 г. были третьими в числе рекордных после 2010 и 2012 гг. Я и мои коллеги в нашей новой работе указываем, что появление все большего числа блокирующих циклонов скорее всего связано с глобальным потеплением. На компьютерных моделях ведутся поиски реального формирования и разрушения блокирующих структур, тем не менее трудно сказать, какое они будут оказывать действие в будущем.

Еще одно изменение в Арктике совершенно обескураживает. Во время последних двух зим невиданные аномально высокие температуры близ

Северного полюса сменились еще более сильными аномалиями. Убывающий и истонченный морской лед играет определенную роль в этом процессе, снижая барьеры для поступления тепла из океана в атмосферу. Аномальные колебания струйного течения в направлении «север — юг» повинны также в рекордных ударах тепла и влаги далеко на Севере. И ученые, и жители Заполярья часто не могут правильно оценить серьезных последствий поступления излишней влаги. Для начала отметим, что водяной пар — это парниковый газ, поэтому в сухом зимнем воздухе Арктики внесение небольшого количества влаги может привести к задержанию значительно большего количества тепла. Кроме того, когда эта влага конденсируется, образуя облака, освобождается скрытое тепло, продолжая нагревать воздух. И, наконец, чем больше облаков, тем больше тепла сохраняется под ними, то есть это еще один фактор катастрофического таяния.

### Одни крайности

Хотя нам многое еще надо узнать, но уже вполне очевидно, что в Арктике происходят изменения — с большой скоростью и самые драматические в истории человечества. Принимая во внимание эту голую правду, ученые, специалисты в области наук об атмосфере, пытаются определить последствия в жизни людей и экосистем во всем мире в результате изменений в Арктике, чтобы мировое сообщество смогло решить, как реагировать и подготовиться к будущему.

Очевидным доказательством глобального воздействия служит затопление прибрежных областей. По данным нового отчета Союза обеспокоенных ученых, около 170 прибрежных областей США будут страдать от постоянных затоплений на протяжении 20 лет. К концу столетия, если страны

продолжат эмиссию углекислого газа на современном уровне, большинство крупных прибрежных городов мира будут испытывать регулярные разрушительные затопления. Этот предсказывающий ужасы доклад был опубликован как раз за несколько недель до ударов, нанесенных ураганами Харви, Ирма и Мария, — самыми разрушительными и разорительными в США.

Все больше оснований полагать, что сильный подогрев нижних слоев атмосферы в Арктике может оказать влияние на высотные ветры в струйном течении и даже выше в стратосфере, на полярные вихревые потоки, что циркулируют над Арктикой. Изгибы струйного течения в северном и южном направлениях образуют центры высокого и низкого давления (на картах погоды обозначены как *H* и *L*). Эти изгибы определяют погоду в Северном полушарии. Но если чрезвычайно большие изгибы случаются чаще, то следует ожидать скачков аномальной погоды в районах, где проживают миллиарды людей. Все это потому, что крупные изгибы струйного течения имеют тенденцию продвигаться медленнее с запада на восток, при этом погодные условия, которые они создают, держатся дольше. Вспомним продолжительные периоды аномальной жары, непрерывные дожди и затяжные тропические ураганы, как Харви, который затопил Хьюстон в августе 2017 г., а также более напряженные пожароопасные периоды, как тот, что воцарился в Калифорнии в прошлом году.

Крупные волны струйного течения наряду с прочным арктическим потеплением могут нарушить полярный вихрь, продлив смертельно сильные морозы или пришествие снежных бурь, включая продолжительные суровые холода, как те, что захватили северную часть США в начале января этого года. Разрушение полярного вихря может также увековечить бурные колебания струйного течения, что приносят волны безумной жары на Аляску и далекий Север, создавая вдобавок еще один порочный круг, ускоряющий арктическое потепление. В некоторых исследованиях утверждается, что потепление в Арктике тесно связано с этими волновыми режимами, в других говорится, что доказательства этой связи все же малоубедительны. Исследования на эту злободневную тему идут полным ходом.

Быстрое потепление в Арктике, вероятнее всего, значительно изменит местообитания на суше и в море. Уже, как только стал отступать морской лед, цветение планктона появилось в последнее время на новых местах, привлекая из низких широт в арктические воды рыбу, которая вытеснила местные виды. Раннее весеннее таяние в высоких широтах заставило тундру позеленеть раньше, насекомых — расплодиться тоже раньше; а перелетные птицы, чьи условно-рефлекторные реакции связаны с продолжительностью светового дня,

могут прилететь на арктические просторы слишком поздно для кормежки. Северные народы также ощущают изменения: тающие льды не дают им охотиться на традиционных угодьях и даже вынуждают покидать поселения, которым угрожает береговая эрозия под действием высоких штормовых волн в тех местах, что находились ранее под прикрытием прибрежных ледников. В то же самое время сильные государства и большие компании устремляются на поиски вновь открывшихся природных ресурсов, ибо растет напряженность среди тех, кто может заявить права собственности на какую-либо часть обширных богатых просторов дна морского.

Открытие, которое сделали мои коллеги и я на выездном семинаре в Биг-Скай, каждый раз всплывает в моей памяти, когда очередной стойкий скачок непогоды наносит серьезный ущерб или побивается новый арктический рекорд. Сейчас мои соседи стали во всем разбираться. Опросы общественного мнения показывают, что большинство американцев считают, что потери арктического льда и струйное течение, быстро вошедшие в обиход термины, действуют сообща, чтобы создать причуды погоды. Прежние арктические условия, возможно, были жестоки, но они были устойчивы. Новая арктическая обстановка менее предсказуема и может привести к необратимым изменениям с резонансным эффектом на жизнь в мировом масштабе.

Можно ли все еще избежать этих последствий? И да и нет. Поскольку климатический ответ сильно отстает от увеличения концентрации парниковых газов, а время существования двуокиси углерода в атмосфере продолжительно, будущие изменения уже заложены в систему. Однако масштаб и темпы могут быть снижены, если мировое сообщество предпримет быстрые действия по замедлению эмиссии, а также будут разработаны способы извлечения углекислого газа из атмосферы в больших количествах. Прогресс на обоих фронтах ощутим, хотя, вероятно, слишком мал и слишком запоздал, чтобы сохранить арктическую природу и землю в знакомом нам виде. Надо быть готовыми к неожиданным переменам. ■

**Перевод: В.И. Сидорова**

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Матерс Д. Струйное течение становится фатальным // ВМН, № 2, 2015.
- Arctic Matters: The Global Connection to Changes in the Arctic. National Research Council. National Academies Press, 2015.
- Amplified Arctic Warming and Mid-latitude Weather: New Perspectives on Emerging Connections. Jennifer A. Francis, Stephen J. Vavrus and Judah Cohen in WIREs Climate Change, Vol. 8, No. 5, Article. No. e474; September/October 2017.



# Призрачный Северо-Западный морской путь

Маршрут через Арктику может оставаться ненадежным еще десятилетия

Кэти Пик

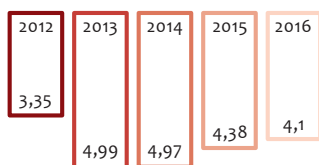
В результате глобального потепления арктические льды отступают все дальше и дальше, отчего легендарный Северо-Западный проход становится все более привлекательным. Этот маршрут, проходящий по проливам между островами Канадского Арктического архипелага, мог бы почти на 5 тыс. км сократить путь из Нью-Йорка в Шанхай, проходящий через Панамский канал. К сожалению, поведение многолетних льдов настолько непредсказуемо, что путешествие среди них остается предприятием весьма рискованным и дорогостоящим. Исследователи Арктики полагают, что регулярное морское сообщение по этому маршруту удастся установить лишь спустя много лет.

## От океана до океана Два исторических перехода

- Nunavik (2014)
- Crystal Serenity (2016)

Каждое лето начиная с 2007 г. по Северо-Западному морскому пути проходят около 30 судов (зимой проливы скованы льдом). В 2014 г. канадское грузовое судно *Nunavik* первым одолело этот маршрут без сопровождения ледокола. Летом прошлого года французский *Crystal Serenity* стал первым крупным круизным лайнером, совершившим это путешествие.

## Год за годом Площадь арктических льдов в сентябре (годовой минимум, млн кв. км)



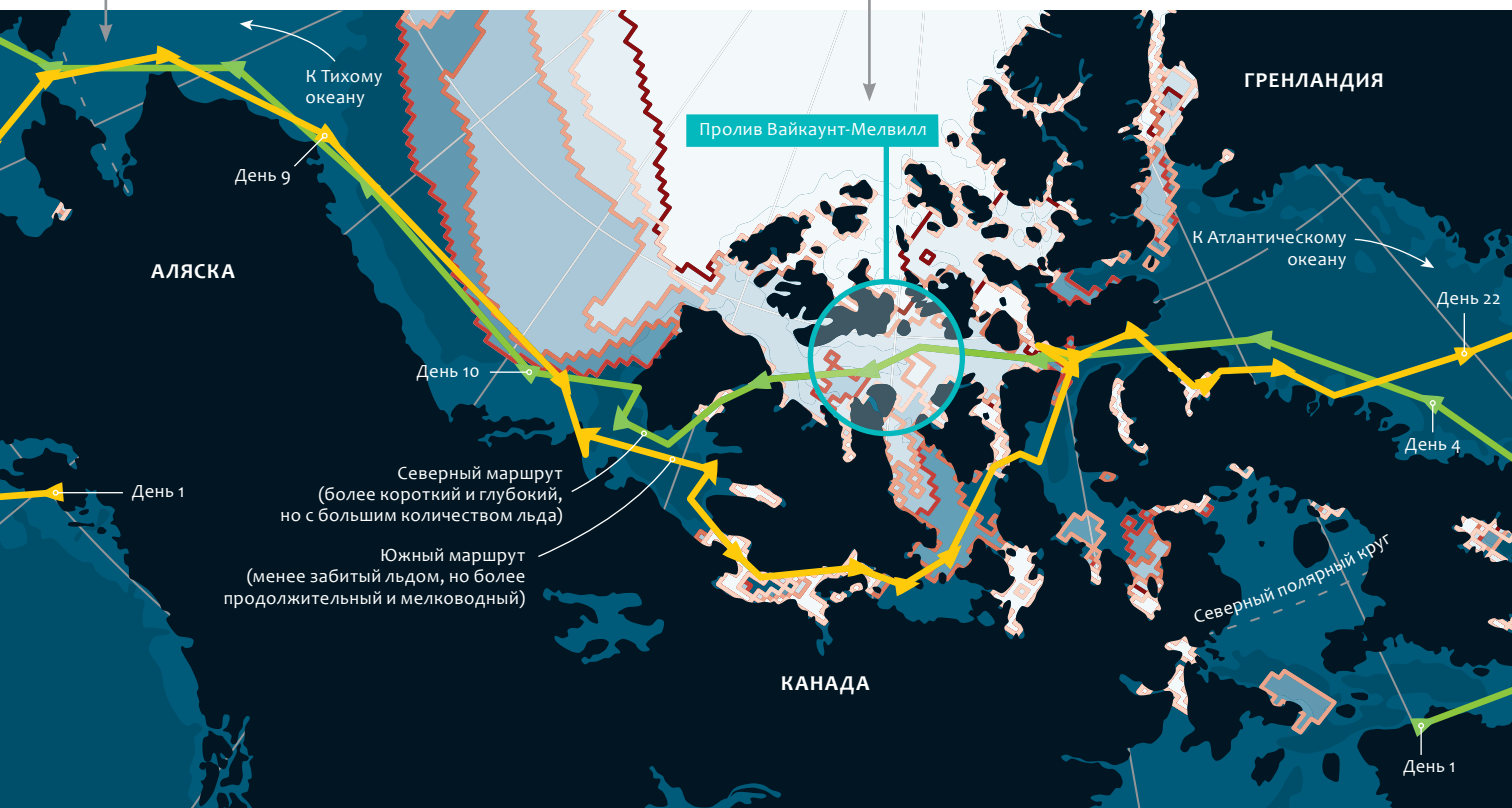
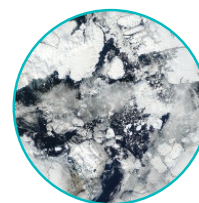
Площадь арктического ледового покрова ежегодно меняется. В 2012 и 2016 гг. открытой воды на протяжении маршрута было достаточно много в отличие от 2013 и 2014 гг. когда проходу судов мешали многочисленные льдины. Такое непостоянство не позволяет строить долгосрочные планы по судоходству.

## Неделя за неделей

Паковый лед старый и твердый, поэтому даже корабли с упрочненной обшивкой корпуса стараются обходить его стороной. Если такие льды дрейфуют в узких проливах, таких как Вайкаунт-Мелвилл, иногда приходится ждать несколько суток, пока путь не освободится. Поскольку навигационные карты не охватывают этот регион целиком, корабли не могут изменить курс на ходу и вынуждены томиться в ожидании.

27 августа 2016 г.

11 сентября 2016 г.



COURTESY OF NASA WORLDVIEW (satellite images); SOURCES: U.S. NATIONAL SNOW AND ICE DATA CENTER (annual ice extent); CANADIAN ICE SERVICE (Viscount Melville Sound); NUNAVIK (Nunavik); CRYSTAL SERENITY (Crystal Serenity); GRAPHIC BY KATIE PECK

Перевод: С.Э. Шафрановский



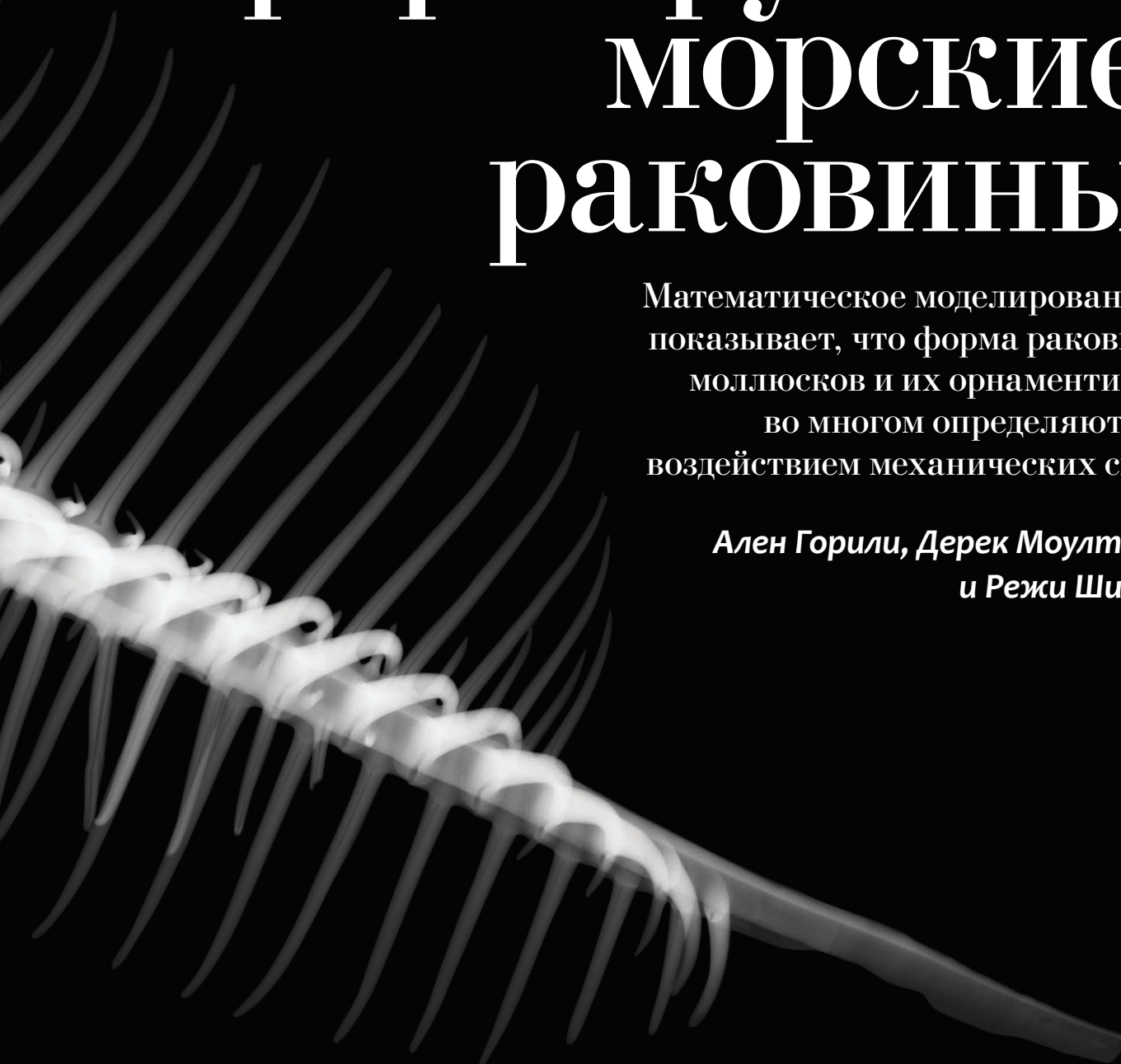


БИОМОДЕЛИРОВАНИЕ

# Как формируются морские раковины

Математическое моделирование  
показывает, что форма раковин  
моллюсков и их орнамента  
во многом определяются  
воздействием механических сил

*Ален Горили, Дерек Моултон  
и Режи Шира*



## ОБ АВТОРАХ

**Ален Горили** (Alain Goriely) — профессор математического моделирования Оксфордского университета.

**Дерек Моултон** (Derek E. Moulton) — адъюнкт-профессор математической биологии Оксфордского университета.

**Режи Шира** (Régis Chirat) — палеонтолог, изучает ископаемых моллюсков в Лионском университете.



# М

оллюски — замечательные зодчие. Они сами сооружают свои жилища, надежно защищающие их мягкие тельца от хищников и разгула стихий, — раковины, отличающиеся невероятной прочностью, долговечностью и красотой. Многие из этих конструкций обладают эффектной и замысловатой формой логарифмической спирали и украшены шипами и прочими декоративными элементами, выполненными с почти идеальной математической точностью. Но, разумеется, о математике моллюски никакого представления не имеют. Каким же образом этим существам с более чем скромными интеллектуальными способностями удается создавать с такой точностью причудливые геометрические узоры?

Уже более века ученым известно, что клетки, ткани и органы живых существ вынуждены реагировать на воздействие тех же самых физических сил, что и другие формы материи. Но на протяжении большей части XX в. внимание биологов сосредоточено на выяснении процессов, благодаря которым гены управляют формированием биологических паттернов, и изучении функционирования этих паттернов. Лишь в последние десятилетия исследователи занялись математическим моделированием биологических процессов, основанных на законах физики. Работе в этой области науки несколько последних лет посвятили и мы. Наши исследования проливают свет на некоторые процессы, благодаря которым раковины моллюсков обретают свои причудливые формы.

С помощью методов дифференциальной геометрии — математической дисциплины, изучающей кривые и поверхности, — мы установили, что замысловатая форма раковин возникает в результате реализации нескольких простых принципов, которые моллюски неукоснительно выполняют при сооружении своих домиков. Эти принципы взаимодействуют с механическими силами, действующими во время роста раковины, что и порождает мириады вариантов их формы и орнаментировки. Наши данные, например, позволяют объяснить происхождение таких украшений раковин, как шипы и бугорки, которые в процессе эволюции независимо появились у многочисленных линий брюхоногих — крупнейшей группы моллюсков. Для выработки одинаковых признаков

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

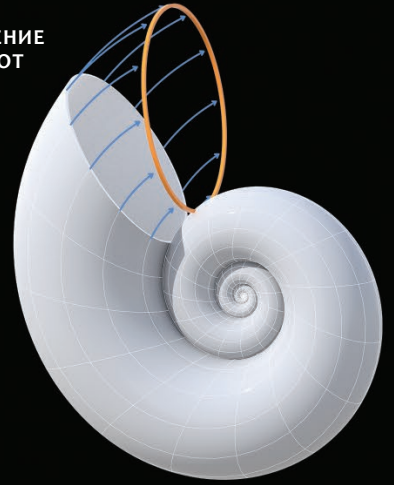
- Моллюски сооружают свои замысловатые раковины с математической точностью.
- С помощью математического моделирования было обнаружено, что для создания таких сложных конструкций моллюскам нужно выполнять лишь несколько простых правил.
- Полученные данные позволяют ответить на многие важные вопросы, связанные с эволюцией этих животных.



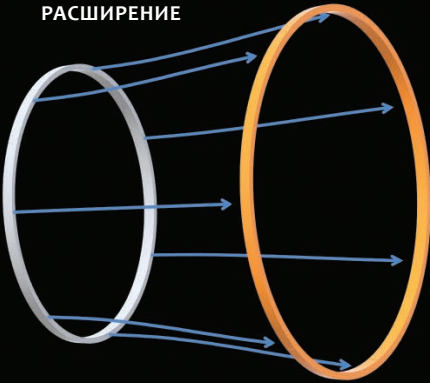
# Спирали

При сооружении раковин моллюски соблюдают лишь несколько простых принципов. Во-первых, во время каждого последующего эпизода секреции их мантия выделяет немного больше строительного материала, чем во время предыдущего; это обеспечивает постепенное расширение устья раковины. Во-вторых, мантия выделяет немного больше строительного материала с одной стороны устья, что обеспечивает его постепенный поворот. И в-третьих, мантия меняет точки секреции строительного материала, что обеспечивает закручивание раковины. Различное сочетание этих принципов и порождает огромное разнообразие спиральных форм.

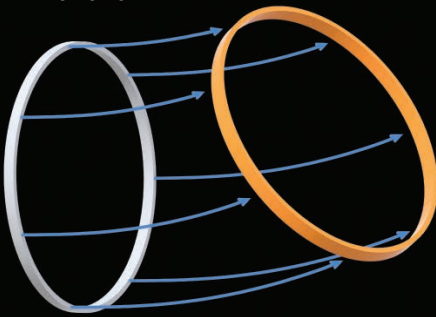
РАСШИРЕНИЕ  
И ПОВОРОТ  
*Nautilus*



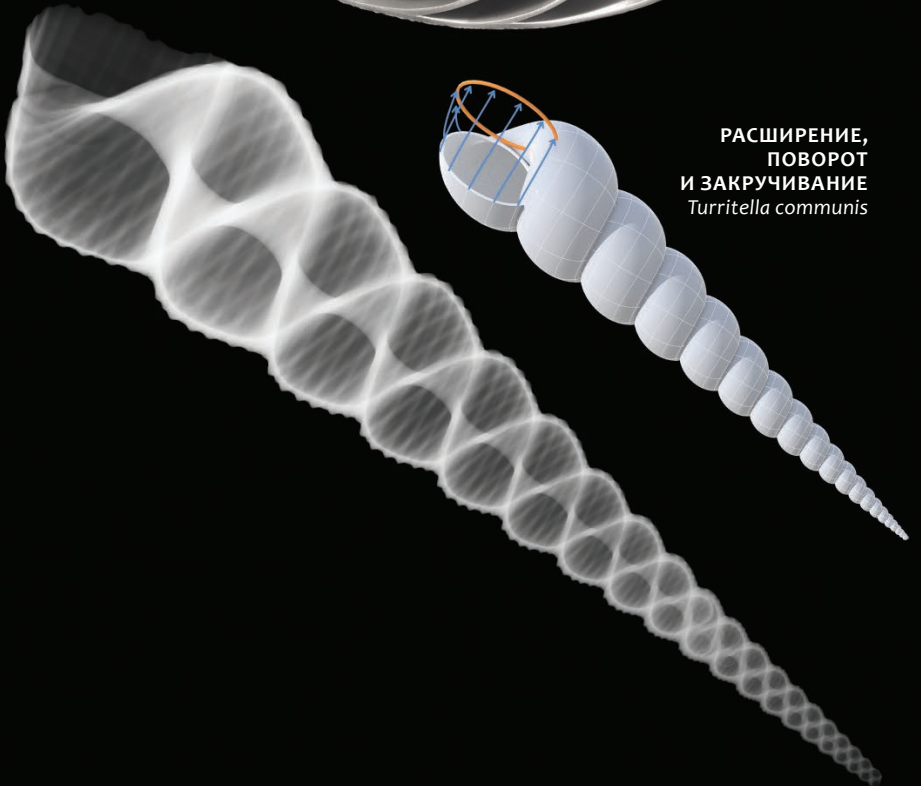
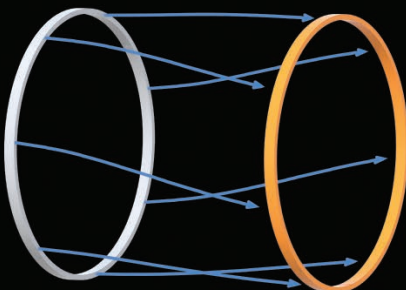
РАСШИРЕНИЕ



ПОВОРОТ



ЗАКРУЧИВАНИЕ

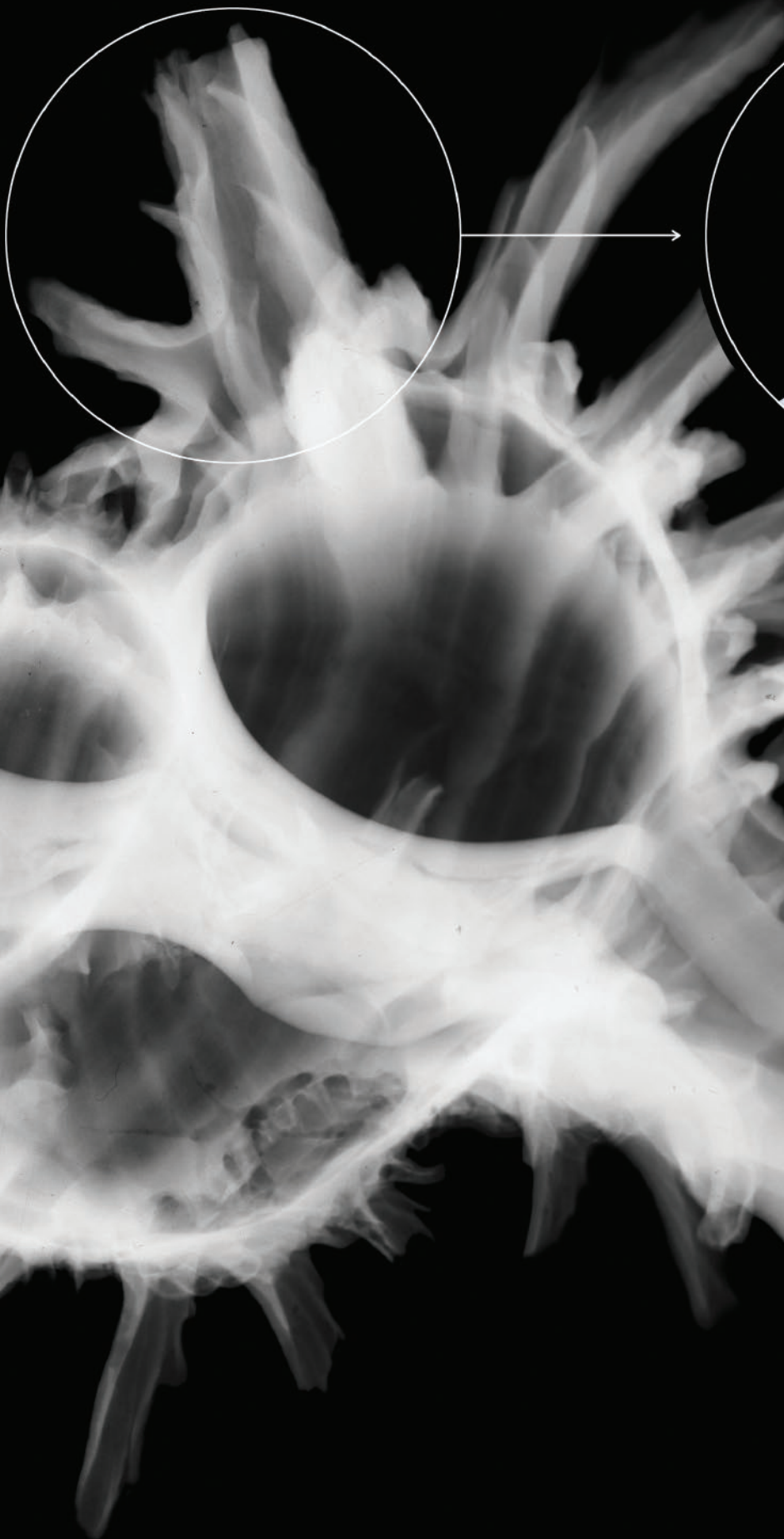


РАСШИРЕНИЕ,  
ПОВОРОТ  
И ЗАКРУЧИВАНИЕ  
*Turritella communis*

## Шипы

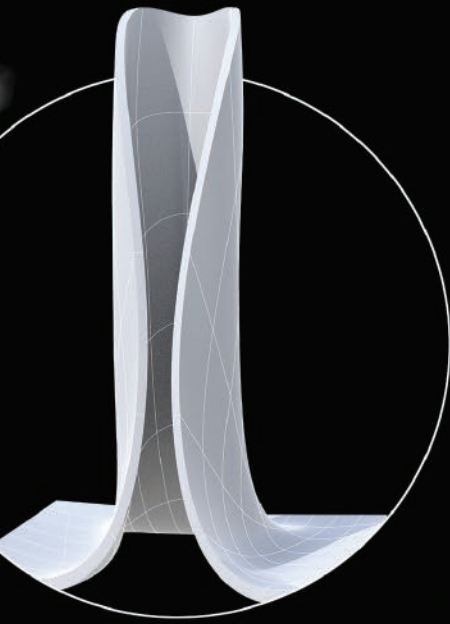
Орган, ответственный за секрецию строительного материала для раковины, называется мантией. Шипы формируются с регулярными интервалами в периоды интенсивного роста мантии — ростовых спуртов. В это время мантия развивается настолько быстро, что ее длина начинает превышать размеры устья раковины. Это несоответствие заставляет мантию немного деформироваться, что приводит и к легкой деформации секретируемого ею материала. Во время следующего ростового спурта мантия вновь начинает превосходить размерами устье раковины, что приводит к усугублению дефекта.

*Bolinus brandaris*





Область прикрепления мантии к раковине (так называемая генеративная зона) заполнена секретированным, но еще не затвердевшим строительным материалом. Деформация мантии вызывает деформацию генеративной зоны. Новый материал, секретлируемый мантией, также принимает искаженную форму и, намертво затвердевая в раковине, оказывает соответствующее влияние на ее последующий рост.



Край раковины

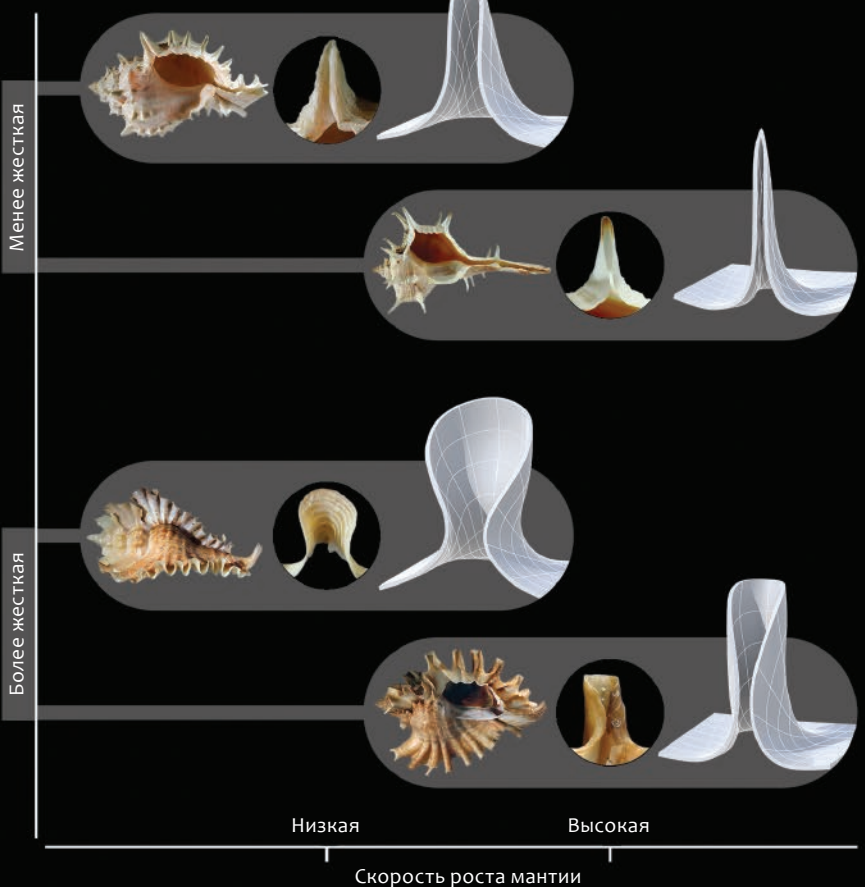
Край мантии

Край мантии

Генеративная зона

Увеличение дефекта со временем

Форма шипов зависит главным образом от темпов ростового спурта мантии и ее жесткости



этим существам не нужно было претерпевать сходные генетические изменения: большую часть этой работы выполнили законы физики.

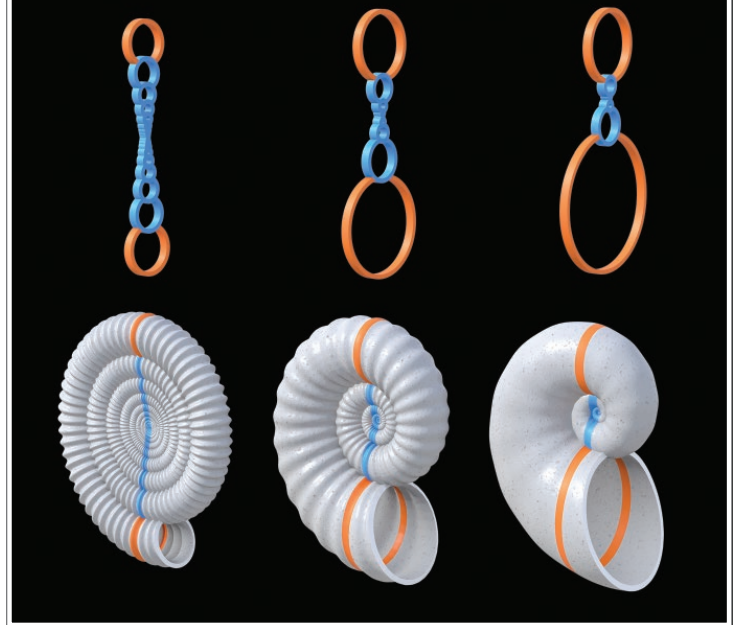
### Принципы строительства

За образование раковины ответственна мантия. Эта тонкая кожная складка, покрывающая тело моллюсков, выделяет на нарастающем крае раковины, в области ее отверстия (устья), слой вещества, богатого карбонатом кальция. Для формирования характерной для брюхоногих моллюсков (улиток) закрученной в спираль раковины мантия должна соблюдать во время этой работы лишь три основных правила. Во-первых, во время каждого последующего «сеанса» секреции она должна выделять немного больше строительного материала, чем во время предыдущего; это обеспечивает постепенное расширение устья раковины, а также приобретение ею конусовидной формы. Во-вторых, мантия должна выделять немного больше строительного материала с одной стороны устья, что обеспечивает его постепенный поворот. Третий принцип состоит в повороте моллюском точек секреции строительного материала, что обеспечивает закручивание раковины. Выполнение первых двух операций, обуславливающих расширение и поворот устья, приводит к формированию так называемой планоспиральной (плоскоспиральной) раковины; такая раковина, разделенная внутри на множество камер, характерна, например, для наутилусов. В результате третьей операции образуется так называемая геликоспиральная раковина, обороты которой находятся в разных плоскостях.

Некоторые моллюски, окружив себя элегантным и гладким снаружи жилищем, на том и успокаиваются. Другим брюхоногим, напротив, нравятся дома с замысловатым декором. Чтобы понять, как образуются шипы, бугорки, гребни и прочие украшения раковин, нужно изучить силы, возникающие во время ее роста. Область прикрепления мантии к раковине (так называемая генеративная зона) заполнена секретированным, но еще не кальцифицированным (не затвердевшим) строительным материалом. Именно в этой области взаимодействия между мантией и раковиной и начинают формироваться ее структурные признаки. Любое несоответствие между мантией и устьем раковины чревато физическим стрессом для мантийной ткани. Если мантия слишком мала, для прикрепления к устью ей приходится растянуться. Если мантия слишком большая, ей, напротив, приходится сжаться. И если вследствие

## Ребра

Раковины аммонитов (представителей вымершей группы моллюсков) украшены регулярными ребрами, расположенными перпендикулярно краю раковины. Математическое моделирование свидетельствует о том, что такая орнаментика возникает в результате взаимодействия противодействующих сил, порождаемых мантией и генеративной зоной. Медленное расширение устья раковины сопровождается формированием отчетливой ребристости (слева), а быстрое приводит к образованию почти гладкой раковины (справа).



этих стрессов генеративная зона деформируется, новый материал, секретлируемый мантией на этой стадии, также принимает искаженную форму и намертво затвердевает в раковине, оказывая соответствующее влияние на ее последующий рост. По сути дела, если темпы роста раковины и тела моллюска не совпадают, возникают деформации, порождающие характерные структурные особенности, которые мы и называем орнаментикой раковины.

Самые заметные украшения раковины, шипы и иглы, обычно отходят от ее поверхности под прямым углом и нередко достигают длины в несколько сантиметров. Эти «отростки» формируются с регулярными интервалами в периоды интенсивного роста мантии — ростовых спуртов. В это время мантия развивается настолько быстро, что ее длина начинает превышать размеры устья раковины. Это несоответствие заставляет мантию немного деформироваться, и секретлируемый ею материал тоже принимает слегка искаженную форму. Во время следующего ростового спурта мантия вновь начинает превосходить размерами устье раковины, что приводит к усугублению дефекта. Мы предположили, что этот повторяющийся процесс роста и механического взаимодействия



и порождает возникновение на поверхности раковины ряда шипов, точный паттерн которого в первую очередь определяется темпами ростового спурта и жесткостью мантии.

Для проверки этого предположения мы разработали математическую модель роста мантии на «фундаменте», увеличивающемся с каждым циклом роста. Когда мы изменяли в нашей модели параметры роста и свойства строительного материала, возникало огромное разнообразие паттернов шипов, сходных с орнаментикой реальных морских раковин. Это подтверждало правильность нашей гипотезы.

### Этот древний дом

Шипы и иглы — далеко не единственные украшения раковин моллюсков. Аммониты — представители вымершей группы моллюсков, родственной современным головоногим (наутилусам, осьминогам и их сородичам), — декорировали свои раковины иным образом. Аммониты господствовали в морях планеты в течение 335 млн лет, а примерно 65 млн лет назад вымерли. Благодаря изобилию их окаменелых останков, а также огромному разнообразию форм и, по-видимому, высоким темпам эволюции они стали одной из наиболее хорошо изученных групп ископаемых беспозвоночных.

Наиболее характерные признаки аммонитов — планоспиральная раковина с регулярными ребрами, расположенными перпендикулярно краю раковины. Не исключено, что подобная орнаментика обусловлена таким же «механическим конфликтом», который порождает и шипы, но обладает совершенно иной структурой.

Устье раковины аммонитов обычно имеет округлую форму. Если радиус мантии больше, чем радиус устья, мантия сжимается, но степень этого сжатия недостаточна для возникновения условий, необходимых для образования шипов. Мантия при этом не только сжимается, но и выпячивается наружу из устья, и радиус раковины во время последующего периода роста становится больше. Выпячиванию мантии, однако, противостоит кальцификация генеративной зоны, которая действует как пружина-ограничитель, пытающаяся сохранить существующую ориентацию раковины.

Мы предположили, что в результате действия этих двух противоборствующих сил возникает своего рода колебательная система: радиус раковины увеличивается, уменьшая сжатие мантии, что в свою очередь вызывает слишком сильное ее растяжение; чтобы уменьшить растягивающую силу, растянутая мантия начинает втягиваться внутрь раковины и вновь подвергается сжатию. Математическое моделирование этого «морфомеханического осциллятора» подтвердило нашу гипотезу о возникновении на поверхности раковины регулярной ребристости с длиной волны

и амплитудой, увеличивавшимися по мере роста и развития моллюсков. Эти математические предсказания тесно соответствовали известным формам аммонитов.

Кроме того, согласно прогнозам нашей математической модели, чем выше темпы расширения растущего моллюска (то есть скорости, с которой увеличивается диаметр устья его раковины), тем менее отчетливо выражена ее ребристость. Эти данные помогают объяснить факт, который уже более столетия хорошо известен палеонтологам, — корреляцию между кривизной устья раковин аммонитов и характером ребристости их поверхности.

Эта связь между темпами расширения ребристостью раковин дает простое механическое и геометрическое объяснение давнишней загадки, связанной с эволюцией моллюсков: на протяжении по меньшей мере 200 млн лет поверхность многокамерных раковин наутилусов и их сородичей (так называемых наутилоидов) оставалась в основном гладкой, в связи с чем некоторые палеонтологи предположили, что за все это время наутилоиды, по-видимому, практически не эволюционировали. Действительно, сохранившиеся до наших дней немногочисленные виды наутилоидов ученые нередко называют «живые ископаемые». Наша биофизическая модель роста, однако, показывает, что гладкость раковины этих моллюсков представляет собой просто-напросто механическое последствие быстрого расширения устья. Вполне возможно, что наутилоиды эволюционировали гораздо сильнее, чем свидетельствует морфология их раковин, но из-за отсутствия специфической орнаментики, используемой палеонтологами для различения видов, их истинная эволюция во многом остается скрытой.

Многие механизмы, помогающие моллюскам сооружать свои замечательные жилища, сегодня остаются для нас загадкой. Так, например, около 90% брюхоногих моллюсков — «правши»: их раковины закручены вправо (по часовой стрелке). Раковины, закрученные влево (против часовой стрелки), характерны лишь для 10% улиток. Ученые только-только начали изучать процессы, ответственные за преобладание «праворукости» среди моллюсков. Не можем мы пока объяснить и происхождение изысканного декора раковин некоторых моллюсков — например, причудливых выростов у некоторых мурексов (иглянок).

Эти и другие тайны рождения морских раковин представляют собой лишь один из широкого круга вопросов, связанных с формированием разного рода паттернов в мире природы. Понимание физических сил, управляющих развитием этих паттернов, лишь делает их более привлекательными для ученых. ■

Перевод: А.В. Щеглов



## ИЮНЬ 1968

**О сущности массовых волнений.** Среди американских социологов существует мнение, что городские волнения последних четырех лет в США были не всплесками слепой ярости, а коллективными акциями. Исследователи считают, что причины этих волнений

были глубже и отличались от негритянских протестов и внезапной реакции на много лет обездоленности. Они скорее имеют характер политических демонстраций, хотя и не похожи на организованные конспирологические политические акции. Это мнение иллюстрируется рядом статей о жестокостях и беспорядках в городах, опубликованных в журнале *American Behavioral Scientist*. «Волнения возникают как форма коллективного протеста, где большие массы людей выражают свое несогласие с существующим положением дел».

**Хлеб наш насущный.** Уменьшение числа случаев образования камней в мочевыводящих путях особенно хорошо задокументировано в Англии. Между 1772 и 1816 гг. лечение от камней в мочевом пузыре проходил каждый 38-й пациент Госпиталя Норфолка и Норвича. В этот же период от мочекаменной болезни страдало столько учеников, что в госпитале для них была выделена отдельная палата. Кэтрин Лонсдейл (Kathleen Lonsdale) из Университетского колледжа Лондона предполагает, что в XIX в. англичане питались хлебом, сильно загрязненным квасцами и мелом.



## ИЮНЬ 1918

**Оповещения о воздушных налетах.** Организация владельцев автомобилей в Лондоне предоставляла жителям города ценную услугу, извещая их о налетах германской авиации. По получении извещения о налете в небо из разных точек запускались сигнальные ракеты. Как показано на обложке этого номера журнала, после этого по улицам Лондона начинали ездить автомобили, гудя сигнальными

рожками, чтобы привлечь к себе внимание, и везя большие плакаты с надписями «Спешите в укрытие» (*Take Cover*). По окончании опасности эти плакаты переворачивали другой стороной, где была надпись «Небо чисто» (*All Clear*). Помогали оповещениям бойскауты-горнисты, находящиеся в этих автомобилях.

рожками, чтобы привлечь к себе внимание, и везя большие плакаты с надписями «Спешите в укрытие» (*Take Cover*). По окончании опасности эти плакаты переворачивали другой стороной, где была надпись «Небо чисто» (*All Clear*). Помогали оповещениям бойскауты-горнисты, находящиеся в этих автомобилях.



## ИЮНЬ 1868

**Посещение Везувия.** На недавнее собрание Королевского института был приглашен профессор Джон Тиндаль (John Tindall) для рассказа о том, что он видел в ходе недавнего посещения Везувия. Земля вокруг Неаполя нагрета и дымится, что свидетельствует о наличии подземных горячих очагов. Кроме того, он исследовал некоторые горячие подземные галереи и побывал в знаменитой Собачьей пещере, пол которой покрыт слоем углекислого газа. Этот невидимый тяжелый газ истекает из пещеры интенсивным потоком и на открытом воздухе способен гасить факелы, если опустить их к самой земле. Вблизи пещеры держат маленькую собачку и показывают посетителям, как она задыхается почти до смерти при погружении в этот газ. Тиндаль возмутила жестокость этого бессмысленного эксперимента, который, по его мнению, следует запретить.



Бойскаут помогает оповещать жителей Лондона о необходимости спешить в укрытие из-за налета вражеской авиации, 1918 г.

**Мусорный ящик.** До того как мусор попадает на двор подрядчика по его удалению, над ним успевают поработать так называемые *hill women*, которые просеивают его руками, выполняя таким механическим образом работу, которую специалист осуществляет в лаборатории химическим способом: они на глаз разделяют массу мусора на составляющие, самые ценные из которых — попавшие в мусор куски каменного угля и так называемый бриз (*breeze*) — угольная пыль и полусгоревшие золы.

**Médecine moderne.** Во Франции растет использование сырого мяса для лечения немощи. Но это мясо можно подавать в форме, вызывающей минимум возражений у чувствительных пациентов: в виде таблеток из сырой говядины с покрытием из мармелада и жженого сахара.



**Senior Vice President and Editor in Chief:**

Mariette DiChristina

**Executive Editor:**

Fred Guterl

**Design Director:**

Michael Mruk

**Managing Editor:**

Ricki L. Rusting

**Digital Content Manager:**

Curtis Brainard

**News Editor:**

Dean Visser

**Opinion Editor:**

Michael D. Lemonick

**Senior Editors:**

Eliene Augenbraun, Christine Gorman, Steve Mirsky,  
Clara Moskowitz, Debbie Ponchner, Claudia Wallis, Kate Wong,

**Associate Editors:**

Sunya Bhutta, Lee Billings, Andrea Gawrylewsk, Larry  
Greenemeier, Dina Fine Maron, Annie Sneed, Amber Williams

**Contributing editors:** David Biello, W. Wayt Gibbs, Ferris Jabr, Anna Kuchment,  
Robin Lloyd, George Musser, Christie Nicholson, John Rennie

**Art Contributors:** Edward Bell, Bryan Christie, Lawrence R. Gendron, Nick Higgins

**Art director:** Jason Mischka

**Senior Graphics Editor:** Jen Christiansen

**President:** Dean Sanderson

**Executive Vice President:** Michael Florek

**Executive Vice President,**

**Global Advertising and Sponsorship:** Jack Laschever

**Publisher and Vice President:** Jeremy A. Abbate

© 2018 by Scientific American, Inc.

# В мире науки

SCIENTIFIC AMERICAN

Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:

**в почтовых отделениях по каталогам:**

«Роспечать», подписной индекс:

81736 — для физических лиц;

19559 — для юридических лиц;

«Почта России», подписной индекс:

16575 — для физических лиц;

11406 — для юридических лиц;

«Пресса России», подписной индекс: 45724,

www.akc.ru

**по РФ и странам СНГ:**

ООО «Урал-Пресс»,

www.ural-press.ru

СНГ, страны Балтии и далее зарубежье:

ЗАО «МК-Периодика»,

www.periodicals.ru

РФ, СНГ, Латвия:

ООО «Агентство "Книга-Сервис"»,

www.akc.ru

## Читайте в следующем номере

### Невероятный триумф динозавров

Недавно обнаруженные окаменелости и их анализ опровергают все традиционные представления о том, как динозавры стали властелинами Земли.

### Глубоководная добыча: стоит ли?

Ведется работа по освоению месторождений — и защите — дна океана.

### Мы и наши вещи

Недостаток эмоциональной безопасности может стать причиной усиления привязанности к своим вещам.

### Небесные мессенджеры

Новоприобретенная возможность наблюдать одни и те же космические события через свет, частицы и гравитационные волны — синтез под названием «интегральная (многоканальная) астрономия» — дает исследователям более полную картину самых таинственных феноменов Вселенной.

### СПЕЦРЕПОРТАЖ: БУДУЩЕЕ МЕДИЦИНЫ — 2018

#### Новые заболевания в меняющемся мире

Во всем мире изменение климата и неконтролируемая урбанизация создают условия, в которых болезни появляются быстрее и распространяются дальше. В статьях, составляющих этот специальный репортаж, показана необходимость междисциплинарного сотрудничества.





**ТАЯНИЕ АРКТИКИ:** как потепление меняет погоду повсеместно

# В мире наук

SCIENTIFIC  
AMERICAN

Ежемесячный  
научно-информационный  
журнал

[www.sci-ru.org](http://www.sci-ru.org)

5/6 2018

12+

# МИНИ- УБИЙЦЫ

Растениеподобные  
хищники правят морями



**ПЛЮС**

**ГОД  
СЕРГЕЯ КАПИЦЫ**

Воспоминания  
о Физтехе

**ВСПЫШКИ  
В НОЧИ**

Таинственные  
сигналы из глубин  
космоса

**О ФОРМЕ  
РАКУШЕК**

Как моллюски  
создают раковины  
в виде спиралей

