

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК: НАУКА БЫТЬ ЧЕЛОВЕКОМ

В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Ежемесячный
научно-информационный
журнал

www.sci-ru.org

11 2018

12+

ЛЮДИ

**Почему мы не похожи
ни на один другой вид на Земле**



ОБЩЕЕ СОБРАНИЕ РАН: ВЫБОР ПРИОРИТЕТОВ



Темы номера

НАУКА И ОБЩЕСТВО

Счастье — это переходное состояние 4

Валерий Чумаков

Президент РАН Александр Сергеев — о новых Нобелевских премиях, новых мегапроектах, планировании и отчетности в науке, задачах на будущий год



Наука — это рынок в будущее

Владимир Губарев

Первый заместитель министра науки и высшего образования академик Григорий Трубников — о реализации национального проекта «Наука»



АРХЕОЛОГИЯ

Раскопать знания

Наталья Веденева

Вице-президент РАН Николай Макаров — о самых интересных археологических находках последних лет и о планах на будущее



ОКЕАНОЛОГИЯ

Академик Андрей Адрианов: «О чем молчит великий океан?»

Владимир Губарев

Об океане мы знаем даже меньше, чем о ближнем космосе. Вице-президент РАН Андрей Адрианов — о перспективах исследования и освоения загадочных глубин



СОДЕРЖАНИЕ

Ноябрь 2018

БИОМЕДИЦИНА

Свет и тени мира клеток 40

Владимир Губарев

Вице-президент РАН Владимир Чехонин — о передовых исследованиях в области биомедицины, стволовых клетках и научной культуре



КОСМОС

Луна — наш седьмой континент 46

Валерий Чумаков

Научный руководитель ИКИ РАН академик Лев Зеленый — о поистине фантастических программах и проектах российской космической науки



ИСТОРИЯ

История всегда многовариантна 56

Наталья Лескова

Академик Александр Чубарьян — об «эффекте бабочки» и о том, почему в современной России вырос интерес к истории, но так и не научились сохранять исторические памятники



РОБОТОТЕХНИКА

20 Нравственный императив для анимата 64

Наталья Лескова

В комплексе НБИКС-природоподобных технологий Курчатковского института создаются группы роботов-аниматов, поведение которых моделируется на примере изучения пчел и муравьев



ЭНЕРГЕТИКА

28 Все горит, все меняется 72

Наталья Лескова

Ученые из Томского политехнического университета уверены: пришло время научиться избавляться от мусора без экологического вреда, но с экономической пользой





СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК:

Наука быть человеком

Часть I. Почему мы?

Развитая уникальность

Кевин Лаланд

Человек технический

Льюис Дартнелл

У нас в головах

Томас Саддендорф

Самая трудная проблема

Сьюзен Блэкмор

Говорение во времени

Кристин Кеннелли

Различаются ли наши нервные связи?

Чет Шервуд

Часть II. Мы и они

Последний из гомининов

Кейт Вонг



Истоки морали

Майкл Томаселло

130

Почему мы воюем

Брайан Фергюсон

138

78

Часть III. Кроме нас

Дарвин в большом городе

Метью Шильтхейзен

146

82

Наши цифровые двойники

Педро Домингос

154

92

Одни посреди Млечного Пути

Джон Гриббин

162

94

НЕЙРОБИОЛОГИЯ

Битва мозгов

Джош Фишман

170

102

В новом исследовании когнитивных способностей результаты у собак оказались выше, чем у их домашних конкурентов — кошек

110

Разделы

От редакции

3

Науки о здоровье

172

122

50, 100, 150 лет тому назад

176



В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Наши партнеры:



PETER



SERVICE



Сибирское отделение РАН



РОСАТОМ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



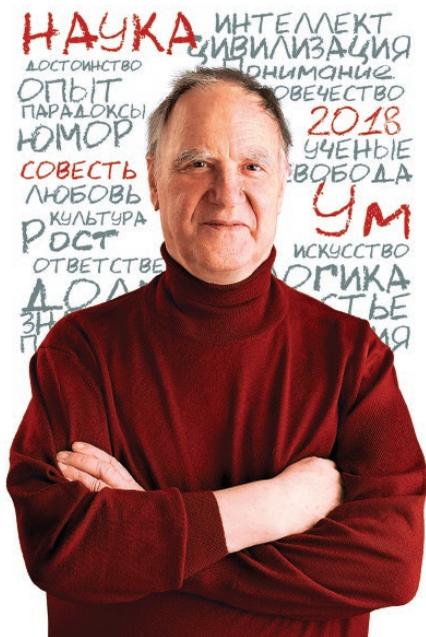
очевидное
невероятное



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

Главный научный консультант:

президент РАН академик А.М. Сергеев

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:

академик А.В. Адрианов; к.т.н. Д.В. Гвоздяков; к.т.н. В.Е. Губин; академик Л.М. Зеленый;
к.т.н. В.Э. Карпов; академик Н.А. Макаров; к.т.н. А.С. Матвеев; к.ф.-м.н. В.Г. Сурдин;
академик Г.В. Трубников; академик В.П. Чехонин; академик А.О. Чубарьян; к.т.н. С.А. Янковский

Над номером работали:

М.С. Багоцкая, Н.В. Веденева, А.С. Григорьева, А.П. Кузнецов, С.М. Левензон, Н.Л. Лескова,
А.И. Прокопенко, Н.Н. Шафрановская, С.Э. Шафрановский, 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. Калинин

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 №11 18-11-00015

© 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.



7 ГЛАВНЫХ ПРИОРИТЕТОВ ДЛЯ НАУКИ В РОССИИ

Тот, кто инвестирует в науку, инвестирует в будущее. Сегодня это понимают все. И наша страна вплотную подошла к необходимости серьезного рывка в науке и технологиях. Именно на это направлена Стратегия научно-технологического развития, предложенная президентом России. Особое место в ее реализации отводится Российской академии наук, которая получила для этого существенные полномочия.

Стратегия формулирует ряд приоритетов, которые должны стать ответами на семь больших вызовов, стоящих перед страной в научно-технологическом поле. У нас в академии создано семь советов по приоритетам, которые возглавляют академики РАН. В каждый из них входят ученые, представители власти и бизнеса. Задача советов состоит в том, чтобы выстраивать цепочки по реализации различных программ под конкретные задачи, которые формулирует заказчик. Им может быть и крупная компания, и государство, если речь идет о масштабных, социально ориентированных проектах. Задача советов — найти возможности в стране для создания таких

цепочек по сквозным технологиям от фундаментальных исследований, поисковых исследований, испытаний и до производства. Координационный совет, который также создан в РАН, затем принимает эти разработки и выносит решения на уровень государственной власти.

Цель нынешнего общего собрания — обсудить то, что наработано советами по приоритетам. Это крайне важно, так как нам нужна обратная связь от академии и от общественности на первые предложения по реализации стратегии. Надеюсь, наша работа даст хорошие результаты.

Желаю всем участникам общего собрания РАН плодотворной и успешной работы, а вам, дорогие читатели, — уверенности в том, что мы максимально приложим свои интеллектуальные силы и проявим свой профессионализм, чтобы наша наука шла в ногу со временем и даже его опережала! ■

Президент Российской академии наук Александр Сергеев, главный научный консультант журнала «В мире науки»

СЧАСТЬЕ – ЭТО ПЕРЕХОДНОЕ СОСТОЯНИЕ

Президент Российской академии наук **Александр Михайлович Сергеев** рассказал нашему журналу о новых Нобелевских премиях, новых мегапроектах, планировании и отчетности в науке, задачах на будущий год.

— Уже год, как вы президент РАН. Что удалось сделать за это время?

— Сейчас идет расширение наших полномочий. Мы с Министерством науки и высшего образования прописываем регламенты взаимодействия, опираясь на новые поправки к Федеральному закону № 253. Российская академия наук фактически стала заказчиком всех фундаментальных исследований в стране. Мы получили от государства полномочия по научно-методическому руководству всеми образовательными научными учреждениями в России независимо от их принадлежности. Это не только институты, которые числятся в Министерстве науки и высшего образования, но и институты во всех других ведомствах, включая госкорпорации. В поправках есть и вопросы, связанные с международной и просветительской деятельностью. Президент понимает, что у академии должен быть другой юридический статус.

— Какой?

— В гражданском кодексе должно быть прописано отдельной строкой, что мы государственная академия наук, как это сделано, например, в Беларуси. Сейчас наша академия — просто федеральное бюджетное учреждение. Нужно решить, какой мы хотим видеть академию наук в будущем. Мы не говорим, что в нее опять нужно включить все академические институты, должно быть какое-то иное решение. С другой стороны, в ее административном подчинении могут появляться научные и общеобразовательные организации. Например, в академии наук Китая есть свои академические университеты, которые прекрасно функционируют и дают хорошие результаты. Они пользуются признанием со стороны общества, образовательная деятельность поставлена в них очень широко. Почему бы академии наук России самой не организовывать и не администрировать центры мирового уровня? Мы должны понять сами для себя, чего мы хотим и к чему на сегодня готовы. Громадьё наших планов должно быть осмыслено и обосновано прежде всего нами самими.

— Традиционный вопрос: ваши планы на следующий год как президента РАН?

— В первую очередь, нам надо освоить те новые полномочия и функционал, что даны Российской академии наук. Мы будем двигаться в этом направлении, создавать новые организационные формы. Сейчас идет их активное обсуждение. И второе: нам всем надо определиться с вопросом Стратегии научно-технологического развития РФ. Ее приняли два года назад, а она еще не начала работать. Необходимо запустить механизмы, чтобы процесс пошел. А это произойдет тогда, когда будут выстраиваться цепочки от разработки до реализации, когда будет видно, как научный результат перетекает в рынок.

— Александр Михайлович, год назад вас избрали президентом Российской академии наук. Вы покинули свой любимый Институт прикладной физики в Нижнем Новгороде. Не скучаете?

— Конечно, скучаю. И по институту, и по научной работе, в которой я сейчас сильно ограничен. И по тому состоянию счастья, радости, которое эта работа дает и какое было у меня прежде.

— Новая должность лишила вас счастья?

— Думаю, в моей нынешней ипостаси тоже можно его найти. Я еще до конца не почувствовал свое новое состояние, но многие моменты работы в академии уже приносят удовлетворение. А счастье — это переходное состояние, нельзя быть абсолютно и постоянно счастливым. Для ученого высшее состояние счастья — когда ты до чего-то додумываешься, понимаешь, что ты первый человек на Земле, который вот это конкретное открыл. Открытие нового — вот момент максимального удовлетворения.

— Счастье первооткрывателя? Когда на горизонте появилась земля, которую никто раньше не видел и которой нет на картах?

— В науке я начинал как теоретик, а потом стал много экспериментировать. Эксперимент по сравнению с теорией интересен тем, что это — объективная правда. Теория может быть верной или

Недавно был организован пресс-тур для журналистов ведущих российских СМИ в Нижний Новгород для освещения масштабных исследований, которые ведутся в Институте прикладной физики РАН. Поводом стало вручение Нобелевской премии коллеге и другу президента РАН А.М. Сергеева французскому физикау Жерару Муру, который в течение долгого времени работал в институте и собирается это сотрудничество продолжить



Президент РАН А.М. Сергеев поздравляет Жерара Муру с присуждением ему Нобелевской премии

ложной, и сразу определить, какая она, просто невозможно. А эксперимент — сразу видно, удался или нет. В эксперименте часто даже отрицательный результат ведет к открытиям. В организационной работе есть свои источники удовлетворения — от проведения новых масштабных экспериментов, выполнения крупных заказов. Когда видишь, что дело идет хорошо, что заказчики довольны, значит, ты действительно смог спланировать и провести серьезную работу. На посту директора института я имел возможность совмещать одни типы счастья с другими.

— Теперь вам надо искать счастье в управлении учеными?

— Профессия ученого — творческая, как правило, подразумевающая очень длинный и сложный путь к результату, и потому — трудноуправляемая. Это 90% неудовлетворенности, работы в корзину. Результат здесь невозможно запрограммировать или заказать. А от науки сегодня требуют планировать работу. Как я могу запланировать, что в течение этого года что-то придумаю или открою? Может быть, в этом году ничего не придумаю, зато на следующий год придумаю в пять раз больше, чем обещал. Поэтому планирование и программирование научных результатов научная общественность воспринимает очень тяжело.

— Но наука, особенно фундаментальная, финансируется государством. И государство вправе требовать отчетности.

— Она есть. Отчетность у нас связана главным образом с публикациями в серьезных научных изданиях, с публикационной активностью, которая

в последние годы растет. Хотя это и не означает, что мы стали генерировать больше нового знания. Это просто, если хотите, некая организация отчетности. Но планировать большие результаты или открытия невозможно. Это сакральный, творческий труд. А нам предлагают тривиальную наукометрию, которая безотносительна к качеству работ.

— Где же выход?

— Публикационная активность, которая отбрасывает невостребованный мусор, безусловно, нужна. Публикации — это продукт работы ученого. Мы живем в рыночной экономике и понимаем, что продукция — это не то, что ты произвел, а то, что продал. Она должна быть товаром, который реально окупает процесс ее получения, затраты. То есть она должна быть востребованной.

— И когда научная публикация становится товаром?

— Когда на нее начинают ссылаться. При этом уровень импакт-фактора публикации должен быть равен как минимум единице, то есть чтобы на статью ссылались как минимум один раз в год. Если импакт-фактор ниже единицы, то это не товар. А таких материалов, у которых импакт-фактор — 0,1 или 0,2, у нас очень много. Идет вал статей, невостребованных мировым научным сообществом. Но сегодня и в Германии, и во Франции, и в Великобритании научные сообщества выступают за то, что такая тривиальная наукометрия, основанная на количестве публикаций, не может служить показателем активности ученых или институтов. На первый план выходит экспертная оценка.

— **Нобелевская премия по физике в этом году получена за работы в области лазеров. Насколько я знаю, ваш нижегородский институт — одна из мощнейших российских школ именно в лазерной физике. Полагаю, и в этих премиях есть какой-то ваш вклад?**

— Хотелось бы сказать «да», но нет. Нобелевская премия была вручена за работу, которая была опубликована еще в 1985 г. Она открыла шлюз в развитии лазерной науки и лазерных технологий, помогла значительно увеличить силовые характеристики установок. Сегодня абсолютное большинство лазерных систем, сотни лабораторий используют концепцию, предложенную в 1985 г. нынешними нобелевскими лауреатами Жераром Муру и Донной Стрикленд.

— **Чтобы по достоинству оценить важность работы, понадобилось 33 года?**

— Жерар Муру был номинирован на эту премию уже давно. Правда, мы — международное лазерное сообщество — ждали, что ее вручат совместно за его концепцию усиления лазерных импульсов и за работы, связанные с укорочением лазерных импульсов.

— **Какая связь?**

— Прямая. Достигнутый прогресс в увеличении мощности интенсивности лазерного излучения

связан с освоением все более коротких лазерных импульсов. Два направления идут рука об руку, и это привело к тому, что сейчас мощность лазерных импульсов повышена до уровня порядка 10 ПВт (петаватт).

— **Это очень много?**

— Не очень, а колоссально много. Для примера: в мире сейчас общая производимая электрическая мощность находится на уровне несколько меньше 20 ТВт (тераватт). Это 20^{12} ватт. А 10 ПВт — это 10^{15} , в 500 раз больше. То есть когда мы в 2006 г. запустили петаваттный лазер, его мощность была почти в 50 раз больше, чем вся электрическая мощность, вырабатываемая на планете. И это стало возможным именно благодаря работам Жерара Муру. Но такие гигантские мощности могут быть только при сверхкоротких импульсах, которые стали реальными благодаря работам великого канадского ученого Пола Коркума. Он у нас в позапрошлом году получил Ломоносовскую медаль. И мы ждали, что Коркум станет вторым нобелиатом. Но Нобелевский комитет решил по-другому. Я надеюсь, что Пол Коркум все-таки получит в ближайшее время Нобелевскую премию за аттосекундные импульсы. Но пока вторую половину премии в области физики получил американский ученый Артур Ашкин за лазерный пинцет.

ПРИОРИТЕТЫ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

1. Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии.

2. Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

3. Возможность эффективно ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных инстру-

ментов на современном этапе глобального развития, в том числе применяя методы гуманитарных и социальных наук.

4. Противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства.

5. Переход к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения, в том числе за счет рационального применения лекарственных препаратов, прежде всего антибактериальных.

6. Связанность территории РФ за счет создания интеллекту-

альных транспортных и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики.

7. Переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания.

— **Лазерный пинцет? Насколько я представляю лазер, им можно что-то прожечь, уничтожить, разрушить. Но перенести?..**

— А вот представьте себе — можно. Лазерный пинцет — очень интересный прибор, он уже давно не представляет собой нечто удивительное. У нас в стране это направление освоено очень неплохо. Уже, к сожалению, покинувший нас ученый О.М. Саркисов, работавший в Институте химической физики им. Н.Н. Семенова, еще в начале 2000-х гг. создал замечательную лабораторию по разработке лазерных пинцетов и лазерных скальпелей. Там использованы идеи захвата лазерным пучком микрочастиц. Это могут быть и какие-то большие биологические макромолекулы, и даже отдельные клетки. Сейчас этой лабораторией руководит профессор В.А. Надточено, и у него есть прекрасные работы в этом направлении.

— **Известно, что Жерар Муру плотно сотрудничал и сотрудничает с нижегородским Институтом прикладной физики, которым вы руководили.**

— Да, и этому сотрудничеству предшествовала длительная научная дружба. До того как Жерар получил грант и приехал работать в Россию, он уже был избран иностранным членом Российской академии наук. А это, как правило, отражение того, что идет плотное сотрудничество. Наши нижегородские ученые работали со схемой получения коротких лазерных импульсов, и в ИПФ РАН были получены лидирующие мировые результаты. В 2006 г. у нас был создан первый петаваттный параметрический усилитель света.

— **PEARL?**

— Совершенно верно, лазер PEARL с импульсной мощностью 0,56 Пвт, длительностью импульсов около 45 фс и энергией 25 Дж. На момент создания он входил в пятерку наиболее мощных лазеров в мире. Жерара Муру это очень заинтересовало. Поскольку мы тогда не имели полномочий для приглашения ученых такого уровня, в 2011 г. он получил грант по представлению Нижегородского государственного университета. То есть пригласил его НГУ, а работал он в основном у нас. У Муру много различных интересов, и он тогда тоже двигался в направлении получения все более коротких аттосекундных импульсов сжатия.

— **Аттосекунда — это сколько?**

— Одна квинтиллионная доля секунды, 10^{-18} .

— **Миллиардная часть миллиардной части...**

— Жерар Муру — личность уникальная. Он очень много думает и рассуждает о взаимосвязи правого и левого полушарий головного мозга, точного и образного мышления. Существует крайне мало людей, у которых одинаково сильно представлено и то и другое. Он — один из них. Жерар интересовался, как можно применить достижения науки, например, в деле сохранения культурного

наследия. У него налажено плодотворное научное сотрудничество с Лувром.

— **Лазеры и предметы искусства — что может быть дальше? Или он занимается лазерными охранными системами, какие мы часто видим в голливудских боевиках?**

— Нет, Жерар предлагает методы диагностики состояния великих полотен с использованием терагерцевого излучения. Этим он как раз много занимался в Нижегородском университете вместе с профессором М.И. Бакуновым — соруководителем гранта Жерара Муру в Нижегородском университете. Они вместе создали терагерцевую лабораторию, в которой работали над получением и использованием коротких импульсов. В этой лаборатории они впервые в мире исследовали структуру икон. С помощью терагерцевого излучения они смогли «рассмотреть», что находится под слоем краски. Ведь не секрет, что древние иконописцы часто писали свои иконы поверх других, старых и потемневших от времени.

— **То, что называют «средство неразрушающего контроля»?**

— Совершенно верно. Такие работы впервые в мире были сделаны в нашем НГУ. Аспиранты университета ездили вместе с этим прибором в Лувр и там тоже исследовали различные артефакты. Так что в лаборатории идет очень интересная деятельность на самом стыке современного естествознания и знания гуманитарного.

— **А где можно применить лазеры с мощностью выше мощности, производимой всем человечеством?**

— Прежде всего, в фундаментальных исследованиях. С помощью таких петаваттных лазеров мы можем получить новое состояние вещества, которое пока еще никто никогда не получал.

— **Это не опасно?**

— Сейчас есть еще только теоретические оценки того, что произойдет, но, согласно предварительным оценкам, генерация очень плотной электрон-позитронной плазмы и создание очень мощного источника гамма-излучения позволят получить совершенно фантастические параметры. Такой лазер приведет нас в область совсем других физических параметров — например, будет преодолен порог импульсивности. Мы попадем в другой мир, который еще никто никогда не видел. Это касается и движения частиц, и того, как они будут друг с другом взаимодействовать. Это мир, в котором одновременно присутствует и мощное лазерное излучение, которое ускоряет частицы, и мощное гамма-излучение, которое частицы производят, а также рождаются вещество и антивещество при взрыве в вакууме. Таким образом мы втащим Вселенную в нашу лабораторию.

— **И что нам мешает ее сейчас втащить?**

— Та же мощность, вернее, ее нехватка. Сейчас в мире есть несколько установок, работающих на уровне 5–10 ПВт. А требуется уровень в 100–200 ПВт. Этому как раз посвящен международный проект — Центр исследований экстремальных световых полей (XCELS), который мы задумывали вместе с Жераром Муру.

— Это одна из установок класса мегасайенс, решение о создании которых было принято еще в 2011 г.?

— Да, тогда правительственная комиссия под руководством премьер-министра В.В. Путина одобрила шесть проектов в классе мегасайенс. Это Международный центр нейтронных исследований на базе высокопоточного исследовательского реактора ПИК, российско-итальянский токамак «Игнитор», Источник специализированный синхротронного изучения четвертого поколения ИССИ-4, Комплекс сверхпроводящих колец на встречных пучках тяжелых ионов NICA, Ускорительный комплекс со встречными электрон-позитронными пучками «Супер-чарм-тау-фабрика» и наш XCELS. Пока из них реализуются только два: NICA в Дубне и ПИК в Гатчине.

— Понятно, у нас сейчас сложное экономическое положение, финансов на такую дорожку меганауку не хватает...

— Тут вопрос не просто финансирования, а в том числе финансирования в складчину. Ведь все проекты такого уровня — международные, они интересны ученым всего мира и в них многие хотят

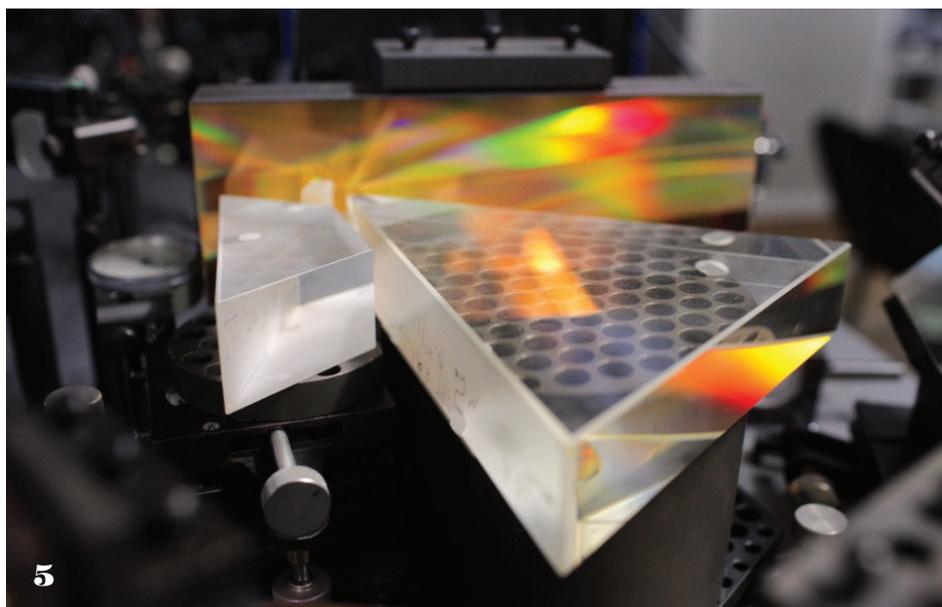
принять участие. Но, к сожалению, размеры и порядок финансирования определяются не учеными, а политиками. То, что мы попали в такое сложное геополитическое состояние, в режим санкций — это, конечно, ударяет в том числе и по нашим проектам класса мегасайенс. Потому что Запад не очень стремится финансировать совместные с Россией проекты. Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне — по определению центр международный. Он сохранил все свои компетенции и притяжение денег, хотя некоторые страны ушли из этого проекта. Тем не менее сегодня членство в нем сохраняют 18 стран, и там есть критическая масса научных инвесторов, которые в значительной степени помогли стартовать проекту NICA. Это здорово, но NICA у нас пока единственная международная установка, а Дубна — единственный международный центр.

Если мы хотим стать привлекательными для всего научного мира, тем более в условиях такой сложной обстановки — нужно предлагать какие-то инновации, изменения в наше законодательство, которые были бы доступнее для признания и понимания за границей. Они хорошо понимают немецкую модель соинвестирования, когда ты вносишь деньги и получаешь пропорционально их количеству долю местного управления научным комплексом, а также время для проведения экспериментов. Внесли четверть — четверть времени установка работает на ваши нужды и эксперименты. То же самое — пропорциональное число голосов в принятии решений относительно научной программы исследований. У нас сейчас нет такого законодательства, в рамках которого мы могли бы предложить иностранцам прийти в проект на подобных условиях. Кстати, в поручении, которое президент дал по итогам встречи в Новосибирске на совещании Совета по науке и образованию, говорилось о том, что необходимо предложить изменения законодательства по созданию таких международных центров. Сейчас это прорабатывается. ■

Беседовал Валерий Чумаков

Президент РАН
академик А.М. Сергеев





1. Член-корреспондент РАН
Е.А. Хазанов — руководитель
программы исследований лазерного
комплекса PEARL

2, 4, 5. Лаборатория
фемтосекундных лазеров
с мегаваттным уровнем мощности
3. Научный сотрудник ИПФ РАН
И.А. Шайкин настраивает лазер
накачки



6

6. Кандидат физико-математических наук С.Ю. Миронов, один из основных нижегородских соавторов Жерара Муру (восемь совместных статей в ведущих научных журналах мира)
7. В лаборатории по выращиванию нелинейно-оптических кристаллов доктор физико-математических наук М.Ю. Глявин отвечает на вопросы журналистов



7

НАУКА И ОБЩЕСТВО

НАУКА — ЭТО ЭТО РЫВОК в будущее

На заседании президиума Российской академии наук доклад о национальном проекте «Наука» делал академик **Григорий Владимирович Трубников**, первый заместитель министра науки и высшего образования, один из членов новой команды, которой суждено теперь отвечать за реализацию этой весьма амбициозной программы. Впрочем, академик говорил о вполне конкретных вещах: что именно и как предстоит сделать в академии наук, чтобы программа стала реальностью.



Ц В БУДУЩЕЕ

Стройплощадка нового
ускорительного комплекса
NICA, который создается на базе
Объединенного института
ядерных исследований в Дубне

1

Обеспечение присутствия Российской Федерации **в пятерке ведущих стран мира** по приоритетным направлениям научно-технологического развития.

2

Привлекательность Российской Федерации для работы здесь ведущих мировых ученых и молодых исследователей.

3

Опережающее финансирование научных разработок из всех источников финансирования по сравнению с ростом национального дохода.

Эти три основные цели проекта «Наука» были сформулированы президентом России. В связи с ними указано пять задач, которые предстоит решить.

1. Создание передовой инфраструктуры для научных исследований.
2. Обновление приборной базы не менее чем на 50%.
3. Создание научных центров мирового уровня, включая сеть международных математических центров.
4. Создание 15 научно-образовательных центров мирового уровня на основе интеграции университетов и научных организаций реального сектора экономики.
5. Формирование центров подготовки и роста научных и научно-педагогических кадров.

Беседу с первым заместителем министра науки и высшего образования академиком Г.В. Трубниковым я начал так:

— **Достаточно ли «безумна» программа «Наука», чтобы быть осуществленной? Прошу вас ответить как ученого и как чиновника. Кстати, чего больше сегодня в вас — ученого или чиновника?**

— Смею надеяться, что эксперта и ученого. Однако ученый должен не только заниматься формулами и своими исследованиями, но и, как член профессионального квалифицированного сообщества, быть в ответе за определенную сферу жизни общества, которую он представляет. Зависит это и от широты души, и от самооценки. Поэтому хороший ученый потенциально может быть правильным чиновником. А чиновник, занимающийся научной политикой, как мне кажется, должен быть тоже ученым и экспертом, потому что обязан разбираться в том, что пытается модернизировать, реформировать, уничтожить или создавать.

— **Теперь я понимаю, почему у вас висит портрет А.Д. Сахарова. Одна из его идей — вхождение ученых во власть: именно они должны руководить обществом. Значит, вы воплощаете его идеи? Что вам нравится в Андрее Дмитриевиче?**

— Многое. Поспору лишь с вашим тезисом о том, что я воплощаю в жизнь его идеи, потому что себя я не могу даже поставить рядом с ним. Он ведь был и ученый, и гражданин, и политик, и общественный

деятель очень широкого масштаба. Если же у меня хоть что-то получается кроме той сферы науки, в которой я считаю себя разбирающимся, уже хорошо.

— **Он вам близок по духу?**

— Безусловно. Во-первых, он образец для очень многих ученых именно как физик-теоретик, добившийся совершенно фантастических результатов. Во-вторых, он пример определенной стойкости убеждений. Это важно и в науке, потому что наука — это поиск истины. На этом пути соблазнов много, а человек слаб. И для любого ученого важно сомневаться в том результате, который он получил, верить, но сомневаться. Это важно и в сфере управления. Мне не очень нравится слово «чиновник», но и для него стойкость и упорство в достижении определенной своей позиции тоже важны.

— **По-моему, в кабинете, где мы беседуем, работали два очень крупных ученых — Н.П. Лавров и Г.И. Марчук. Оба — мне посчастливилось с ними беседовать — считали, что ученый обязательно должен быть и чиновником (они говорили — «организатором»), чтобы наука развивалась успешно. Этот дух сохранился до нынешнего дня?**

— Я не знаю, к сожалению, в каком кабинете они сидели, но определенный дух в этом здании есть. Оно построено в 1948 г. В разрушенной после войны Москве это было одно из первых зданий, ставших символом не только возрождающейся

и победившей державы, но и государственного приоритета. Оно расположено на главной улице, отсюда виден Кремль. То, что именно здесь «угнездилась» наука, — символический шаг со стороны государства, и это было сделано абсолютно правильно.

— **А рядом дом, на фасаде которого теснятся мемориальные доски с именами наших великих ученых.**

— Я очень хорошо помню, как первый раз появился в этом здании. Это был 2006 г. Я защитил в 2005 г. кандидатскую диссертацию и подал заявку на грант президента для молодых кандидатов наук. Тогда был очень серьезный конкурс, мне удалось стать одним из победителей. Нужно было принести документы в экспедицию министерства, она находилась как раз в этом здании, где мы сейчас с вами беседуем. Я выхожу из перехода, иду мимо дома на Тверской, 9, читаю: здесь жили и работали А.А. Бочвар, Ю.Б. Харитон, И.И. Артоболевский, К.И. Скрябин... Легенды! Иду и понимаю, что в этом месте атмосфера какая-то особенная, фантастическая. А вот теперь и работаю здесь.

— **Раз уж вы произнесли слово «фантастическая», вернемся к понятию «фантастика в чертежах», как однажды выразился С.П. Королев. Можно ли так говорить о проекте «Наука», к созданию которого вы причастны?**

— Проект предполагает команду, и это, конечно, не конструкторский чертеж. Интересно, вы упомянули о С.П. Королеве... Я вчера водил своих детей на ВДНХ. Мы вышли из метро и пошли по «космическому» парку. Недавно я читал им про К.Э. Циолковского. А тут ему монумент. И вот мы видим совершенно замечательный памятник С.П. Королеву, который показан в движении, порыве. Я рассказал детям, кто такой С.П. Королев, что он делал. Рассказывал о космонавтах — Ю.А. Гагарине, В.В. Терешковой, А.А. Леонове, В.М. Комарове...

— **И вот появляюсь я с напоминанием о С.П. Королеве. Но ведь мы стоим на плечах титанов, как говорил Ньютон, а потому возвращение к прошлому естественно и понятно.**

— Мы пока представляем эскизные наброски национального проекта «Наука», паспорт проекта. Показываем его таким, каким он видится из министерства, где работают люди, тоже имеющие определенный научный опыт. Мы должны представить адекватный документ, который станет инструментом стратегии и указа президента. Этот проект важно увязать с другими национальными проектами. Невозможно развивать науку в отрыве от таких важнейших сфер, как здравоохранение, демография, сельское хозяйство, транспортная инфраструктура и т.д. И мы представили командой из трех заместителей министра паспорт национального проекта, его «скелет», на президиуме РАН, на нескольких крупных форумах. Мы выходим на площадки ведущих университетов,

на различные круглые столы. Сейчас идет процесс получения обратной связи от профессионального сообщества — скелет обрастает мышцами и сухожилиями. Появляются внутренние органы — сердце с кровеносной системой, система пищеварения и т.д.

— **Академия наук — сердце или мозг?**

— Думаю, и то и другое. Академия, министерство, университеты, высокотехнологичная индустрия — сейчас главные игроки в рамках этого национального проекта. Мы, как мне кажется, наконец-то идем к хорошему балансу вузовской, университетской и академической науки.

— **Наконец-то!**

— Баланс высшего образования, академической и отраслевой науки — одна из главных целей этого нацпроекта. Когда он будет реализован, возникнет взаимодополнение этих трех составляющих. В стране еще сохранилась довольно серьезная отраслевая наука. Она не везде развита по причинам тех экономических и социальных преобразований, что шли в стране последние 25 лет, но это положение надо исправлять. «Научный треугольник», состоящий из науки, высшего образования и индустрии, в этом национальном проекте должен стать мощным двигателем и дать энергию для развития страны.

— **Не кажется ли вам, что сначала надо выбрать цель, а уж потом искать пути к ее достижению? Так было в истории страны: план ГОЭЛРО, индустриализация, атомный и космический проекты... Именно под них формировались различные структуры. В 1957 г. два великих достижения — первый искусственный спутник Земли и пуск синхрофазотрона в Дубне. Именно эти два события во многом обеспечили успешное развитие нашей науки.**

— Да, синхрофазотрон В.И. Векслера, потом нуکلотрон А.М. Балдина, уникальная сверхпроводящая установка...

— **А теперь уже NICA — новая ускорительная машина. То есть сначала цель, а уже следом идут научные исследования. Какая сейчас конечная цель?**

— Цели сформулированы в указе президента. У нас должна появиться передовая исследовательская инфраструктура. Речь идет о коренном обновлении и модернизации приборной базы всей страны.

— **На это потребуются огромные средства.**

— Да, ресурсы нужны большие. Надо поддерживать сильных и найти место тем, кто не в первой когорте, использовать все лучшее из того, что они умеют, ради основных приоритетов. Вторая цель — сделать сферу науки и технологий в России привлекательной. Мы хотим увеличить число исследователей в России примерно на 100 тыс. человек. С учетом того, что демографический тренд,

прямо скажем, не блестящий, плюс серьезнейшая борьба за талантливых исследователей со стороны других стран, — сделать это нелегко. Это возможно только путем постановки серьезных амбициозных задач мирового уровня и обеспечения соответствующих условий для работы над такими задачами. Хочу подчеркнуть, что именно исследовательская задача первична: она привлекает, если амбициозная, и это для ученого самое главное. Второе — инструментарий, то есть условия для проведения исследований: доступность, открытость, мобильность и т.д. Третье — инфраструктурные и социальные условия.

Решение этих трех задач очень нетривиально, особенно в современном мире, когда несколько ведущих стран одновременно в середине нулевых годов инициировали у себя огромные амбициозные научные программы. В том числе по созданию новых мегасайенс-проектов — огромных установок, которые требуют тысяч людей, совершенно новые технологии и т.д. И вот в этом мире мы хотим не просто удержать планку, а, как сказано в указе президента, войти в пятерку ведущих мировых научных держав по приоритетным направлениям исследований.

— А как это определять? Если по публикациям, то на первое место выйдет Высшая школа экономики, сотрудники которой публикуют огромное количество статей, научная ценность которых приближается к нулю!

— Не согласен с вашими тезисом и оценкой. Все нужно взвешивать и оценивать корректно. Рынок труда и репутация университета — вот индикаторы. Конкурс на математику и физику в Вышку сейчас один из самых больших в стране, и выпускники НИУ ВШЭ по этим специальностям чуть ли не самые востребованные. А в целом ведь для ученого, исследователя основной продукт его деятельности — это публикации в журналах, входящих в международные рейтинги, то есть наиболее читаемых. А разве есть возможность оценивать результаты иначе?

— Можно самим издавать журналы, а не закрывать, ссылаясь на отсутствие средств?

— Мы уже начали масштабную поддержку национальных научных журналов в прошлом году, и самое серьезное внимание и продолжение эта работа получит в рамках нацпроекта «Наука».

— Вы наследники ФАНО...

— Мы наследники двух федеральных органов: Министерства образования и науки и Федерального агентства по научным организациям, все профильные департаменты и управления вошли в состав нового министерства.

— Пять лет ФАНО занималось по сути дела инвентаризацией научных учреждений страны. Писались отчеты, горы бумаг шли из научных учреждений страны в агентство. Сейчас все

перешло к вам. У вас есть четкое представление, что у нас в науке хорошо, что плохо, где мы впереди и что нужно развивать в первую очередь?

— Я не согласен с тем, что ФАНО существовало только ради инвентаризации, это была лишь одна из функций агентства. А приведение в порядок всех вопросов по объектам федеральной собственности — процесс необходимый. Я думаю, вы не будете спорить с тем, что ряд наших научных организаций как были на лидирующих позициях в России и мире, так и остались. И на самом деле все эти реструктуризации на многие научные организации практически не повлияли. Возьмите Институт ядерной физики СО РАН или Институт проблем химической физики в Черноголовке, или Институт прикладной физики в Нижнем Новгороде. Я просто привожу примеры из своей области науки. В них зарабатывали и зарабатывают деньги интеллектом.

Я считаю, что одними из главных результатов совместной деятельности ФАНО с академией и Минобрнауки стали проведение открытой оценки деятельности академических научных организаций и выработка критериев публичной экспертной оценки. В этой комиссии работали такие известные ученые, как академики В.А. Рубаков, А.Р. Хохлов и многие другие. Оценка была проведена. По ее результатам только треть академических организаций попали в первую категорию и были признаны самыми эффективными и результативными в научной сфере, если сравнивать с мировым уровнем. Далее, есть еще примерно треть организаций, которые выполняют свои функции и имеют потенциал развития, но тематика не всегда совпадает с приоритетами государственной научной политики, не всегда система подготовки и воспроизводства кадров эффективна, исследования проводятся, но их нельзя назвать передовыми. А еще примерно треть организаций точно нуждаются в качественных преобразованиях. И это нормальный процесс. В странах, которые не меньше нашего претендуют на научное лидерство в мире, — Китае, Японии, Южной Корее, Индии — за последние 10–15 лет было две или три очереди подобных довольно серьезных преобразований. Проводились серьезные реформы и национальных академий, и научных финансирующих организаций.

— А у нас?

— Экономические условия изменились очень сильно, политические тоже. Советский Союз был державой совсем с другим демографическим трендом и с другими инфраструктурными условиями. Мир меняется очень динамично, и преобразования идут сейчас гораздо быстрее, чем 30–40 лет назад.

— Мы распахнули двери мировому рынку, и ворвавшиеся к нам монстры захватили наши богатства?

— Мы же не можем быть изолированными от этого рынка. А потому надо воспринимать его законы, разумно адаптировать систему, настраивать и предугадывать эффективные механизмы развития, не просто думать о будущем, а пытаться воплощать его, создавая возможности, что и планирует делать новое министерство. В ФАНО все-таки была, я считаю, выстроена довольно разумная и открытая система взаимодействия с Российской академией наук. Работали Научно-координационный совет (НКС) и советы директоров институтов. Совместно с академией выстраивалась политика кадровых назначений. Вместе с РАН и Минобрнауки вырабатывались подходы к определению приоритетов в тематических планах научных исследований. Процесс порой шел мучительно, не просто формировалась прозрачная система принятия решений и приоритетов, шли эмоциональные дискуссии, но, на мой взгляд, сегодня институты РАН понимают систему координат, в которой они живут и работают.

— Сейчас университеты начинают активно заниматься наукой. Так ли это или это очередная иллюзия?

— В 1990-е и 2000-е гг. был перекосяк в сторону академических организаций — приоритетное финансирование, поддержка со стороны государства. Студенты и аспиранты шли в научные организации. В середине 2000-х гг. тренд принципиально поменялся, университеты получили пристальное внимание государства, хорошее финансирование, что дало больший импульс к развитию. И это сейчас приносит плоды: российское высшее образование становится все более конкурентоспособным и привлекательным. Посмотрите на рейтинги, сегодня уже десятки российских вузов вошли в престижные когорты. Число иностранных студентов, выбирающих учебу в России, растет. Но корабль науки немножко качнуло в другую сторону. Сейчас, по-моему, задача нового министерства и нового нацпроекта — сформировать эффективную межведомственную интеграцию за счет сбалансированной поддержки и взаимодействия академических организаций и университетов.

Возвращаясь к началу нашего разговора, замечу, что интеллектуальный ресурс очень дефицитен. Сейчас в разных странах идет колоссальная борьба за головы, интеллект. Какие только программы наши друзья и партнеры ни придумывают! Причем финансирование — всего лишь один из инструментов. Там очень много предлагается, причем используются и разрешенные, и запрещенные приемы. И у нас, мне кажется, нет другого пути,

кроме как делать общую, единую систему научных исследований. Научные исследования должны потерять этот окрас — «вузовская» наука или «академическая». Исследования общие! Где удобнее и эффективнее их делать, где можно быстрее получить результат, туда и должен быть определенный переток ресурсов и кадров. Университеты, на мой взгляд, — система более динамичная. Поэтому, скажем, научные проекты, более короткие по своему горизонту, с большим риском на достижение результата, вполне могут и должны «приземляться» в университеты. Более системные, долгоиграющие, дорогие исследования, где риски выше и нужно все оценивать еще ответственнее, должны реализовываться в научно-исследовательских институтах и отраслевых центрах НИОКР.

— У меня возникает ощущение, что наша наука осталась где-то в далеком прошлом и мы задержались с ее развитием. И сейчас мы начинаем понимать, что это нужно менять очень резко, невзирая ни на что.

— Абсолютно правильно. Мир меняется крайне быстро, и мы должны не просто реагировать на изменения, но и опережать какие-то тренды.

— Чего бы вам хотелось достичь на посту первого заместителя министра, чтобы спокойно уйти на свой ускоритель?

— Хотелось бы нескольких вещей. Прежде всего, создать такую систему координат, при которой наука и вузы не сильно бы трясло от постоянных



Первый заместитель министра науки и высшего образования России академик Г.В. Трубников

реформ и преобразований. То есть, с одной стороны, установить определенные векторы и направления движения, а с другой — дать определенную свободу внутри, чтобы систему не нужно было перенастраивать каждые два-три года. Мне кажется, это одна из ключевых вещей в такой отрасли, как наука. Это, наверное, самая сложная задача. А образование еще более инерционно: цикл процессов — семь-восемь лет, и он же — горизонт ожидания и оценки результатов. В высшем образовании чуть быстрее, но при использовании самых современных методик все равно квалифицированный специалист на выходе раньше, чем через три-четыре года, не получается. Это первая задача.

Вторая задача связана с поддержкой ученых. У нас очень много различных ее инструментов, как для отдельных исследователей, коллективов, больших команд и проектов, научных организаций, так и для целых отраслей. Многие из них появлялись из разных стран, будучи перенесенными оттуда как образец.

Некоторые возникали в силу экономических реформ, каких-то инициатив снизу или сбоку. Хорошо бы упорядочить систему этих мер поддержки, чтобы она максимально широко охватывала тех, кто намерен идти в науку. Важно, чтобы критерии были более универсальными и позволяли «передавать» ученого, коллектив или проект от одного механизма поддержки другому. Чтобы не было дублирования и взаимоисключающих требований,

а, наоборот, была комплементарность. И чтобы не было тех самых «долин смерти», о которых говорят многие наши академики. Ведь что получается? Мы вкладываемся в ученика, готовим его. Человек сдал ЕГЭ хорошо, поступил в вуз. Дальше он учится, государство ему все оплачивает. Он получает стипендию, потом гранты. Мы его лет до 30 ведем и готовим на средства государства, получаем идеального специалиста. А дальше у него исчезают инструменты поддержки лет, например, на пять-семь. Во-первых, он привык получать заботу от государства, во-вторых, для того, чтобы держать уровень, ему нужны определенные возможности. Он, не находя их здесь, уезжает за рубеж. Вот это нужно изменить. Это задачка непростая, но решаемая.

Третья задача — хочется, чтобы появилась кооперация, работающая не по принуждению,

а по интересу, когда наука производит не то, что ей интересно, а то, что востребовано индустрией и экономикой.

— **Это же прикладная наука!**

— Почему? Кто-то из великих говорил, что не существует науки фундаментальной либо прикладной. Всякая фундаментальная наука через какое-то время становится прикладной, просто горизонт — где-то год, а где-то 50 лет нужно ждать. Можно привести много примеров фундаментальных работ из 1960–70-х гг., которые только сейчас начинают использоваться. Человечество знает, где можно применить те или иные технологии, какими оно обладает сегодня. А какая-то разработка или технология уже лет 20 лежит и ждет своего часа. Поэтому надо организовать дорогу с двусторонним движением; в советские времена у института была разнарядка по внедрению, а у индустрии — на приемку этих внедрений. Но это во многом было формальным.

— **И всем было хорошо!**

— Каждый формально задачу выполнял. Но только настоящего сплава не было. А проблема ключевая: чтобы вырваться вперед и войти в ту самую пятерку, о которой говорил президент, ее надо решать как можно быстрее. Мы живем в эпоху свободной экономики и рынка, при этом, конечно, с элементами нетривиальной глобальной политики. Если ты делаешь что-то действительно

нужное и полезное, это будет востребовано. Бизнес диктует свои сроки, законы. Если ему нужна какая-то технология завтра, они обращаются в институт. А там говорят, что им нужно полгода на это, полгода на то, и, может быть, через полтора года вы получите результат. Бизнес не может ждать, а потому покупает новое там, где сделают быстрее.

— **Это мечты «технологические», а русскому человеку без души нельзя...**

— Первые три критерия, о которых я говорил, можно обсчитать. Но есть еще один — престиж профессии. Хочу, чтобы отношение к ученым поменялось и стало таким, каким оно было в 1960-е гг., во времена С.П. Королева и Ю.А. Гагарина.

— **Какая, на ваш взгляд, самая главная проблема в XXI в.?**

— Я думаю, что главная задача — сохранение человечества. А дальше можно делать разные

Надо сделать так, чтобы человек в сложной системе биологических и технологических организмов оставался над искусственным интеллектом и разными роботизированными системами

прогнозы, исследовать риски, катастрофические тенденции — от банальных до экзотических.

— Пришельцы и прочие напасти?

— Нет, речь идет о перезагрузке, которая может случиться. Это глобальные тренды в экологии и в цифровизации. Надо сделать так, чтобы человек в сложной системе биологических и технологических организмов оставался над искусственным интеллектом и разными роботизированными системами. Есть и другие опасности — изменение климата, истощение ресурсов. Еще существуют различного рода перерождающиеся инфекции и мутирующие вирусы, за которыми мы не успеваем со своими средствами медицины. Стоит проблема сохранения биоразнообразия на Земле. Мы считаем, что человек — царь природы, но сама природа так не считает. Думаю, что человеку надо во всем этом удержаться, выжить.

— Почему вы повезли своих детей в парк космонавтики?

— Воспитание детей — задача в наше время очень сложная. Ты конкурируешь с источниками информации. Я своим детям просто открываю окно в мир и показываю возможности. Так меня когда-то воспитывали родители. У нас очень дружная семья. Мама открывала для меня книги, водила по выставкам и концертам. Это была культурно-образовательная составляющая. А отец брал с собой в поездки по всему Союзу. Он был известный альпинист, чемпион Советского Союза, «Снежный барс». Повзрослев, свой путь я уже выбирал сам, используя накопленный багаж и жизненный пример моих родителей. То же самое хочу передать детям. Стараясь не толкать, а показывать собственным примером, что всего можно добиться, если учиться и ответственно работать. Дальше свой путь выберут все равно сами.

— Что для вас Дубна?

— Дубна — уникальное место, она у меня всегда в душе. Картина вот на стене в кабинете: смотрю на бесконечную волжскую набережную, цветущие яблони. Дубна, конечно, большая страница в моей жизни. Я не стал бы говорить, что это самый главный этап, потому что наша семья жила в разных местах. Для меня одинаково дороги и Братск, где я родился, и Байкал, и Украина — я жил долгое время в Николаеве, в Одессе.

— И все-таки Дубна на первом месте?

— У меня дети там родились и живут. Я там познакомился со своей женой, обрел семью. Несколько лет жизни в общежитии сформировали круг общения из самых ярких ребят, приехавших в Дубну со всей страны, — сейчас они научные звезды, добившиеся успеха и признания. В Дубне я принял для себя решение о карьере в науке. Я по базовому образованию инженер-системотехник, учился проектировать

системы обработки и управления информацией. Я еще застал черно-белые компьютеры и перфокарты. В Дубну приехал учиться и набираться опыта, мне предложили заниматься автоматизацией физического эксперимента. Физику тогда не понимал настолько глубоко, как это требовал институт, но среда была мотивирующая, хотелось учиться и расти. Люди, в руки которых я попал, просто фантастические — мои учителя и наставники, старшие товарищи. Потрясающие ученые и инженеры, искренне преданные науке, готовые возиться с учениками. Прекрасный сильный научный коллектив, амбициозный, разносторонний. Мой научный руководитель член-корреспондент РАН И.Н. Мешков до сих пор сохраняет потрясающую жизненную энергию. У него много учеников. Он был причастен к первым коллайдерам в мире в новосибирском Академгородке, а сейчас — один из руководителей строительства уникального коллайдера *NICA*. Он основатель научной школы, в которой я имел честь быть воспитанным. В общем, я попал в правильные руки, в правильное место и в правильное время, когда в Дубне зарождались крупные международные проекты. А потом попал в проект *NICA* с легкой руки А.Н. Сисакяна, прекрасного ученого и организатора. В последние годы моим наставником был академик В.А. Матвеев, выдающийся физик-теоретик.

— А много таких центров у нас в стране?

— Их по определению много быть не может. В каждой, даже ведущей стране их несколько. Это, несомненно, Академгородок в Новосибирске, Томск, созвездие институтов вокруг Москвы и Санкт-Петербурга. Не имеющий аналогов, растущий и масштабный Курчатовский институт. Научноград Троицк, Протвино — это большая наука. Есть и другие центры.

— Поедем открывать коллайдер *NICA*?

— Обязательно.

— Когда?

— Я езжу открывать его для себя практически каждые выходные. Там каждую неделю виден прогресс — и с точки зрения не только вырастающих контуров зданий и туннеля коллайдера, но и непрерывно приходящего оборудования. Сейчас, кстати, одна из проблем — синхронизация стройки и сборки, испытания и монтажа оборудования. Я надеюсь, что уже в 2020–2021 г. будет закончена сборка кольца коллайдера. К этому времени уже будут готовы все остальные элементы огромного комплекса. И дальше начнется самое интересное — настройка машины и первые шаги очень сложного эксперимента, самого долгожданного процесса, открывающего нам тайны мироздания. ■

Беседовал Владимир Губарев



Знаменитая
терракотовая
голова античного
божества, найденная
под Крымским мостом

РАСКОПАТЬ ЗНАНИЯ

Вице-президент РАН Николай Макаров рассказал о самых интересных археологических находках последних лет и о планах на будущее

Совмещать археологические раскопки с организационными вопросами отделений общественных и историко-филологических наук приходится в этом году вице-президенту Российской академии наук, директору Института археологии РАН **Николаю Андреевичу Макарову**. По завершении полевого сезона, накануне итогового общего собрания РАН мы попросили академика рассказать о наиболее ярких исторических и культурных находках, а также подвести главные итоги работы в качестве куратора общественных наук.

— Поскольку большинство сенсаций последних двух лет были связаны с Крымом, давайте для начала суммируем самые заметные находки, сделанные здесь.

— Они уже многим хорошо знакомы. Это замечательная голова античного божества, найденная под Крымским мостом. Это огромная курганная насыпь с каменным склепом и погребениями IV в. до н.э. В городской черте Керчи — курган Госпитальный. Далее, первый большой курган некрополя античного Пантикапея, исследованный за последние десятилетия, полностью раскопанный и восстановленный на своем первоначальном месте. Могильник Фронтное в 25 км к северу от древнего Херсонеса с тремя сотнями погребений II–IV вв. н.э., раскрывающих культуру, повседневную жизнь и погребальные обычаи ближайших соседей Херсонеса — «позднескифского» населения. Наверное, эти три памятника — самые важные.

Крым — достаточно хорошо изученная территория, на которой когда-то российская археология начинала исследование античности, общий облик древних памятников Крыма уже известен науке. Но новые раскопки — это не просто количественный рост информации. Это возможность использования более совершенных методов для исследования и документирования древностей, возможность ответа на новые вопросы — в том числе уточнения хронологии с использованием радиоуглеродного датирования, определения происхождения материалов, из которых изготавливались орудия труда и украшения, реконструкции технологий, использовавшихся ремесленниками, изучения состояния здоровья и диеты древних жителей по костным остаткам из погребений.

— Как изменилась историческая картина на основании последних раскопок?

— Они позволяют представить масштабы и силу античного присутствия в Крыму, проникновение античных традиций в глубинку, далеко за пределы греческих городов на побережье. Картина расселения в Крыму в античное время и греко-варварского взаимодействия становится более подробной. Научное изучение материалов раскопок двух последних лет еще не завершено, я уверен, что много нового еще откроется по мере обработки коллекции и систематизации находок. Археология — медленная наука, между раскопками и окончательной исторической интерпретацией материалов часто проходит много времени.

— Какие объекты изменили траекторию трассы «Таврида», соединяющей Керчь с Севастополем?

— «Археологический фактор» изначально учитывался при проектировании Крымского моста и трассы «Таврида». Западная часть Крымского моста и подъезды к ней были проложены так, чтобы обойти Керченскую крепость на мысе Ак-Бурун, находящуюся в самой узкой части Керченского пролива, и курганную группу Юз-Оба. Небольшая корректировка землепользования на участке, прилегающем к трассе, сделала возможным воссоздание кургана Госпитальный после раскопок и изучения погребений. Каменный склеп, скрытый в насыпи кургана, не был разобран, при необходимости он может быть открыт для музейного показа. Если идея создания керченского музейно-исследовательского кластера, выдвинутая РАН, получит развитие, этот курган может стать одним из объектов археологического парка.



Раскопки могильника Фронтное-3 под Севастополем, 2018 г.

Удалось сохранить и открытый раскопками мостик XVIII в., свидетельство строительства первых дорог в Крыму при Екатерине II. Он был неожиданно выявлен на подъездных путях к трассе в Белогорском районе. На камнях — граффити путешественников XIX в. Органы охраны наследия Республики Крым предложили отреставрировать мостик и сделать его объектом музейного показа.

Вообще, памятники нового времени, XVIII–XIX вв., в Крыму исключительно интересны, их значение недооценивается. Один из них — русский полевой армейский лагерь времен Крымской войны на Мекензиевых горах, к северу от Севастополя, исследованный в 2018 г. Находившиеся здесь части прикрывали дорогу с Северной стороны Севастополя на Бахчисарай и Симферополь, во внутренние районы Крыма.

На территории бивуаков собраны многочисленные пули, детали военной униформы, в том числе пуговицы с мундиров, пряжки ремней, курительные трубки, а также фрагменты винных бутылок (следы офицерских застолий?). Одна из бутылок — с клеймом *London*. Изучение пуговиц с цифрами, маркирующими униформу различных полков, в будущем, возможно, позволит прояснить состав воинских частей, занимавших этот лагерь.

— Лагерь музеефицируют?

— Музеефицировать остатки лагеря невозможно: раскопками открыты сложенные на скорую руку каменные вымостки, на которых стояли палатки, обеспечить долговечность этих конструкций затруднительно. Для посетителя они останутся малопонятными. В Крыму хватает других потенциальных объектов для музеефикации. Например, курганов и остатков античных усадеб в районе Керчи, где Российская академия наук предлагает создать особый музейно-исследовательский кластер, основой которого мог бы быть Восточно-Крымский историко-культурный музей-заповедник.

— А есть ли примеры создания новых археологических музеев на местах раскопок за пределами Крыма?

— Безусловно. Самый большой успех в этой области — музеефикация остатков храма Благовещенья на Городище под Великим Новгородом. Это один из древнейших новгородских каменных храмов, постройка князя Мстислава Владимировича 1103 г. Остатки церкви, полностью исследованной раскопками члена-корреспондента РАН В.В. Седова, законсервированы реставраторами и превращены в интереснейший музейный объект. Результаты раскопок, в ходе которых в завалах храма были обнаружены многочисленные фрагменты фресок XII в. (реставраторам, кажется, удастся собрать из них большие композиции), широко освещались в средствах массовой информации.

Кстати, большинство археологических музеев в нашей стране были созданы по инициативе ученых из академических институтов. Вспомним, например, Старую Рязань, Болгарский музей-заповедник на территории Татарстана, недавно включенный в список всемирного наследия ЮНЕСКО, музей наскального искусства «Петроглифы Канозера», сравнительно недавно созданный по инициативе наших коллег из Института истории материальной культуры в Санкт-Петербурге, наконец, музей-заповедник «Фанагория» на Кубани, открытый благодаря настойчивым усилиям В.Д. Кузнецова, заведующего отделом классической археологии Института археологии РАН. Все эти музеи находятся сегодня в ведении Министерства культуры РФ или субъектов федерации РФ, но основой для их создания стали памятники, открытые учеными Российской академии наук.

— Есть не менее важные объекты, которые пока не удалось музеефицировать?

— Безусловно. Например, остатки византийского храма IX–XI вв. в Сочи, исследованные экспедицией Института археологии в 2010–2011 гг. в зоне строительства олимпийских объектов. Редкий памятник, отражающий распространение христианства и византийской строительной культуры в этой части Причерноморья. Стены церкви сохранились на некоторых участках на высоту до 2 м, полностью сохранился погребальный склеп с полукруглым сводом. Кладки зарастают кустарником и разрушаются. В полутора километрах — прогулочная зона, набережная и образовательный центр «Сириус». Археологи неоднократно ставили вопрос о музеефикации храма, обращались к руководству Краснодарского края и города Сочи. Но пока никакого движения. Между тем в Сочи ясно ощущается недостаток музейных объектов, в том числе раскрывающих связи этого региона с Византией.

— Как решается вопрос с хранением отчетной документации о раскопках и археологических предметов, артефактов?

— Все отчетные материалы о полевых археологических работах, производящихся на территории России, в соответствии с законодательством о сохранении наследия поступают в архив Института археологии РАН. Ежегодно в нашей стране выдается около 2,5 тыс. «открытых листов» — разрешений на производство археологических раскопок и разведок, все они должны тщательно документироваться, значит, примерно столько же отчетов ежегодно передается в архив. Уникальная система сосредоточения всей археологической документации в одном хранилище сложилась еще во времена Императорской археологической комиссии. Инициатором сохранения и развития этой системы в советское и постсоветское время была академия

наук. Эта система дает возможности широкого пространственного видения археологических памятников и древних культур, а также самой археологической деятельности. Она как бы обеспечивает информационное единство российской археологии. Но ее поддержка и развитие требуют серьезных затрат и усилий: ведения электронного каталога, новых помещений для хранения документации, перевода отчетов в цифровой формат. Возможность панорамного взгляда на российские древности дается немалым трудом.

Археологические находки после раскопок должны передаваться в музеи, в государственную часть Музейного фонда РФ. Музеи всегда с охотой принимали яркие, выдающиеся находки — такие, например, как керамическая голова божества, найденная под Крымским мостом. С меньшей охотой — фрагменты керамики, бытовые вещи и орудия труда из железа, каменные орудия. Но до недавнего времени принимали. Ситуация стала меняться в последнее десятилетие по мере расширения строительства и связанных с ним спасательных раскопок, в результате которых формируются огромные коллекции древних вещей. Многие из этих предметов кажутся малоинтересными для неспециалистов, но они бесценны для науки. При раскопках на трассе «Таврида» найдены десятки тысяч предметов. Кроме ювелирных украшений, которые готовы принять все, есть, например, амфорные ручки с клеймами — важнейшими источниками информации о месте и времени изготовления этих сосудов. Но и многие фрагменты амфор без клейм должны быть сохранены в коллекциях. Музеи обоснованно жалуются на недостаток помещений и на сложную систему регистрации этих находок при приеме их на хранение.

Этот вопрос обсуждался в прошлом году на заседании Совета при Президенте РФ по культуре и искусству, итогом обсуждения стало поручение президента создать специальные музейные хранилища для археологических материалов. Кстати, во многих странах подобные хранилища уже существуют.

— Где у нас их можно построить?

— Прежде всего, в тех регионах, которые наиболее насыщены археологическими памятниками,

где масштабы полевых работ наиболее значительны. Это Юг и Центр Европейской России, Северо-Запад, Татарстан.

— А где же коллекции хранятся сейчас?

— С большим трудом, но нам пока удастся размещать их в различных музеях, однако их возможности уже на исходе.

— Вы неоднократно говорили о сокращении в последние годы археологических подразделений в музеях, о сокращении преподавания археологии в вузах. С чем это связано?

— Наш мир ориентирован на прагматические ценности, а археология — фундаментальная наука, которая должна создавать новое знание о прошлом и обеспечивать сохранение наследия. Ее «продукция» не имеет практического применения. Даже музеи, которые создаются на археологических памятниках, — как правило, бюджетные учреждения, требующие вложения средств. С другой стороны, в последнее десятилетие у нас появилось

множество коммерческих археологических компаний, которые занимаются спасательными раскопками.

— Вы с ними конкурируете?

— Скорее взаимодействуем. Сотрудники многих из этих организаций — выпускники исторических факультетов известных вузов, профессионалы, стремящиеся добросовестно проводить раскопки. Частные компании могут успешно выполнять отдельные проекты, проводить спасательные раскопки на от-

дельных памятниках. Но в целом такие компании не могут быть устойчивой опорой для археологической отрасли. Они создают опасную иллюзию, что археология может развиваться как коммерческая сфера, без государственной поддержки.

— Есть ли у археологов цели — строения или предметы, которые хотелось бы найти в ходе целенаправленных научно-исследовательских раскопок?

— Современный археолог — не охотник за раритетами. При организации раскопок, преследующих чисто научные цели, его задача — получить ответ на тот или иной исторический вопрос, принципиально новые знания об интересующих его эпохах и культурах.

— Вас, насколько я знаю, больше интересует средневековая Русь?

Наш мир ориентирован на прагматические ценности, а археология — фундаментальная наука, которая должна создавать новое знание о прошлом и обеспечивать сохранение наследия

— Средневековая Русь — бесконечная тема. Меня всегда занимали средневековые памятники или территории, которые по каким-то причинам долгое время оставались на периферии исследовательского внимания, недооценивались. Уже более 15 лет я и мои ученики ведем изучение Суздальского Ополя, где, как оказалось, в X–XII вв. сложилось основное ядро древнерусского расселения на территории Северо-Восточной Руси. Сеть средневековых поселений здесь была необычайно плотной и устойчивой и как бы питала своими людскими и материальными ресурсами огромную периферию, колонизационные волны, выплескивавшиеся далеко на восток и на север. Ежегодно мы документируем несколько десятков ранее неизвестных поселений между Владимиром и Переславлем-Залесским и проводим раскопки могильников. Наша задача — реконструкция системы расселения и социального устройства Северо-Восточной Руси, изучение идентичности ее населения.

— Так в чем же особенности Суздальского Ополя?

— Формирование плотной сети больших сел здесь стало возможно благодаря наличию плодородных темноцветных почв, особые свойства которых в полной мере оценили средневековые насельники. Плотная сеть расселения давала колоссальные возможности для правителей владими́ро-суздальских земель: князья могли быстро собрать и отправить в поход большие военные силы. Отсюда и претензии Северо-Восточной Руси

на гегемонию среди древнерусских земель в XII в., походы суздальцев на Новгород, Киев, Волжскую Болгарию.

С другой стороны, систематическое обследование трех с половиной сотен средневековых поселений в Ополе выявляет необычные особенности социальной организации суздальского общества. Выясняется, что в сельских поселениях жили не только крестьяне, но и элита. Чем больше изучаем, тем больше находок, которые указывают на присутствие знати, — это металлические стили для письма на бересте и воске, оружие, предметы христианского культа со сложной символикой, подвесные печати, книжные застёжки. То есть в XII в. в обиходе людей, дворы которых располагались среди суздальских полей, были книги!

— Суздальская знать не была привязана к городам, где находились княжеские резиденции?

— Но ведь и русские помещики в XIX в. проводили значительную часть года в своих усадьбах и часто переселялись в столичные квартиры лишь на зиму. Древнерусской археологии свойственно несколько преувеличивать роль городов и масштабы урбанизации в XI–XIII вв., противопоставлять город и село как две разные модели хозяйства, культуры и ментальности. Я думаю, что средневековая владими́ро-суздальская элита — это люди, которые, скорее, жили на два двора (один в городе,



Раскопки в Московском Кремле: в шурфе на Ивановской площади обнаружены культурные напластования XII–XIII вв.

другой в селе) и легко преодолевали, когда обстоятельства этого требовали, расстояние в несколько десятков километров.

— **Вы третий год проводите раскопки в Московском Кремле. Что нового дают эти раскопки для науки?**

— Парадоксально, но Московский Кремль археологически мало изучен. Наши раскопки на месте демонтированного 14-го корпуса — первые раскопки на вершине Кремлевского холма за последние 50 лет.

История Кремля, начала Москвы всегда вызывала огромный интерес, но особый статус Кремля до недавнего времени делал его малодоступным для археологов. Главным способом сбора археологических материалов здесь долгое время оставались наблюдения на участках реставрационных и строительных работ. Это ситуация, когда археолог собирает древние предметы в строительной траншее и зачерчивает ее профиль. Полноценные раскопки проводились лишь трижды. В 1959–1960 гг., при строительстве Дворца съездов, в его котловане. К сожалению, археологам тогда дали исследовать в нормальном научном режиме лишь небольшой участок, на большей части строительной площадки драгоценный для науки кремлевский культурный слой был снят экскаватором. Раскопки Института археологии в Тайницком саду в 2007 г. стали первыми археологическими работами, при которых средневековые кремлевские усадьбы вскрывались на широкой площади, вручную, с соблюдением всех археологических методик. Оказалось, что на Подоле Кремля отложился восьмиметровый культурный слой, влажный, сохраняющий деревянные постройки XIV–XVII вв. Но Тайницкий сад находится у подножья Кремлевского холма, эта территория не входила в состав древнейшего ядра кремлевского поселения. Городские усадьбы XII в. — первой половины XIII в. здесь не выявлены.

Участок на Кремлевском холме на месте демонтированного 14-го корпуса частично сохранил культурные напластования и остатки построек домонгольского времени, древнейшей поры Москвы. Здесь мы впервые смогли исследовать их в медленном режиме, просеять грунт, удостовериться, что находки не ушли в отвал, отобрать образцы для радиоуглеродного датирования. Никто не торопил. Собрана большая серия датированных вещей XII–XIII вв. Впервые получена серия радиоуглеродных дат по образцам из древнейшего культурного слоя. Теперь мы знаем, что застройка восточной части Кремлевского холма началась в последней трети XII в. Эта хронология хорошо согласуется с первыми летописными известиями о Москве.

Но не менее интересны и материалы более позднего периода, XIV–XVII вв.: некрополь Чудова

монастыря, погребения и белокаменные саркофаги, остатки монастырских построек. При сносе монастырей исследователи не имели возможности сделать обмеры исторических построек, поэтому археологические наблюдения — единственная возможность точнее представить их облик. В фундаментах XVI–XVII вв. во вторичном использовании найдены белокаменные детали древнейшего собора Чудова монастыря, церкви Чуда Архангела Михаила, построенной митрополитом Алексием в 1365 г. и разобранной при строительстве нового собора в начале XVI в. Это отдельные камни, небольшие фрагменты постройки, но значение этих находок для истории ранней Москвы трудно переоценить. Ведь большинство каменных храмов этого времени, возведенных в Москве, утрачены.

Предварительная публикация материалов раскопок должна появиться до конца года.

— **Как будут экспонированы остатки средневековых построек и находки?**

— Как вы знаете, на Ивановской площади сооружены два музейных окна, в которых посети-



Вице-президент РАН
академик
Н.А. Макаров

тели Московского Кремля могут увидеть остатки трапезной Чудова монастыря и церкви Алексея Митрополита и фундаменты Малого Николаевского дворца. Раскопки на этих участках проводились таким образом, чтобы остатки этих строений не демонтировались для изучения более древних слоев. Все камни остались на своих местах. Музейные окна — сравнительно небольшие сооружения, это первый опыт экспонирования исторических построек под стеклом в Москве. Археология, таким образом, — не только источник новых знаний по истории Кремля, но и возможность восстановления исторической памяти, возвращения на территорию Кремля знаковых для нашей истории построек, пусть и в виде фундаментов в музейных окнах. Подлинники убедительнее новоделов. Добавлю, что есть перспектива расширения археологических экспозиций в Кремле и продолжения раскопок.

— Ваша должность вице-президента РАН, курирующего гуманитарное направление науки, — это особая миссия, потому что, как вы сами сказали, мир больше нацелен на прагматические ценности. Какие первоочередные задачи вам пришлось решать, есть ли заметные успехи у историков, словесников, литературоведов?

— Исследования гуманитариев, выполняемые в институтах, работающих под методическим руководством РАН, сегодня не очень заметны. Современное общество и медийное пространство устроены таким образом, что новые фундаментальные знания в этой области по-прежнему создаются профессионалами, работающими в институтах и университетах, но транслируются по самым многообразным каналам. Исходное «авторство» при этом часто теряется. Исторические источники, подборки архивных материалов, словари, академические издания классиков литературы сегодня широко доступны в интернете. Боюсь, что немногие из тех, кто обращается к этим материалам, осознают, что в основе их работа гуманитариев, историков и филологов, которые как бы остаются «за кадром». Обновление гуманитарного знания требует колоссальных усилий. Сегодня очевиден запрос на новые добротные обобщающие исследования, позволяющие ориентироваться в нашем прошлом и настоящем. И такие исследования создаются. Один из примеров — новая «Всемирная история», шеститомник, работу над которым завершил Институт всеобщей истории РАН. Презентация этого издания, предлагающего новое видение многих явлений мировой истории, недавно состоялась в Доме приемов МИД. Другой пример — издания института Российской истории РАН, представляющие новое осмысление русской революции 1917 г. и верифицированную версию хода революционных событий.

Наша задача — укрепить институты гуманитарного профиля, создать условия для продуктивной работы гуманитариев в ситуации, когда система управления наукой и оценки научных учреждений меняется. Гуманитарии — небольшое меньшинство в общем цехе научных работников, они не всегда адаптированы к переменам. Сегодня все на словах признают важность гуманитарных наук, но новые «правила игры» часто ставят перед ними труднопреодолимые барьеры. Новая система оценки работы институтов должна в полной мере учитывать специфику гуманитарных и общественных наук, не навязывать для их оценки неадекватные критерии, не соответствующие содержанию исследовательской работы.

— Вы имеете в виду использование наукометрических показателей?

— В том числе. Сегодня, кажется, все согласны, что количество публикаций в журналах, включенных в международные библиографические базы данных, не может быть адекватным показателем научной продуктивности институтов гуманитарного профиля и ученых-гуманитариев. Но в реальности эти показатели продолжают рассматриваться как главные критерии «успешности» и становятся входными билетами для участия во многих конкурсах.

— Что, по-вашему, сегодня наиболее актуально для модернизации институтов гуманитарного профиля?

— Одна из насущных задач — создание в институтах современных информационных систем и цифровых архивов, обеспечивающих сохранность документального наследия, быстрый доступ к научным изданиям и архивным документам. Это касается прежде всего институтов, располагающих уникальными фондами архивных материалов, библиотеками, включающими коллекции книг по отдельным редким дисциплинам и музейные коллекции. Таких институтов немало, наиболее известные — Пушкинский дом (Институт русской литературы РАН), Институт восточных рукописей РАН, Кунсткамера (Музей антропологии и этнографии РАН). Некоторые уже начали оцифровку архивов и размещение части материалов на своих порталах, но имеющиеся технические средства не позволяют развернуть эту работу в требуемых объемах. Перевод в электронный формат хотя бы части архивных и библиотечных фондов научных учреждений историко-филологического профиля и создание современной навигации — необходимый шаг в технологическом обновлении гуманитарных наук, о котором сейчас так много говорится. Логично было бы, если бы модернизация информационной сферы проводилась в рамках национального проекта «Наука». ■

Беседовала Наталья Веденева

Трубчатый анемон
(цериантус)

Академик Андрей Адрианов:

«О чем молчит
великий океан?»

Случилось так, что две недели я жил на берегу океана. Работал над новой книгой. Каждое утро и каждый вечер я выходил на берег, чтобы не только посмотреть на водную гладь, раскинувшуюся передо мной, но и попытаться понять ее характер. А он, представьте себе, был удивительно непостоянен, а потому интересен.

Однажды я вышел на берег. И совсем нежданно и непривычно океан вырос передо мной черной стеной, уходящей ввысь, в бесконечность. В это мгновение я понял, что ничего не знаю о нем, что он непознан...

— А у вас было такое ощущение? — спросил я у собеседника.

— Оно у меня постоянно.

Так началась наша беседа с вице-президентом РАН академиком

Андреем Владимировичем Адриановым.

— Когда у вас случилась первая встреча с океаном?

— После третьего курса. Я учился на биологическом факультете Московского университета. Студенты биофака уже после первого курса проходили практику на Беломорской биостанции МГУ, но если мы говорим об океане, то это после третьего курса. В советское время, когда приходила пора готовить курсовую или дипломную работу, студент мог пойти в научный отдел факультета и попросить командировку фактически в любой уголок нашей необъятной страны, важно было только иметь оттуда приглашение. Студентов с так называемых полевых факультетов брали очень охотно, потому что в экспедиции всегда нужны рабочие руки. И я после третьего курса, а потом и после четвертого, принимал участие в морских исследованиях. На судне мы выходили вдоль Камчатского полуострова, стояли в полевых лагерях на берегу Тихого океана, погружались с аквалангом в океан.

— Океан отличается от моря?

— По ощущениям, пожалуй. Впрочем, если непогода, шторм, и там и там опасно. А когда ты находишься в море или океане,

на поверхности воды ощущение одинаковое, особенно если не видно берега. Но если ты оказываешься на дне, конечно, фауна отличается, донные ландшафты совсем иные. Морской биолог, находясь под водой, может увидеть массу различий, например, между Баренцевым морем и Японским, или Охотским морем и Тихоокеанским побережьем Камчатки.

— Вы прошли весь путь ученого — от студента до академика и директора института.

— В 1986 г. окончил биологический факультет МГУ, в этом же году поступил в аспирантуру. В 1989 г. защитил кандидатскую диссертацию, и нужно было выбирать, куда ехать работать. В советское время была так называемая система распределения. У меня к тому времени уже был опыт работы и на Камчатке, и во Владивостоке, в Японском море на биологической станции Института биологии моря ДВО РАН. Эти места мне были интересны, и я выбрал Тихий океан. Приехал во Владивосток в Институт биологии моря, начал там работать. Начал с младшего научного сотрудника, ну и в конце концов стал директором института.

— **Об океане вы знаете очень много. Но чем больше им занимаетесь, тем больше у вас возникает вопросов, не так ли?**

— Говорить, что кто-то знает об океане очень много, на мой взгляд, неправильно. Ни в плане изучения физики океана, ни его химии и особенно биологии глубоководных районов. Это бесконечная стихия. Наступит ли время, когда кто-то скажет, что он знает, как устроен и как живет океан? Ведь что такое океан для человечества? Прежде всего, это колыбель жизни. Жизнь оттуда вышла. Может быть, жизнь туда когда-нибудь и вернется. Я имею в виду новую стадию развития человечества.

— **Пока это звучит слишком уж фантастично!**

— Я уже в нескольких докладах говорил, что мы знаем об океане даже меньше, чем о ближнем космосе. На сегодня в космос слетали и благополучно вернулись уже более 560 человек. 12 человек были на Луне, шестеро — даже на оборотной стороне Луны. А многие ли спускались в глубины океана? В Марианской впадине были только трое: Дон Уолш, Жак Пикар и Джеймс Кэмерон. Еще два пилота планируют спуститься туда в ближайшее время, и это будут россияне. На глубины более 7 км тоже спускалось не так много людей, может быть, десятка полтора. Мне кажется, это сравнение показывает разницу в наших знаниях о ближнем космосе и океанских глубинах.

— **Это связано с развитием техники?**

— Это связано с огромным объемом океана и с необходимостью иметь технические средства для его изучения. Океан — это колоссальное жизненное пространство. Он покрывает 71% поверхности

нашей планеты. Когда школьникам об этом рассказываешь, они иногда спрашивают: «Если планета покрыта океаном, почему она называется "Земля", а не "Океан"?» Отвечаю, что в истории нашей планеты было время — несколько сот миллионов лет, — когда океана не было. Потом он возник, и его появление — отдельная история. Средняя глубина Мирового океана очень большая, порядка 3688 м. Но эта цифра «плавает», потому что морские экспедиции все время уточняют глубину в каньонах, впадинах. Данные разнятся. Например, та же Марианская впадина. В свое время наши океанологи на «Витязе» определили ее глубину — 11 022 м. По данным же американских источников, глубина где-то 10 994 м, то есть более 11 км. А средняя глубина больше 3,5 км. Берем площадь океана, его глубину, и этот огромный объем водной массы получается на два порядка больше, чем жизненное пространство на суше.

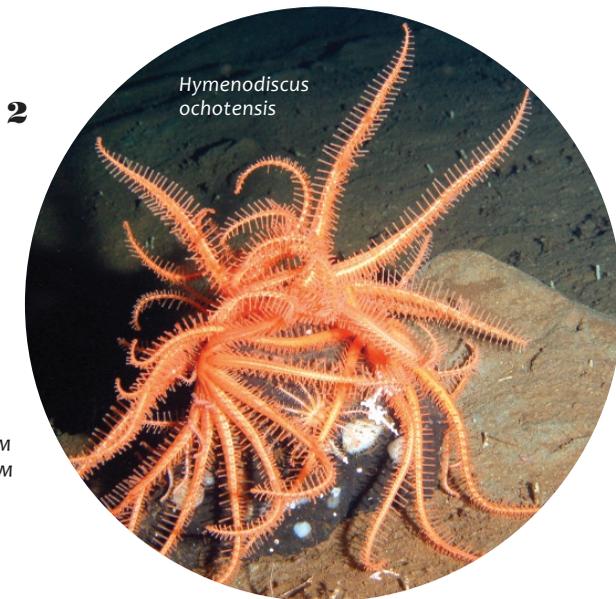
Некоторые ученые считают, что морская вода — это «бульон из вирусов». Если мы сканируем всю океанскую толщу, везде есть жизнь. Не только в самых верхних слоях, куда проникает солнечный свет, где производится первичная продукция за счет фотосинтеза, но и в океанских глубинах. Мы сейчас получили в свое распоряжение робототехнические средства, позволяющие достигнуть максимальных глубин. Мы увидели, что и на океанском дне, где колоссальное давление (каждые 10 м добавляет одну атмосферу), везде кипит жизнь.

— **Вы сказали, что происхождение океана — «отдельная история». Все-таки как это произошло?**

— Есть разные точки зрения на происхождение планеты и океана. Я не геолог, а потому просто транслирую импонирующую мне точку зрения. Сначала, когда Земля возникла из протопланетной материи, она была холодной. Потом ее поверхность стала разогреваться бомбардировками метеоритов, а недра — за счет гравитационных сил

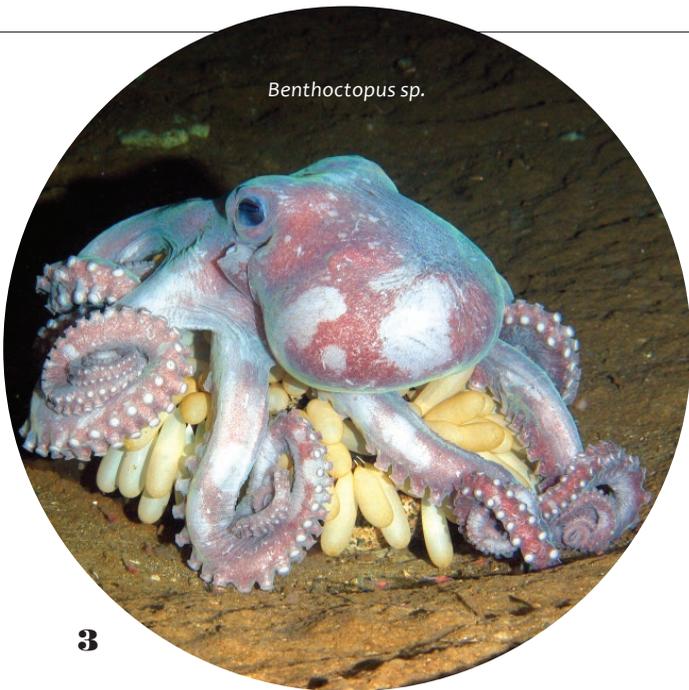


Berryteuthis magister



Hymenodiscus ochotensis

1. Командорские кальмары, Японское море, глубина 600 м
2. Звезды бризингиды, Охотское море, глубина 1,5 тыс. м
3. Глубоководный осьминог, Охотское море, глубина 1,5 тыс. м
4. Глубоководная голотурия, Берингово море, глубина 2,5 тыс. м
5. Глубоководная голотурия, Берингово море, глубина 4,2 тыс. м
6. Глубоководный скат, Охотское море, глубина 1,5 тыс. м



3



4



6



5

и ядерных реакций. Затем ее поверхность стала остывать, но недра оставались горячими, что, собственно, и вызвало вулканическую деятельность, которая продолжается до сих пор. В вулканических парах содержится огромное количество воды. Дальше идет конденсация этой воды на более прохладную поверхность планеты. Формировались водоемы, которые в конце концов соединились в океан. Кстати, вулканы действуют, а потому и сегодня продолжается формирование Мирового океана.

— **Мы поражаемся разнообразию живого на суше: от Арктики до тропических лесов — все насыщено жизнью. А что в океане?**

— Поскольку суша более доступна для исследования, чем глубины океана, о жизни на суше мы знаем существенно больше. Мы описали на нашей планете около 2 млн видов живых существ. Из них больше 1,5 млн приходится на насекомых, а на водные организмы — всего лишь примерно 300 тыс. Возникает ощущение, что на суше больше видов живых организмов, а в океане их меньше, несмотря на то что океан больше, чем суша. Но если мы посмотрим с другой стороны — будем считать не виды, а таксоны, — то получится совсем иная картина. Окажется, что в океане есть, например, представители практически всех типов многоклеточных животных. Все крупные таксоны животного царства присутствуют в океане. А на суше и в пресных водах эти цифры существенно меньше. Возникает ощущение, что таксономическое или филогенетическое разнообразие в океане гораздо больше. Но это понятно, потому что история жизни в океане гораздо продолжительнее, чем на суше.

— **И не все существа выбирались на сушу, предпочитая оставаться в океане, не так ли?**

— Конечно. Совсем недавно, на рубеже веков, была парадигма в научной литературе, что соотношение видов на суше и в океане — примерно десять к одному. То есть на суше их больше примерно в десять раз. И только за последние 20 лет эта парадигма существенно меняется. Приходит осознание, что биологическое разнообразие и видовое богатство в океане скорее всего больше. За короткий период времени представления существенно изменились. Почему? Да потому что биологическое разнообразие в глубинах океана оказалось неожиданно богатым.

— **Считалось, что там пустота и «мертвая зона»?**

— Именно. Мол, на больших глубинах нет условий для жизни. «Океанская пустыня», так сказать. Но все совсем не так! И нас это особенно интересует. В частности, сотрудников нашего института, который сейчас стал Национальным научным центром морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН. Он находится во Владивостоке.

— **Вы вели пионерские исследования на больших глубинах океана?**

— История изучения глубоководья с подводными аппаратами началась еще в прошлом столетии. В том числе это эпоха наших замечательных аппаратов «Мир-1» и «Мир-2», созданных в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Сейчас наш центр ведет глубоководные исследования в северо-западной части Тихого океана. Конечно, в сотрудничестве с коллегами-океанологами. Новые технологии изменили наше представление не только о биоразнообразии в океанских

глубинах, но и о количестве биологических ресурсов во всем океане. Это особенно важно для всего человечества. Когда я говорю «биоразнообразии», может быть, не все понимают, насколько это важно и касается каждого из нас. Это продовольственная безопасность, новые источники пищи, новые лекарства и т.д. Приведу один пример. Задались специалисты, казалось бы, простым вопросом: сколько рыбы в океане? Вопрос очень важный, потому что от него зависит, сколько мы рыбы можем взять без ущерба для океана. В 2009 г. в журнале *Science* вышла статья с приблизительной оценкой. В разных районах Мирового океана работает довольно много исследовательских рыбопромысловых судов. Они кидают «учетные тралы», смотрят, сколько туда попадает рыбы, и делают примерные расчеты. Есть другие методы. Например, считают по звеньям пищевой цепи. В общем, цифра получилась такая: от 1 до 2 млрд т. Примем верхнюю планку — примерно 2 млрд т рыбы. Ежегодно мы забираем из природы от 90 до 95 млн т водных биологических ресурсов. Многие экологи считают, что эта цифра близка к предельной. Значит, забирать из океана больше 100 млн т биоресурсов — это уже ущерб для океанской экосистемы. Значительная часть тех биоресурсов, той рыбы, которую мы из океана берем, это верхний слой — глубина от 0 до 200 м, куда проникает свет. Под ним идет слой до глубины 1 км, куда долетает только один из 10^{24} фотонов, которые падают на поверхность океана. То есть это зона сумерек. Там темно для человеческого глаза, но не для организмов с другой чувствительностью. В этом слое живут мезопелагические рыбы. Они небольшие, обычно 20–25 см, но в них очень много жира. Их сложно ловить, потому что при подъеме на поверхность с глубины в 1 км они превращаются в желе.

— Так что нам приходится рассчитывать только на 200 м?

— Нет. Ловят на разных глубинах, но всегда считали, что биологических ресурсов на больших глубинах существенно меньше. Итак, одна статья по ресурсам вышла в 2009 г., вторая появилась в 2014 г. в не менее уважаемом научном журнале *Nature*. И в этой статье написано, что вышла ошибка с подсчетом биомассы мезопелагических рыб. Оказывается, в слое до 1 км примерно от 11 до 15 млрд т мезопелагических рыб. Ошиблись в десять раз! Вот такой уровень неточности. Если принять эти цифры, то из океана мы можем брать уже 200 млн т рыбопродукции без ущерба для океанской экосистемы.

Почему произошла такая ошибка? Оказалось, что значительная часть рыб не попадала в тралы. Особенности зрения мезопелагических рыб таковы, что в этой темноте они видят трал и уходят от него. Тогда сделали специальную кругосветную экспедицию между 40° с.ш. и 40° ю.ш. Использовали

не тралы, а сонары. И увидели огромное количество мезопелагических рыб. Возможно, не так мало рыбы и в слоях, которые глубже 1 км, например в батипелагиале, но мы не можем засечь там рыбу даже сонарами, так как она уже не использует плавательный пузырь из-за большого давления. Там рыбы регулируют свою плавучесть жиром, который заполняет этот пузырь. Пока у нас нет технических средств, чтобы оценить, сколько рыбы в толще воды глубже, чем 1 км, однако нам ясно, что там тоже есть биоресурсы, и их немало.

— Рыбу с таких глубин добывают?

— Ее ловят, но мало. Очень сложно получать эту рыбу в хорошем, кондиционном состоянии. И технологии переработки настроены на более стандартную, обычную продукцию.

— Но все-таки нам предстоит осваивать переработку и этих рыб?

— Ресурсы суши ограничены, а нужно кормить растущее население планеты. Чтобы решать эту проблему, мы создаем генетически модифицированные сельскохозяйственные культуры, совершенствуем агротехнологии, так как боимся, что не хватит продовольствия. Значительная часть человечества вынуждена ограничивать себя в потреблении продуктов. И здесь может помочь океан. Его ресурсы очень велики. И это полноценные, качественные продукты.

— Но как к нему подступиться?

— Некоторое время назад наш парк подводной техники пополнился несколькими глубоководными аппаратами. Например, один из них весит 1,5 т, а лебедка у него больше 22 т. Он обеспечивает работу до глубины 6 км, может делать практически все, что нам надо. Он может двигаться в любом направлении, у него есть манипуляторы, он может собирать все, что нужно, имеет большое количество датчиков — то есть мы фактически получили глаза, уши и руки для того, чтобы полноценно работать на этих глубинах. Это телеуправляемый робот. В Дальневосточном отделении РАН есть Институт проблем морских технологий. Этот институт был создан академиком М.Д. Агеевым, он разрабатывает и конструирует автономные подводные

Школьники знакомятся с обитателями Приморского океариума



аппараты. Они могут опускаться до самых больших глубин. Эти аппараты сканируют дно, фотографируют, ведут видеосъемку, могут нести любые датчики. Есть программы, которые идеально сшивают между собой отдельные фотографии, и мы можем получить сколь угодно большую фотографию морского дна площадью хоть несколько квадратных километров. И на экране компьютера в лаборатории исследователи могут видеть дно с очень высоким разрешением. Можно определить и подсчитать морские организмы. Более того, у подводного аппарата есть лазеры и лазерная линейка, которая очень точно измеряет линейные размеры объекта. На основе этого вы можете определить его объем. А зная удельную плотность морских организмов и их объем, вы можете высчитать биомассу. Раньше бросали донный трал, скребли по дну, поднимали все наверх, высыпали на палубу, делили на кучки, взвешивали и таким образом определяли биомассу. Потом экстраполировали на большие площади. Получалось не очень точно. А подводные роботы — это совершенно новая эра.

— Перед вами открылся новый мир?

— Передо мной — безусловно. Исследования проводились еще в 1970-х, 1980-х, 1990-х гг., но они были эпизодическими, технические средства еще были достаточно ограничены. Картинки получали не всегда идеального качества, не было возможности исследовать большие площади. А сейчас уже у многих стран есть робототехнические средства, которые позволяют увидеть то, что лежит на морском дне, что можно потенциально взять оттуда. Сейчас очень многие страны изучают океан, потому что все поняли: если там огромные богатства, значит наступит время, когда его будут делить. У нас ведь все поделено...

— Пора устанавливать границы и в океане?

— А как провести границы в океане? Ведь большая часть океана — вне зон национальных юрисдикций. У прибрежных или островных государств есть 12-мильная зона. Это территориальные воды, там государство — полный хозяин. Есть 200-мильная зона, это исключительная экономическая зона, там с некоторыми ограничениями государство тоже может само определять режим водопользования и т.д. В некоторых случаях к 200-мильной зоне еще можно добавить 150, если вы доказали, что это продолжение континента. Однако значительная площадь Мирового океана находится вне зон национальных юрисдикций, она так и называется: Международный район Мирового океана. И вот уже начались попытки разделить и этот район, и сосредоточенные на его дне ресурсы. Как это можно сделать? Есть Конвенция ООН по морскому праву, в ее рамках существует так называемый Международный орган по морскому дну. Он выдает лицензии на геологоразведку в Международном районе Мирового океана. И вот страна получает какой-то участок дна для геологоразведки на 15 лет, за которые здесь нужно провести исследования и затем показать, что она готова к практическим разработкам, то есть фактически к добыче полезных ископаемых. Многие страны столбят такие участки «впрок». Через 15 лет у вас уже могут появиться хорошие технические средства, чтобы без большого ущерба для глубоководной экосистемы собирать на дне железомарганцевые конкреции либо снимать с гайотов кобальтоносные марганцевые корки, либо срезать минеральные постройки у гидротермальных выходов — те самые глубоководные полиметаллические сульфиды. У вас есть техника, вы показали свои возможности и теперь уже получаете тот участок в разработку на долгие годы.

— Начинается очередная «золотая лихорадка», но теперь уже в океане?

— Все это имеет смысл, потому что и минеральные, и биологические ресурсы в океане существенно превышают таковые на суше. Минеральных ресурсов, например, на океанском дне сосредоточено огромное количество. Площадь океанского дна неизмеримо больше площади суши. Океан — это около 362 млн км², а площадь планеты — где-то





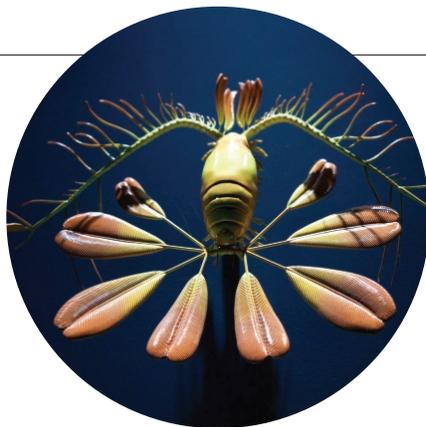
1

510 млн км². Из этих 362 млн около 294 млн приходится на бескрайние абиссальные равнины, примерно на 10% которых находят так называемые железомарганцевые конкреции. Это такие окатышки. Они могут быть маленькими — 1 см, могут быть размером 10 см, встречаются даже и до 20 см. Они лежат на дне. Нужен подводный комбайн, который идет по дну и собирает эти железомарганцевые конкреции. Такие технические средства уже есть. Созданы комбайны, которые могут работать на глубине до 5 км. Есть технические средства, способные собирать кобальтоносные корки. Есть подводные тракторы, экскаваторы, которые могут снимать конусовидные постройку с полиметаллическими сульфидами и т.д. Так что добывать минеральные ресурсы с морского дна не только можно, но это уже происходит.

— **Океану не уготована та же участь, что и космосу? Я имею в виду, что околоземные орбиты уже настолько завалены космическим мусором, что скоро нелегко будет находить «чистые» окошки? Да и на суше мы начинаем утопать в мусоре.**

— Океан уже замусорен. Например, в Тихом океане есть два огромных мусорных пятна. Мусор движется по круговороту, где-то за два года он проходит путь, например, от восточного побережья Японии до западного побережья Америки. После взрыва на атомной станции «Фукусима-1» в марте 2011 г. через два года на американское побережье начало выбрасывать огромное количество мусора. Команды американских огнеметчиков работали на берегу и жгли все, поскольку очень боялись, что к ним будут занесены инвазивные морские организмы. Довольно много мусора, конечно, оседает и на морское дно.

— **Массовая геологоразведка может осложнить ситуацию?**



2

1. Биота древнего океана представлена в виде отпечатков, окаменелостей
2. Представитель морского планктона рода *Calocalanus*

— У нас она развита достаточно хорошо, а потому нам известно много районов, где есть полезные ископаемые. Единственное, чего нам не хватает, где мы существенно отстаем, — это подводное машиностроение. У нас в отличие от японцев, американцев, европейцев нет подводных комбайнов, способных добывать с глубины в несколько километров полезные ископаемые. Мы немного отстаем и в робототехнических средствах для изучения океана. И, что очень важно, сейчас по сравнению с временами Советского Союза у нас существенно снизилось количество морских экспедиций. Наш научно-исследовательский флот находится в катастрофическом состоянии.

— **Но ведь мы были лидерами в этой области науки!**

— Безусловно, мы занимали лидирующие позиции в глубоководных исследованиях. «Витязь» начал эту эпоху. А теперь нужно все начинать заново. А главное — не нанесем ли мы ущерб глубоководным экосистемам, где, как показывают исследования, жизнь кипит, но там же и сосредоточены минеральные ресурсы? Если мы начнем копать, вести добычу полезных ископаемых, то уничтожим эти глубоководные сообщества, разрушим донные ландшафты, уничтожим экосистему. Поэтому необходимы комплексные научные экспедиции, чтобы мы не только знали, где лежат полезные ископаемые, но и провели комплексное изучение глубоководных экосистем и сделали не продиктованный сиюминутными меркантильными соображениями вывод, а осознанный. В каком-то месте мы можем пойти на то, чтобы начать разработку полезных ископаемых, в каком-то — обязательно нужно сохранить уникальную донную экосистему. Минеральные ресурсы нужны, а океан — это огромный источник и кобальта, и цинка, и никеля, и меди, и золота, и платины, и редкоземельных элементов. Но начать такие работы нужно только после тщательных исследований. Интересный парадокс: практически во всех местах, которые мы посмотрели нашими подводными аппаратами и которые объявлены перспективными рудоносными участками морского дна, мы находим и уникальные подводные экосистемы.

— Подводная Амазония?

— Я бы назвал несколько типов основных минеральных ресурсов. О нефтеуглеводородах пока не говорю. Это железомарганцевые конкреции, кобальтоносные марганцевые корки и глубоководные полиметаллические сульфиды. Так вот, сульфиды приурочены к островным дугам, разломам, зонам вулканической активности — местам, где как раз мы находим гидротермальные источники. Это так называемые черные курильщики, конические минеральные постройки, черные, желтые, из которых, подобно клубам дыма, выходит сильно минерализованная горячая вода. И вокруг них кипит жизнь — огромное количество моллюсков, крабов, креветок, червей. И это сообщество существует за счет хемосинтеза, хемосинтезирующих бактерий, им солнечный свет вообще не нужен. В этих постройках и сосредоточены ценные для нас элементы. Там и медь, и цинк, и золото, и платина, много редкоземельных элементов, причем в концентрациях, которые делают их добычу рентабельной. Некоторые страны даже стали специально конструировать робототехнические средства для разведки именно этих зон сосредоточения сульфидов и технические средства для их подъема на поверхность. В Китае, например, даже было создано отдельное агентство по морским минеральным ресурсам и построен обитаемый подводный аппарат «Цзяолун» («Морской дракон») для разведки таких мест в западной части Тихого океана и в Индийском океане. Сейчас в Китае строятся специальные робототехнические средства для добычи этих ресурсов. К востоку от Окинавы на глубине 1,6 тыс. м были обнаружены тоже большие скопления таких полиметаллических сульфидов. И Япония уже начала их промышленную добычу. Некоторые транснациональные горнорудные компании уже успешно осваивают добычу минеральных ресурсов даже с абиссальных глубин.

— Вы обещали рассказать о нефти и газе.

— Пока острой проблемы здесь, на мой взгляд, нет. Я сам не занимаюсь этими вопросами, выступаю как ретранслятор своих коллег. Примерно 70% запасов нефтеуглеводородов сосредоточены в океане. Хотя сейчас мы

Макеты серых китов. На коже этих животных есть обрастания, которые, обламываясь или стираясь, оставляют индивидуальный узор, позволяющий идентифицировать кита даже с большого расстояния.

берем из моря лишь 34% нефти, в основном с мелководья, и 38% газа. то есть большую часть нефти и газа мы берем пока из наземных месторождений. Платформы в основном стоят там. Исключение — Мексиканский залив. Пока только там добывают нефть с очень больших глубин. Скважина, которая рванула, — это где-то больше 1,5 км. Сейчас там разведочное бурение идет уже на глубине почти 3 км.

— Авария в Мексиканском заливе показала, что мы уничтожаем биологические ресурсы, которые дороже нефти. Разве не так?

— Когда идет добыча нефти, это все-таки сравнительно небольшой пяточок дна. И если технология современна, утечки нефти не должно происходить. Правда, всегда есть опасность аварии. Никто же не предполагал, что может быть такая грандиозная авария, какая произошла в Мексиканском заливе. Качали нефть, и особо сильного ущерба для живности не было. Платформы, которые стоят у нас у восточного Сахалина, пока работают чисто. Там находится зона нагула серых китов. Они себя прекрасно чувствуют, каждый год возвращаются. Китихи приходят с детенышами, откармливают их в этих местах, потому что кормовая база находится в хорошем состоянии. Единственный дискомфорт, который испытывают киты, — это шумовой эффект.

— В свое время мы боролись за спасение этих китов.

— Наш институт тоже. Мы ведем мониторинг этого района. Пока все нормально. Ежегодно мы отправляем туда морскую экспедицию. На каждого кита заведен паспорт с морфометрическими данными. Каждый кит имеет имя. И можно проследить, кто новый появился, как себя чувствует такой-то



кит — кто-то похудел, кто-то, наоборот, нагулял вес и т.д. Эта паспортизация была начата нами гораздо раньше, чем знаменитая паспортизация дальневосточных леопардов и амурских тигров.

— **А как вы их различаете?**

— У серых китов на коже имеются обрастания — это домики усонюгих раков, другие эбибионты. Когда они обламываются или стираются, на поверхности кожи остается узор, индивидуальный отпечаток, как отпечатки пальцев, по которым даже с большого расстояния это животное идентифицируется. Мы знаем его правую сторону, левую, мы знаем его хвост и т.д. У нас около 240 этих китов, которые нагуливаются именно у восточного Сахалина.

— **Меньше, чем тигров?**

— На самом деле серых китов довольно много. Но основная часть популяции — у западного побережья Соединенных Штатов. Еще вопрос: это две разные популяции или одна? Оказалось, у них тесные связи. Киты, например, с Камчатки могут плавать в Калифорнию и обратно, то есть обмен генетическим материалом возможен. Значит, может быть, это единая популяция.

Но мы отвлеклись от нефтяной проблемы. Современные технологии позволяют достаточно аккуратно добывать нефть, но всегда есть опасность аварии. Это пока мы берем из моря 34% от всей добываемой нефти, а придет время — и будем брать 70% и больше. Но, оказывается, большинство нефтеносных районов по понятным причинам

все-таки находятся недалеко от берега — либо в территориальных, либо в исключительных экономических водах. А потому такой задачи, как в отношении минеральных ресурсов, то есть дележа морского дна, нет.

А ведь мы с вами говорили только о кусочках морского дна, но есть еще океанская толща. Как здесь быть с биологическими ресурсами? ООН объявила, что биологические ресурсы в Мировом океане вне зон национальных юрисдикций — «всеобщее достояние человечества». Всеобщее — значит, ничье. Но это не так. На самом деле есть попытки дележа и этих ресурсов.

В отношении биоресурсов нет единого международного органа, как, например, Международный орган по морскому дну. Почти вся поверхность Мирового океана покрыта сетью региональных межправительственных соглашений, регулирующих лов отдельных ресурсных видов. Например, Россия участвует в 24 региональных организациях по управлению рыболовством (РОУР) и в 62 межправительственных соглашениях с 46 странами. В каждом районе Мирового океана страны, которые здесь традиционно ловят или находятся рядом, заключают между собой соглашения, регулирующие квоты на вылов биоресурсов. Раньше у Советского Союза этих квот было много, мы ловили в самых разных районах Мирового океана. Почему нам эти квоты давали? Потому что в этих районах Мирового океана Советский Союз вел комплексные научные исследования. Принцип был такой:

Вице-президент РАН
академик А.В. Адрианов





Приморский океанариум — один из крупнейших научно-познавательных комплексов мира

если ты изучаешь какой-то биоресурс и показываешь мировому сообществу, что много знаешь об этом биоресурсе и можешь оценить его запасы, значит, понимаешь, сколько можно без ущерба взять этого биоресурса. А если ты не проводишь этих исследований, то, соответственно, ограничен в том, чтобы претендовать на эти квоты. И вот сейчас мы можем потерять некоторые достаточно интересные, перспективные, уже исторически сложившиеся районы лова.

— **То есть и здесь впереди должна идти наука?**

— Конечно. Это принцип международных организаций, которые выделяют квоты, дают лицензии. Страна, которая претендует на эти квоты, должна вложить средства в научные исследования. Это касается и минеральных, и биологических ресурсов.

Сейчас этот вопрос особенно актуален для Антарктики, где очень продуктивные воды. Там традиционно и Советский Союз, и Россия ловили криль, глубоководного окуня-клькача, других нототениевых рыб. Там квоты выделяет международная организация — Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (АНТКОМ). В ней 24 страны, Россия тоже туда входит. Там сейчас складывается нелегкая ситуация. С одной стороны, район высокопродуктивный и многие страны заинтересованы в том, чтобы там добывать биоресурсы. Но антарктические экосистемы уникальны,

это достояние всего человечества. И некоторые страны говорят: «Давайте делать здесь морские охраняемые районы, чтобы эти антарктические подводные экосистемы сохранились для последующих поколений. А криль, который тут хотят ловить и Россия, и Китай, — это же корм для пингвинов, которых надо сохранить. Поэтому нужно снизить добычу криля». А Китай, например, очень заинтересован в добыче криля, потому что это основной корм для огромной китайской аквакультуры. Они выращивают 50 млн т морской продукции. Мы ловим 5 млн т в год, а китайцы выращивают 50 млн т.

Вот и встает вопрос — сохранить этот промысловый участок или сделать здесь морской охраняемый район? Используются все методы, чтобы отгеснить из этих районов конкурентов. Цель, казалось бы, благая: сохранить антарктические экосистемы для последующих поколений. Как сделать выбор? Естественно, только опираясь на научные данные. За последние шесть лет у нас не было ни одной комплексной биологической морской экспедиции в этот район. Да, у нас регулярно идут экспедиции к Антарктиде, там наши полярные станции, мы изучаем там климатические изменения, метеорологи работают, но экспедиций по изучению океанических экосистем Антарктики нет. И Россия получает от этого известные сложности. Например, традиционные районы лова России были близко к району моря Росса. Однако

в прошлом году более 1 млн км² в районе моря Рос-са было выведено в морской охраняемый район.

— **Вас слышат сверху?**

— Кажется, достучались. Принято решение в конце следующего года организовать крупную комплексную экспедицию по изучению антарктических морских экосистем.

— **Вы построили океанариум для того, чтобы все — от школьника до президента — поняли, насколько интересен и важен для нас океан, не так ли?**

— Идея принадлежит президенту. Он обсуждал ее с предыдущим директором Института биологии моря ДВО РАН академиком В.Л. Касьяновым, имя которого сейчас носит улица на острове Русском, где располагается океанариум. Владимир Леонидович в 2005 г. трагически погиб и не увидел реализацию идеи, которую они обсуждали в 2004 г., когда президент приехал во Владивосток. Институт биологии моря ДВО РАН возглавил научное сопровождение строительства этого объекта. Долго выбирали место, делали проект и фактически к строительству главного корпуса приступили только в 2010 г. Строили его несколько лет. Сначала океанариум был организован как отдельное учреждение в составе Российской академии наук. Но с 1 сентября 2016 г. он вошел в состав Национального научного центра морской биологии Дальневосточного отделения РАН. Этот центр был создан путем присоединения к Институту биологии моря им. А.В. Жирмунского Приморского океанариума и Дальневосточного морского заповедника. Появился научный центр, в составе которого не только блок научных лабораторий, но и совершенно исключительная научная инфраструктура. Мы ее называем «мегаустановка в области морской биологии». Наш океанариум особенный — не то что коммерческие океанариумы. Это и уникальный научно-производственный комплекс, и фактически университет в области морской биологии.

— **Это требует пояснений.**

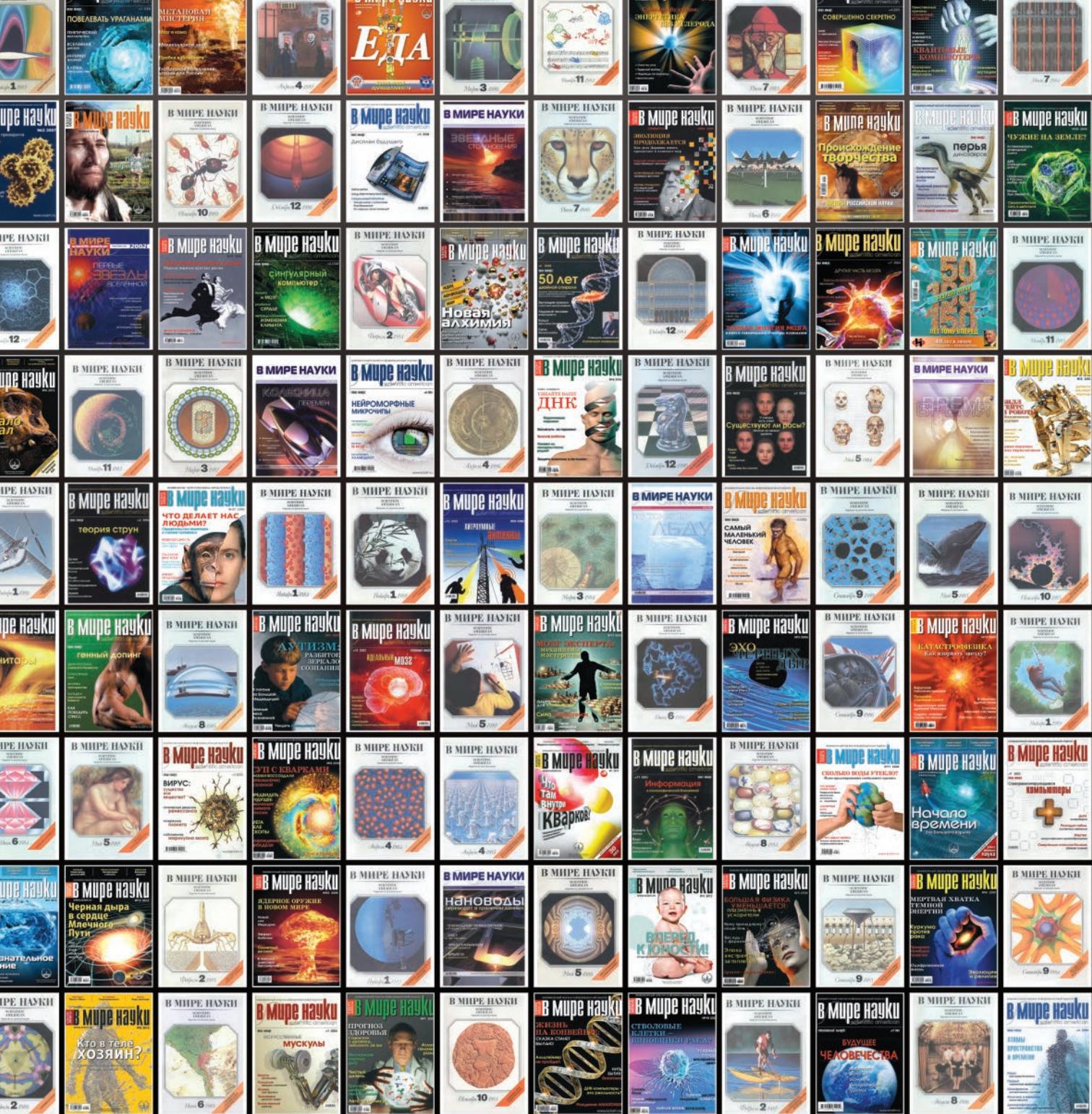
— Сначала скажу, что в нашем распоряжении есть еще незаурядный природный полигон — Дальневосточный морской заповедник. Он тоже часть национального центра. Он имеет ряд принципиальных отличий от обычных наземных заповедников. Большинство заповедников созданы для охраны одного или нескольких биологических видов, например журавлей, леопардов, тигров, лошадей и т.д. А в заливе Петра Великого выбрано несколько кусочков редчайших морских экосистем. Если в наземном заповеднике вы можете вести летопись природы просто путем наблюдений или, например, оценивать по следам численность каких-то животных, то в морском заповеднике перед вами только водная гладь. А охранять просто воду — какой смысл? Вы должны знать, что на дне, что внутри. А для этого ни егеря, ни смотрителя вы туда

не опустите. Значит, этот заповедник не может существовать без такого партнера, как исследовательский институт, у которого есть научные суда, робототехнические средства, которые можно погрузить на морское дно, чтобы пересчитать морских обитателей, составить их перепись. А это тысячи и тысячи видов морских организмов. В нашем морском заповеднике уже сейчас перепись включает больше 5,5 тыс. видов морских организмов. Ни в одном наземном заповеднике нет подобного порядка инвентаризации. Поэтому такой морской заповедник может работать только в сообществе с научным институтом, где есть специалисты по различным группам морских организмов, где есть самое главное — технические средства.

Теперь об океанариуме. Институт выполнял научное сопровождение, то есть фактически участвовал во всех этапах создания океанариума — от архитектурного дизайна здания до планировки отдельных экспозиций, включая определение, какие биологические виды должны быть в аквариальных системах, чтобы интереснее показать морское биоразнообразие в самых разных районах Мирового океана. Это и Арктика, и Антарктика, умеренные воды, тропические воды, а также самые интересные виды рыб и беспозвоночных животных. Здесь есть и дельфинарий, где выступают дельфины, белухи, моржи, морские котики. Это лишь небольшая часть океанариума, однако, на мой взгляд, наиболее интересная, познавательная. Перед вами раскрывается история нашей планеты — как она возникла, как появился океан, как формировалась в нем жизнь, какие исторические этапы эта жизнь проходила сотни миллионов лет назад. Биота древнего океана представлена в виде отпечатков, окаменелостей, какие-то существа воссозданы в виде макетов, сделанных по палеонтологическим реконструкциям. Все это сопровождается достаточно подробной информацией, заложенной в электронные энциклопедии, стенды, аудиосопровождение экскурсий. В отдельных экспозициях вы знакомитесь с живыми обитателями океана, о каждом из них можете получить очень подробную информацию. Есть, конечно, дополнительные источники информации для тех, кто более глубоко интересуется морской биологией, есть кинозал, лекционный зал, где специалисты читают лекции на разные биологические темы. Ну и, конечно, это совершенно беспрецедентные возможности для самых разных биологических исследований, поскольку прямо в здании океанариума развернуты самые современные научные лаборатории. ■

Беседовал Владимир Губарев

Благодарим сотрудников Приморского океанариума за предоставленные фотоматериалы



Хотите знать о науке больше?

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

В мире науки
SCIENTIFIC AMERICAN

Теперь можно купить
и отдельные статьи



Есть надежда, что в будущем
стволовые клетки дадут
возможность заменять
(«выращивать в пробирке»)
печень, почки, суставы
и даже поврежденные
участки мозга



БИОМЕДИЦИНА

СВЕТ И ТЕНЬ МИРА КЛЕТОК

На встречу с вице-президентом РАН академиком **Владимиром Павловичем Чехониным** я шел с надеждой получить ответы на вопросы, которые давно не дают мне покоя. Неужели действительно наступает время новой области науки, которая освободит нашу жизнь от болезней и всего, что с ними связано?

— **Все-таки удивительным чутьем будущего обладают наши академики! Только начинает зарождаться новое направление в науке, и они тут же избирают вице-президентом ученого — лидера в этой области. Так случилось с биохимией — эту должность занял Ю.А. Овчинников, потом иммунология — и вице-президентом стал Р.В. Петров, появились проблемы в космической медицине — и направление возглавил А.И. Григорьев. Теперь зашла речь о новой области — биомедицине, и вице-президентом становитесь вы. Предшественники ваши добились выдающихся успехов, а у вас есть шансы столь высоко поднять новую отрасль науки?**

— Шансы есть у всех! Будем стараться общими усилиями вырваться на лидирующие позиции. А академики Ю.А. Овчинников и Р.В. Петров — мой учитель, и этим я горжусь.

— **Вы уделяете особое внимание клетке. Казалось бы, именно клетка — самое простое. Почему к ней такой интерес?**

— Клетка — это элементарная живая система. Основа ткани и, в конце концов, основа организма в целом.



Бесконтрольное применение любых клеточных препаратов, которые в той или иной мере стимулируют пролиферацию, очень опасно

— **Вы — яркий представитель нового направления в медицине. Оно рождается на стыке разных наук...**

— Я называю это биомедициной. В отделении медицинских наук РАН существует секция медико-биологических наук. Это тот бэкграунд, на котором в том числе были сформированы мои интересы. Прежде всего, это молекулярная нейробиология. Я с юных лет занимался вопросами, связанными с изучением особенностей нервной ткани, функционированием клеток нервной ткани, нейроспецифических белков. Моя диссертационная работа была посвящена именно этим аспектам. Эту работу я делал как раз в лаборатории химии белка под руководством Ю.А. Овчинникова в Институте белка в Пушкине. Он в это время возглавлял там лабораторию в институте, которым руководил академик А.С. Спириин. Я был тогда младшим научным сотрудником и занимался вопросами изучения специфических веществ, характерных для нервной ткани, нервных клеток, глиальных клеток, которые окружают нервные клетки. Важно было понимать, как работают нервная ткань и нервные клетки, и в то же время узнавать, что происходит с ними при том или ином патологическом процессе.

— **Это чисто фундаментальные исследования?**

— Безусловно, но они имели строго определенный прикладной характер. То есть на основе этих фундаментальных разработок были сделаны иммуноферментные тест-системы, которые позволяли нам адекватно понимать, что происходит с гематоэнцефалическим барьером — специальной структурой, которая разделяет мозг и кровь при тех или иных патологических процессах. Это была моя тематика, и я ее вел с самого начала. Разработка подобных иммуноферментных тест-систем позволяла достаточно достоверно понимать, что происходит с гематоэнцефалическим барьером.

— **Как это понять человеку, далекому от врачевания?**

— Это имеет отношение к очень широкому контингенту больных. Нарушение функций гематоэнцефалического барьера характерно для различных заболеваний. Например, начали мы изучать эти процессы при гипертонической шизофрении вместе с нынешним директором института З.И. Кекелидзе. Тогда все это было нам в новинку. Гипертоническая шизофрения — это достаточно редко встречающийся вариант шизофрении, но при нем очень высокая смертность пациентов. Как прави-

ло, это заболевание протекает с высокой температурой, с явлениями повышенной интоксикации. Прежде чем научиться лечить болезнь, надо понимать, какие механизмы включаются при той или иной особенности шизофрении. Мы получили достаточно большой багаж знаний, изучая особенности поведения гематоэнцефалического барьера и нейроспецифических белков при этих процессах.

— **Вас что-то поразило, когда вы столкнулись с разными больными шизофренией?**

— Любое явление, к которому прикасаешься впервые, заставляет совершенно по-иному посмотреть на те или иные процессы, о которых тебе не было известно. Естественно, мы не знали, как ведет себя гематоэнцефалический барьер при тех или иных психических заболеваниях. Не знали, как он ведет себя при нейроинфекциях, при опухолевых процессах. И, естественно, тот багаж знаний, которые мы получили при изучении широкого спектра патологических процессов, позволил перейти и к диагностике, и к лечению этих заболеваний на совершенно новом уровне. Сейчас это называется наномедициной. Направление было сформировано на принципе векторной доставки лекарственных и диагностических препаратов в клетки-мишени головного мозга.

— Проще говоря, вы изучили особенности барьера, который препятствовал доставке лекарств в нужное место?

— Да, это так.

— Вы начали понимать, как барьер можно преодолеть?

— Совершенно верно. И вот здесь были найдены принципиальные технологические решения. Разработаны они были группой наших исследователей. Прежде всего я хотел бы назвать имя профессора А.В. Кабанова, сына известного нашего химика академика В.А. Кабанова. Мы с ним начинали эту тематику, и его основополагающие фундаментальные предпосылки и гипотезы нами осуществлялись. Была создана соответствующая конструкция, которая позволяет веществам, растворимым в воде, проходить через цитоплазматические мембраны. Допустим, необходимо доставить антитело в ту или иную структуру головного мозга. Почему для этого используется антитело? А потому, что оно может быть очень специфичным носителем, который способен доставить ту или иную конструкцию в клетку-мишень, где экспрессируется соответствующий антиген. Поэтому антитело крайне важно использовать как вектор. Однако антитело — это белок, и он нерастворим в липидах. Значит, нужно было так модифицировать его, чтобы он мог проходить через клеточную мембрану, которая состоит из липидов.

— То есть вы вводите препарат в кровь, и она помогает лекарству точно попасть туда, куда нужно?

— Если такое модифицированное антитело прикрепить к лекарству или к диагностическому препарату, его можно использовать для того, чтобы транспортировать соответствующую систему в клетку-мишень.

— Предположим, лекарство лежит в телеге, которую необходимо отправить к больному, но лошади нет. Вы изобрели таких «лошадей»? Сравнение, конечно, грубоватое, но отражает ли сущность того, что вы сделали?

— Пожалуй. Но чтобы открыть спектр таких «лошадей», нужна современная нейробиология. Дело в том, что каждая клетка, которая вовлечена в тот или иной патологический процесс, начинает порождать синтезировать патологические белки. Их на сегодня известно немного, но те, что известны, могут быть ассоциированы с патологическим процессом. Они и становятся мишенью, к которой доставляется диагностическая или лечебная конструкция.

— То есть «лошадь» везет «телегу» только к раковым клеткам?

— Для этих целей и использовалась технология искусственной модификации водорастворимых субстанций. Проблема наисложнейшая. Препаратам надо было очень точно «попадать» в клетки-мишени. В конце концов нами была создана и разработана такая технология. Мы сразу же попытались

сделать соответствующие диагностические и лекарственные препараты на основе наночастиц. На сегодня мы прошли этап испытания таких систем *in vivo* и подготовили соответствующую платформу для клинических испытаний.

— Вы имеете в виду испытания в лаборатории?

— Да, мы работали в основном на мышах и крысах, иногда использовали и кроликов. Смотрели, как ведут себя опухоли. Ведь самое главное — привести в опухолевую клетку саму конструкцию, которая позволит ее уничтожить. Для этих целей и были созданы такие системы, которые позволяли на первом этапе очень точно установить характер опухоли. Мы видели, какая она, а уже потом направляли в нее соответствующий контейнер с лекарственными препаратами. Все испытания прошли успешно, что и позволяет допустить наши технологии лечения к клиническим исследованиям.

— Где они пройдут?

— Мы планируем провести такие исследования на базе Института нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко, потому что речь идет о создании средств лечения опухолей, в частности таких тяжелых, как мультиформные глиобластомы. На текущий момент они крайне плохо лечатся — и, что самое печальное, при оперативном лечении возникает практически стопроцентное рецидивирование таких опухолей.

— Почему вы взялись за самые тяжкие онкологические заболевания?

— Потом легче бороться с другими. Когда мы начинали свои исследования, мы изучали специфические белки опухолевой ткани и, конечно, понимали, что целый ряд белков начинает гиперэкспрессироваться в таких опухолях. То есть их синтез в этих опухолях повышается, что позволяет, естественно, доставлять туда необходимое количество лекарственных препаратов.

— Это видно?

— Конечно.

— Будем надеяться, что все пройдет успешно.

— Мы ждем очень многого от ограниченных клинических испытаний.

— Как известно, практически все специалисты прошли увлечение так называемыми стволовыми клетками. Им приписывались почти чудодействующие свойства, мол, они помогают в борьбе с онкологией и даже омолаживают человека.

— В «омоложении» я участия не принимал, поскольку считаю, что это в определенной степени авантурные эксперименты. А вот что касается изучения стволовых опухолевых клеток, в этом действительно принимал активное участие. Дело в том, что опухолевые клетки мозга имеют свой сугубо специфический характер распространения. Когда хирург убирает опухоль в пределах видимых границ, то практически не может определить наличие опухолевых стволовых клеток в пространстве вокруг опухоли. А они,

по современным представлениям, из опухоли способны мигрировать в периопухоловое пространство. Чтобы их увидеть, необходимо научиться их маркировать. Этим мы очень активно сейчас занимаемся. И как раз антитела к антигенам стволовых опухолевых клеток выступают инструментом, который позволяет видеть их в периопухоловом пространстве. Таким образом, мы открываем перед хирургом возможности удаления не только самой опухоли, но и периопухолового пространства, которое содержит источники дальнейшего роста опухолей. Это очень важный вопрос сейчас. В эксперименте в лабораторных условиях нам удастся полностью излечить животное от опухоли. Подобные работы мы проводим совместно с академиком А.А. Потаповым, директором Института нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко, и руководителем одной из лабораторий Института общей физики им. А.М. Прохорова профессором В.Б. Лощеновым. Такой вид навигации дает возможность хирургу увидеть и убрать эту опухоль.

— Понятно, почему хирург в вашей группе, но зачем вам физики?

— Физики нам нужны для того, чтобы «видеть» опухоль. Они дали нам возможность применить целый спектр специальных веществ для визуализации опухолевых клеток, а затем и для навигации к ним.

— Вы были совсем молодым человеком, а контактировали с такими корифеями, как академики А.М. Прохоров, Ю.А. Овчинников, В.А. Кабанов, Р.В. Петров...

— Для меня было большим счастьем встретить этих великих людей. В определенной степени каждый из них формировал мои научные интересы. После окончания 2-го медицинского института я поступил в аспирантуру к профессору Ю.С. Татаринову. А академик Ю.А. Овчинников как раз включился в серию специальных экспериментов, связанных с изучением специфических белков мозга. Это были мои аспирантские годы. С Р.В. Петровым я познакомился во время учебы в институте, он читал лекции. Потом по жизни мы все время вместе, и мои книги, которые были изданы в области иммунохимии, рецензировал он.

С А.М. Прохоровым я имел счастье вместе начинать работать. Тогда он определял вектор направления, в котором мы должны развиваться.

— Академия — это великая научная школа, и молодые ученые стремительно в ней растут...

— Конечно. Самое главное для молодого ученого, на мой взгляд, это попасть в плодотворные умные руки. Мой учитель В.В. Калашников — очень талантливый исследователь, доктор наук. Азы иммунохимии сформировал он. Он показал мне, как надо работать, в каком направлении вести исследование, как методологически к этому подходить. Я крайне признателен именно этому человеку, который зародил во мне интерес к применению иммунохимических подходов для формирования новых научных направлений.

— Такие ученые, как физик А.М. Прохоров и химик В.А. Кабанов, интересовались медициной?

— А.М. Прохоров понимал, что применение лазера в медицине может быть очень полезно. И возникло направление, связанное с лазерной навигацией. Что касается В.А. Кабанова, то он нам много подсказал в области полимерной химии.

— Вы оказались в центре разных направлений науки?

— Был общий круг, все работали вместе. Это была когорта людей, которые формировали принципиально новые научные направления. И мне, молодому специалисту, было очень интересно общаться с ними и формировать свои взгляды и интересы в науке.

— А почему вы оказались в Канаде?

— Я работал в ряде зарубежных университетов, после того как некоторые мои сотрудники уехали туда работать. У нас были большие сложности с оборудованием и с реактивами, поэтому многие сотрудники уехали.

— Девяностые?

— Они самые. Много сотрудников, очень перспективных, талантливых, к сожалению, покинули Россию



в поисках возможности работать на более высоком уровне. С канадскими коллегами у нас установились хорошие отношения, а потому мы обменивались опытом и идеями довольно активно. А затем мы получили необходимое оборудование. Это уже было в 2000-е гг. Мы получили возможность работать на высококачественных и эффективных реактивах, и процесс, скажем, элиминации наших ученых, наших умов из России остановился. В последние 20 лет ни один из специалистов не покинул наши пенаты. Более того, многие вернулись обратно.

— Зачем быть там на второстепенных ролях, когда здесь можно быть на первых?

— Конечно. И нам очень полезно было их вернуть, чтобы организовать центры обучения, переноса тех технологий и методик, которыми они овладели за рубежом. А сегодня — я нисколько не лукавлю — у нас в наличии все необходимое для того, чтобы работать на самом высоком уровне. Это и сверхвысокая техника, позволяющая визуализировать те или иные процессы: семитесловый МРТ-томограф, система визуализации флуоресцентной метки в кровотоке, совмещенной с компьютерной томографией. То есть самое современное оборудование, которое есть на Западе, есть и у нас.

— Вернемся к одной почти фантастической проблеме — я имею в виду выращивание органов из клеток.

— Дело в том, то, что я этим не занимался.

— Но фантазировать вы любите?

— Может быть. Я иногда это себе позволяю. Я занимался одним из направлений, которое связано с изучением стволовых клеток из верхних отделов носовой полости — из обонятельной мукозы. Это клетки, которые могут быть получены от взрослого организма, непосредственно от пациента, который получил ту или иную разновидность травмы спинного мозга. В юности я интересовался подобными травмами и работал в этом направлении. У меня был в аспирантуре очень известный ныне специалист из Китая Чао Чжан. Он занимался как раз моделированием травм спинного мозга на крысах. Это технически очень сложная методика, но он сделал оригинальные модели. В настоящее время они широко применяются нами для того, чтобы изучать действие стволовых клеток, полученных из обонятельного тракта животных и в том числе человека. Сейчас такие технологии переходят в некоторых странах уже в клиническую практику.

— Как это делается?

— Берется кусочек ткани из верхнего носового хода. Там присутствует большое количество обонятельных рецепторов. Время их жизни — 30 суток, и поэтому там должны быть клетки, которые требуют постоянного обновления, так называемые стволовые клетки. Именно этот участок и заинтересовал нас, мы стали работать с этими клетками.

Профессор И.В. Викторов сыграл очень большую роль в этих исследованиях. К нам приезжал и профессор Джеффри Райзман из Национального института здравоохранения Лондона. Сегодня, в общем-то, ясно, какие технологии могут быть использованы для комплексной терапии посттравматических кист, которые возникают после травматического поражения спинного мозга. Это, сразу же скажу, не значит, что их можно применять при полных разрывах спинного мозга. Это совершенно другое и требует специального подхода. Но посттравматические кисты, образующиеся после травм спинного мозга, таким образом можно корректировать.

— А можно выращивать костный мозг из этих стволовых клеток?

— Нет. Стволовых клеток огромное количество. Они имеют разный уровень дифференцировки.

— Но все-таки выращивание органов — реальная вещь?

— Да. В настоящее время это не какая-то несбыточная фантазия. Это направление весьма реально. И после соответствующих фундаментальных открытий, которые в этом направлении обязательно должны быть сделаны, я считаю, что все возможно.

— В обществе бродит слух, что три очень известных человека погибли из-за применения стволовых клеток. Они хотели омоложиться и получили одну и ту же болезнь, рак головного мозга, от которого и погибли. Так ли это?

— Для меня это откровение. Если бы такое случилось, мне было бы известно. Я могу сказать, что бесконтрольного применения любых клеточных препаратов, которые в той или иной мере стимулируют дифференцировку клеток, пролиферацию, не должно быть. Это недопустимо без испытаний, без глубокого аналитического обсуждения и, конечно же, абсолютно в каждом варианте должно осуществляться под контролем соответствующих специалистов.

— Вас в академии наук беспокоит распространяющееся медицинское шарлатанство?

— Очень! И в этом плане в академии будут совершены определенные подвижки. У нас уже есть комиссия по лженауке. Но этого недостаточно. Будем активно заниматься просветительством и борьбой со знахарством, которое наносит большой, подчас непоправимый вред людям.

— Меня пугает, что после «века просвещения» наступил «век невежества». Считаю, что это очень опасно для цивилизации.

— Совершенно согласен с вами. Как правило, рост околонучных направлений — свидетельство того, что общая культура общества, его образование, конечно, не на высоте.

— Спасибо за беседу. Хочу пожелать вам и себе — не болеть!

— Это главное, о чем нужно мечтать. ■

Беседовал Владимир Губарев



Седьмой континент Земли:
вид полярной Луны и Земли
со спутника *LRO NASA*

КОСМОС

луна — луна — наш седьмой наш седьмой континент континент

У российского космоса планы и перспективы поистине фантастические. Нам о них рассказал научный руководитель Института космических исследований РАН академик **Лев Матвеевич Зеленый**.

«Если у тебя спрошено будет:
что полезнее, солнце или месяц? —
ответь: месяц. Ибо солнце светит днем,
когда и без того светло; а месяц — ночью».
Козьма Прутков

— **Лев Матвеевич, в мультфильме «Тайна третьей планеты» есть капитан Зеленый. Кир Булычев его не с вас списал?**

— Я бы сказал, наоборот. Повесть «Путешествие Алисы», по которой снят мультфильм, была напечатана, когда я уже был в достаточно зрелом возрасте, и скорее капитан Зеленый стал для меня некоей моделью поведения. Он мне очень нравился, по крайней мере больше, чем остальные однофамильцы.

— **А таких много? Фамилия-то достаточно редкая.**

— Не такая и редкая. Есть знаменитый атаман времен гражданской войны Зеленый, он же Даниил Ильич Терпило. Есть замечательная актриса, которую мне часто записывают в бабушки, Рина Васильевна Зеленая. Но капитан Зеленый лучше всех. Хотя у меня есть еще один хороший однофамилец, правда, он не совсем Зеленый, он Грин. Джим Грин, руководитель планетного направления NASA. Мы с ним знакомы еще с 1980-х гг. Параллельно делали карьеру в космической науке, и сейчас с ним работаем, часто встречаемся. Недавно почти одновременно я стал научным руководителем института, а он — главным ученым NASA. Мы с ним часто обсуждаем проекты, порой не менее фантастические, чем у Кира Булычева.

— **Например?**

— Например, новый полет к Венере. Через много лет после того, как они завершились в Советском Союзе.

**ВСЕ
ВЫШЕ**



— **Космос для нас, полагаю, всегда будет той областью, в которой фантастика плавно перетекает в реальность. Я нашел недавно совершенно фантастический, с моей точки зрения, но вполне реальный документ, который называется «Стратегия развития космической деятельности России до 2030 г. и на дальнейшую перспективу». Документ, к слову, достаточно объемный.**

— Как говорили у Льва Толстого в «Войне и мире» крепостные мужики, перетаскивая книги помещиков: «Писали, не гуляли!». Мы тоже приложили руку к этой бумаге. Там многое от наших мечтаний, но когда имеешь дело с космосом, мечтать просто необходимо. Тут главное, чтобы хоть что-то из этих мечтаний ожило.

— **Ну, что-то из этого документа уже ожило. Запущен космодром «Восточный».**

— Запустить мало, надо еще сделать так, чтобы с него можно было что-то запускать. Но, к счастью,

этот процесс уже начался. В 2016 г. с «Восточного» запущен университетский спутник «Ломоносов».

— **Тут в документе не только радостные, но и грустные перспективы. В нем запланировано до 2020 г. завершить эксплуатацию Международной космической станции и подготовить ее к затоплению.**

— Я бы не называл эти планы такими уж грустными. Все мы смертны, даже такие сложные технические системы, как МКС. Но, конечно, уже ясно, что в 2020 г. ее жизнь, к счастью, не закончится. Скорее всего, это будет 2024 г., а может быть, как я надеюсь, и позже. Тут вопрос надо поставить по-другому, а именно: почему эту станцию в конце концов придется выводить из эксплуатации?

— **Потому что устарела?**

— Нет, если бы дело было в этом, ее можно было бы постепенно модернизировать. Говоря просто, космонавтам надоело нарезать круги вокруг Земли на этой орбите. Сейчас «Роскосмос» и РАН совместно обсуждают новую программу исследования космоса, в том числе и пилотируемого. Следующий этап развития — Луна. Это качественно другая, более сложная задача. Трудно будет одновременно и развивать какую-то пилотируемую инфраструктуру на Луне, и поддерживать существование МКС.

— **От чего-то придется отказываться?**

— Нам придется переходить на более далекие от Земли, но близкие к Луне орбиты, для которых МКС просто не приспособлена. Она уже решила очень много задач, но дальнейшее ее отнюдь не дешевое поддержание становится все менее целесообразным.

— **А какие главные задачи решила МКС?**

— Например, проблему длительного нахождения в невесомости. Это было очень трудное дело. Во время первых полетов людей тошнило, некоторые космонавты, не будем называть имена, даже после короткого по нынешним меркам полета возвращались на Землю в очень плохом состоянии. Но с помощью в том числе МКС мы научились преодолевать эту проблему, и теперь она более-менее решена. Люди летают по году и больше. Недавно прошел длительный полет нашего космонавта Михаила Корниенко и американского астронавта Скотта Келли. Они провели в космосе почти год, 340 суток. Сразу после их приземления в американском посольстве был устроен прием, и Келли, которому на тот момент было уже больше 50 лет, первым делом вызвал из Америки свою подругу, чтобы на приеме быть с ней. То есть он полностью вернулся к нормальной жизни в самый короткий срок. Но это лишь одна из многих проблем.

— **На Луне мы с невесомостью не столкнемся, там есть маленькая гравитация, в шесть раз меньше земной.**

— И это еще одна проблема, которую только предстоит решить. Мы сейчас не знаем, как поведет себя организм человека в условиях маленькой, но не нулевой гравитации. Мы не понимаем, для нас это ближе к невесомости или к земным условиям.

— **Это самая большая неизвестность?**

— Что вы, есть множество не менее, а то и более серьезных проблем, которые предстоит решить, чтобы и дальше человек мог осваивать космос. Одна из самых насущных — радиация. Магнитное поле Земли — замечательный противорадиационный щит, и нам почти повезло, что мы живем под таким зонтиком.

— **Почему «почти»?**

— Я потом скажу. Этот зонтик нас спасает от многих неприятностей. Магнитное поле и еще плотная атмосфера, в которой гибнут потоки высокоэнергичных космических лучей, которые идут от солнечных вспышек, других звезд, вспышек сверхновых, гамма-всплески. Орбита МКС не так высока, и хотя она, естественно, проходит над атмосферой, магнитное поле планеты все еще ее неплохо защищает. Но выйдя за пределы его действия, мы попадем под достаточно интенсивный радиационный обстрел.

— **Радиация при длительном воздействии вызывает генетические повреждения и лучевую болезнь.**

— Не только. Не так давно группа ученых из Дублина под руководством А.И. Григорьева опубликовала статью, в которой показала, что дело обстоит еще хуже: ускоренные тяжелые частицы повреждают клетки мозга. Они проводили эксперименты на мышах, которые под воздействием радиации быстро теряли память. Мышей запускали в лабиринт, в дальнем конце которого была спрятана еда. Поначалу мыши искали эту еду полтора

часа, но вскоре обучались и дальше уже тратили на это минут десять. После того как половину мышей облучили дозой, сопоставимой с той, что получают космонавты во время длительной экспедиции к Марсу, их поиск вновь стал занимать больше полутора часов. У контрольных мышей, которых не облучали, все было совершенно нормально, они всему научились и ничего не забыли

— **То есть у слетавших на Марс велик риск вернуться домой «не в своем уме»?**

— Все еще опаснее, есть риск вообще не долететь... Это не какие-то отдаленные последствия, это происходит почти сразу. Возможно, еще по пути на Марс космонавты не смогут управлять кораблем, мы про эту опасность пока еще очень мало знаем. Третий фактор, по которому у нас пока вообще нулевая информация, — это гипомagnetизм. Мы живем в магнитном поле и привыкли к какому-то его уровню порядка долей Гаусса. Но что будет, если мы уйдем от Земли, например, на 100 тыс. км?

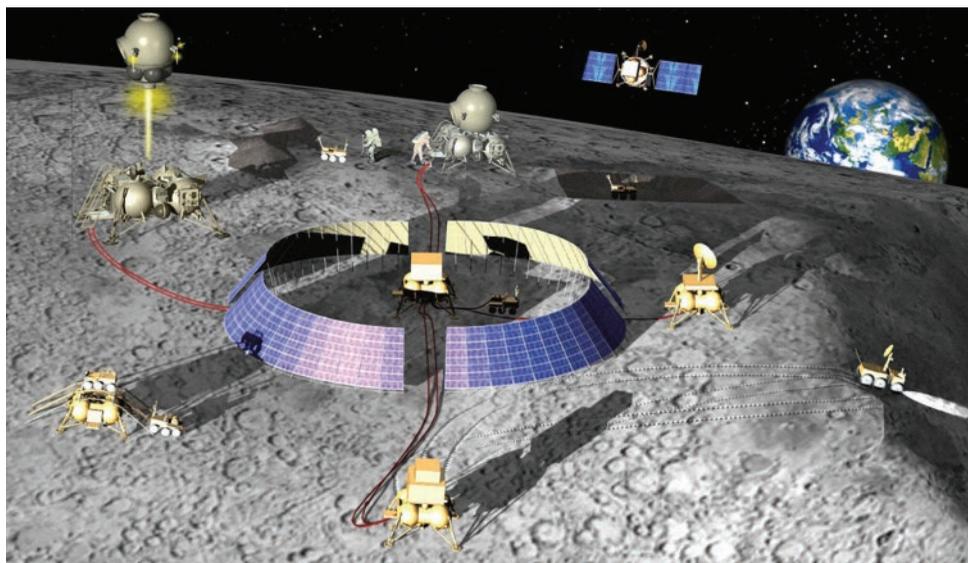
— **Это примерно треть расстояния до Луны.**

— Мы попадаем в поле в 10 тыс. раз меньше, практически нулевое. Здесь у нас 50 тыс. нТл (0,5 Гс), а там всего несколько нанотесла. Как это отразится на организме космонавтов при длительном полете, неизвестно.

— **Но ведь американские астронавты на своих «Аполлонах» на Луну летали, и ничего. Память не пропала, лучевую болезнь не подхватили...**

— Там были очень короткие полеты, всего по несколько дней. И они специально выбирали периоды между солнечными вспышками, чтобы не подвергнуться потоку жесткой космической радиации.

— **Я слышал, что программу закрыли как раз из-за того, что одна из последних экспедиций на такую вспышку чуть не налетела.**



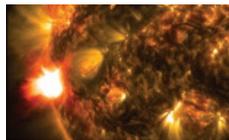
Возможно, так будет выглядеть обитаемая лунная база в будущем

— Это очень интересная история. Был один полет «Аполлона», который по техническим причинам отложили. И в тот день, когда они должны были стартовать, произошла сильнейшая солнечная вспышка, которую тогда не смогли предсказать. Если бы старт прошел, как запланировано, астронавты в лучшем случае вернулись бы с острой лучевой болезнью. Сейчас мы научились точнее предсказывать солнечные события, но мы не можем предсказывать взрывы других звезд и взрывы сверхновых. А они дают значительный эффект.

— Неужели космос и сейчас остается для нас такой опасной средой?

— Конечно, космос враждебен человеку, я это не перестаю повторять. И мирные прогулки с девушками по Марсу, как показано в фильме «Марсианин», — утопия. К сожалению. Там всегда надо будет прятаться, скрываться, укрываться. Я очень не люблю это слово, но надо будет закапываться в схроны. И на Марсе, и на Луне целесообразно использовать местный грунт, а не везти защитные материалы с Земли. Слой грунта мощностью полтора-два метра снимает проблемы радиации. Для освоения этих небесных тел необходимы серьезные укрытия для человека. И они должны быть построены до того, как это освоение начнется.

**Трамвай
по имени
Солнце**



— И все-таки почему нам с магнитным полем повезло «почти»?

— Потому что в магнитном щите Земли все-таки остаются щели, в которые прорывается солнечная плазма (полярные каспы). В целом наше Солнце создает для нашей жизни вполне комфортные условия, но иногда проявляет характер: мощные выбросы солнечного вещества за несколько дней добираются до Земли, прорываются внутрь нашей магнитосферы, генерируют сильные токи, которые ощутимым образом меняют магнитное поле на поверхности Земли. Весь этот комплекс явлений называется магнитной бурей и рассматривается как одно из проявлений космической погоды. Магнитные бури не совсем понятным пока образом, но весьма существенно влияют на нашу жизнь. Основные механизмы влияния магнитных бурь на протяженные технические системы (линии электропередач, нефте- и газопроводы, железнодорожную электронику) сейчас в целом понятны: в группу риска попадает любой длинный проводник. В нем индуцируется сильный электрический ток, который выводит из строя аппаратуру.

Это очень хорошо знают жители Аляски, Северной Канады, где солнечные вспышки становятся причинами сбоев электричества, вызывают так называемые блэкауты.

В том же, как космическая погода влияет на человека и, если посмотреть шире, вообще на биологические объекты, остается еще очень много неясного. Наше космофизическое сообщество высоко чтит память выдающегося отечественного ученого — А.Л. Чижевского. Он первым почувствовал, что есть связь между процессами, происходящими на Солнце и на Земле. Ученые еще не знали о солнечном ветре, который был открыт только с началом космической эры, но А.Л. Чижевский еще в конце 1920-х гг. заметил четкую корреляцию между количеством пятен на Солнце и началом войн, революций и эпидемий. Одна из наших сотрудниц защищала на эту тему (по гелиобиологии) докторскую диссертацию. Поскольку тема была и остается спорной, защита была тяжелой и длилась почти девять часов. Люди спрашивали: «Вот вы статистически доказываете, что магнитная буря влияет на человеческий социум, но каковы механизмы влияния, непонятно». В конце концов вышел один товарищ и говорит: «К сожалению, я не могу тут с вами дальше оставаться, меня ждут больные. Я главный врач московской скорой помощи. Вы можете спорить и дальше, решать, бросать черные шары или белые, доверять диссертанту или нет. Но я хочу сказать одно. Когда у меня есть прогноз, что будет солнечная вспышка, я никого из сотрудников не отпускаю в отгулы и отпуска. Потому что по опыту знаю — по Москве вызовов будет на 25–30% больше. Это статистика».

— Но если рядом со мной проезжает трамвай или работает мощный электродвигатель, полагаю, влияние от него на меня на порядки больше, чем от далекой солнечной вспышки. Но я же не падаю замертво от инфаркта или инсульта?

— Это основной аргумент противников теории А.Л. Чижевского: почему люди ездят на трамваях и не болеют? Потому что на Земле сейчас живет почти 8 млрд человек, и солнечная буря действует сразу на всех, а на трамваях в данный момент едет, скажем, 1 млн, сотая доля процента, и статистический эффект от этого влияния почти незаметен. Это закон больших чисел, и он действительно работает. Мы пока не вполне понимаем все механизмы действия космической погоды, этим занимается относительно новая наука гелиобиология, и она очень важна, в частности, для пилотируемой космонавтики. У нас в институте есть небольшая группа, которая работает над этими проблемами. Но в основном такие работы ведутся, конечно, в профильном Институте медико-биологических проблем РАН. Специалисты наконец поняли важность темы для будущего освоения космоса человеком.

— Я читал, что во время мощной солнечной вспышки 1859 г. даже телеграфные станции загорались.

— Да, это знаменитое «событие Кэррингтона», одна из мощнейших геомагнитных бурь за всю историю наблюдения. Сейчас мы уже научились этому как-то противостоять, созданы специальные средства защиты, но в XIX в., когда только начали строить железные дороги и телеграфные линии, они достаточно часто выходили из строя. Для России это тогда было не очень актуально, потому что, во-первых, Северный магнитный полюс был далеко, в Канаде, во-вторых, у нас на севере была очень бедная инфраструктура.

— Плотное освоение северных территорий в СССР началось лишь во второй половине XX в.

— Но сейчас и магнитное поле Земли меняется, Северный полюс движется в сторону России, постепенно развивается инфраструктура в Арктике, которой сегодня уделяется усиленное внимание. И все эти неприятности могут выстрелить уже в нашу сторону. Ленин говорил, что в XX в. полюс революционной активности смещается в сторону России, а я часто в шутку продолжаю, что в XXI в. в Россию смещается уже и полюс магнитной активности.

— Да, полюс движется, и многие ученые пугают нас грядущей переполюсовкой, когда на какое-то время магнитное поле Земли может вообще исчезнуть — со всеми вытекающими последствиями, о которых мы уже говорили.

— Как раз на эту тему у нас недавно вышла статья в журнале «Успехи физических наук», она так и называется — «Переполюсовка магнитного поля: угрозы подлинные и мнимые». Наша аспирантка О.О. Царева взяла модель эволюции магнитного поля Земли и провела тщательные расчеты. Магнитное поле сейчас в первом приближении дипольное...

— Да, у нас есть два магнитных полюса, северный и южный. Разве может быть по-другому?

— Кроме дипольной есть и (сейчас малые) более высокие гармоники поля. Сейчас дипольная компонента магнитного поля постепенно уменьшается, а основной — в соответствии с теоретическими моделями — может стать квадрупольная компонента.

— То есть с четырьмя полюсами. Грубо говоря, северный магнитный полюс, южный, западный и восточный?

— Возрастание квадрупольной компоненты как раз и приводит к смещению полюса. Модель такого магнитного поля становится очень сложной. Мы ее «обстреляли» потоками частиц, имитирующими поток космических лучей, и посчитали, какому облучению подвергнется поверхность Земли в разные моменты. В общем, не увидели ничего страшного. Возможно, доза облучения вырастет

в два-три раза, но оно будет иметь уже другой характер. Поскольку полюса в квадрупольной системе могут действительно сильно сместиться.

— Например, в Африку?

— Вполне возможно. Полярные сияния могут быть в совсем других местах, но в целом катастрофы не произойдет. Важно, конечно, какое время займет этот процесс.

— Но это же не первая переполюсовка в истории нашей планеты, раньше люди ее переживали как-то?

— Никак не переживали. Человечество, несмотря на наши субъективные ощущения, еще слишком молодо, нам как виду примерно 50 тыс. лет. А последняя переполюсовка была несколько сотен тысяч лет назад.

— То есть у нас есть реальный шанс стать первыми разумными свидетелями уникального явления? Но когда оно может произойти?

— По нашим прогнозам, это может произойти где-то в период с конца XXI до начала XXIII в., то есть время для подготовки еще есть. Но, еще раз повторю, трагедии не предвидится. Могут возникнуть серьезные проблемы для полетов в ближнем космосе. Сейчас на околоземной орбите, где летает МКС, магнитное поле практически такое же, как на Земле. Но квадрупольная компонента поля уменьшается с расстоянием очень быстро. И в период переполюсовки полеты даже в ближнем космосе станут почти так же опасны, как в космосе дальнем, о чем мы с вами уже говорили.

назад на луну



— Возвращаясь к такой далекой и такой близкой нам Луне. Насколько я помню, последняя наша автоматическая экспедиция на родной естественный спутник состоялась больше 40 лет назад.

— Совершенно верно, в 1976 г., «Луна-24». Но если вы посмотрите нашу новую программу, увидите и запланированные программы с большими номерами — «Луна-25» и далее, вплоть до 28.

— То есть новую линейку запускать не хотите? Какую-нибудь «Экспансию-1», «Интерлунние-1», «Облуннение-1»?

— Нет. Напротив, мы хотим показать, что стоим, как говорил Ньютон, на плечах гигантов еще советского времени, которые действительно сделали потрясающие вещи. Сейчас даже трудно представить, как им это удалось. Наша действующая программа (2016–2025) включает четыре автоматические лунные экспедиции.

— **В сравнении с советскими временами действительно не так много. Тогда за 17 лет их было 24.**

— У нас будет пока всего четыре. Первая должна пройти в 2021 г.

— **То есть на подготовку нужно три года?**

— Мы готовы лететь и раньше, но мы хотим попасть не просто на Луну, а на ее южный полюс, а там есть свои непростые баллистические ограничения. Взаиморасположение Земли и Луны таково, что полет на полюс в 2020 г. будет значительно сложнее и дороже, чем в 2021 г. Нам может просто не хватить резерва импульса разгонного блока. А в 2021 г. появляется уже хороший запас, и мы будем себя чувствовать себя увереннее. Очень хочется, чтобы все четыре экспедиции прошли успешно, а для этого очень важно «поспешать не торопясь».

— **Ждали уже с 1976 г., можно потерпеть еще год-другой.**

— Совершенно точно. Лунная гонка СССР и США была очень конструктивна с точки зрения результатов, за короткое время нам удалось сделать фантастически много. Потом на долгое время про Луну забыли. Сейчас мы снова к ней возвращаемся. К нам присоединились новые игроки — очень большой и постоянно растущий интерес к спутнику Земли проявляют товарищи из Китая, из Индии, из Кореи.

— **Китай может нас обогнать?**

— Пока он повторяет то, что было сделано нами полстолетия назад. Но у Китая большие планы и возможности. Интересные программы есть и у Индии, и у Японии. Они уже в этом веке запустили орбитальные аппараты, которые дали достаточно неожиданные результаты.

— **Что такого они могли узнать, чего не знали мы?**

— Нам казалось интуитивно ясным, что, поскольку у Луны нет магнитного поля, поток плазмы солнечного ветра должен врезаться в «мягкую» поверхность Луны и поглощаться там. Но японский орбитальный аппарат «Кагуя» неожиданно обнаружил существенные отраженные потоки. То есть плазма движется не только к Луне, но и от Луны.

— **Как от стенки отскакивает?**

— О том, как это происходит, сейчас идут большие споры. Наиболее правдоподобно связать это явление с небольшими магнитными аномалиями

(Луна не обладает сейчас собственным магнитным полем). Эти области действуют как локальные магнитные зеркала, отражающие солнечную плазму.

— **И в этих местах можно строить лунные базы?**

— Нет, эти зеркала не спасают от потоков радиации, они слишком слабы. Но с точки зрения физики плазмы это очень интересно.

— **Раз уж мы коснулись темы лунной гонки СССР и США, я просто не имею права не задать, пожалуй, самый конспирологический вопрос XX в.**

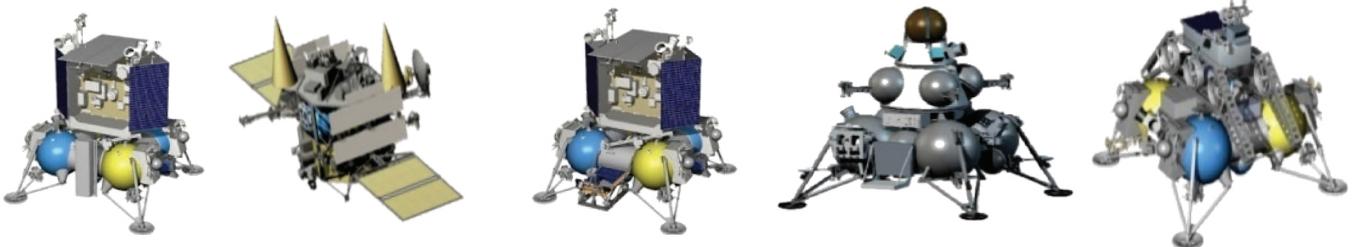
— Я уже знаю какой, мне его задавали уже тысячи раз. Как бы это ни было обидно конспирологам, но американцы на Луне все-таки реально высаживались. У меня на этот счет есть очень простое доказательство, которое сложно опровергнуть. У СССР три автоматические экспедиции доставили на Землю каждая по 150–250 г реголита (лунного грунта). Чуть меньше килограмма. Эти образцы хранятся в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского. Американские астронавты в итоге доставили не 300 г, а 300 кг этого вещества. И их образцы почти не отличаются от наших. Есть, конечно, небольшие региональные нюансы, поскольку образцы взяты в разных местах, но в целом нет причин сомневаться в том, что это одно и то же взвешенное (!) вещество. Кстати, научный руководитель института им. В.И. Вернадского академик Э.М. Галимов написал недавно обо всей этой истории очень убедительную статью.

Так что, если начать мутить воду историями о том, что американцы не были на Луне, значит там не было и советских посадочных лунников 16, 20 и 24. Это одно из тысяч доказательств, но его обычно хватает для того, чтобы охладить пыл любого конспиролога.

луна как заповедник



— **В той же стратегии, о которой я говорил, написано не просто про исследование Луны, но и про пилотируемые полеты на нее уже до 2030 г.**



3D-модели космических аппаратов, планируемых к запуску в рамках российской лунной программы (слева направо): «Луна-25», «Луна-26», «Луна-27», «Луна-28», «Луна-29».

— Сейчас этот срок тоже отодвинут чуть дальше. Но сами планы вполне реальны. Мы как раз этим вопросом сейчас занимаемся вместе со специалистами «Роскосмоса». На начало ноября запланировано совместное заседание научно-технического совета «Роскосмоса» и бюро Совета РАН по космосу, на котором будет обсуждаться программа исследования и освоения Луны, где автоматические миссии сочетаются с пилотируемыми полетами и продолжаются работами уже и по освоению Луны

— Но вы же сказали, что космос в целом и Луна в частности враждебны человеку. Так зачем тогда она вообще нам нужна?

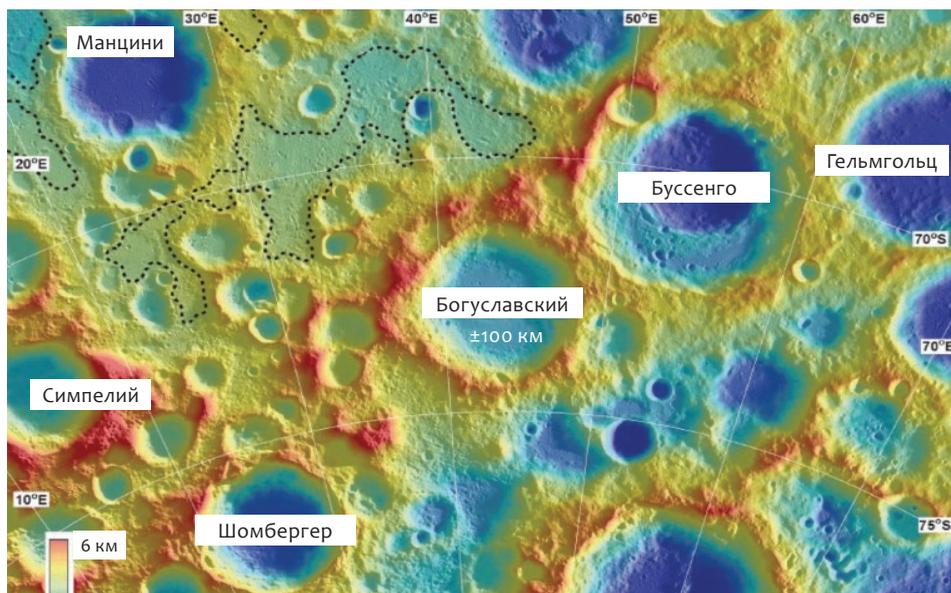
— Для человечества Луна — это прежде всего седьмой континент Земли. По наиболее популярной гипотезе, она образовалась примерно 4 млрд лет назад при столкновении с нашей планетой большого тела типа Марса, которое косым ударом срезало верхние земные слои и выкинуло их в космическое пространство. Из этой расплавленной ударом раскаленной «каши» и образовалась Луна, которая сначала была близко к нам, но потом за счет приливных эффектов отдалилась, постепенно затвердевая. Можно поэтому сказать, что это тоже часть Земли. К сожалению, определение «седьмой континент» перехватили коммерсанты, дав это имя своей сети магазинов.

— То есть Луна нам не чужая.

— Ни в коем случае. Можно сказать, что она, как Ева, сотворена из ребра Адама-Земли. Луна, как настоящая жена, играет серьезную роль в жизни Земли, начиная с больших приливов и заканчивая тем, что она спасает нас, оттягивая на себя множество метеоритных ударов. Луну надо исследовать просто как часть Земли. Исследовать механизм ее формирования, ее вещество, ее особенности. Сейчас мы смотрим на освоение Луны уже не так, как в 1970-е гг. Несколько последних экспедиций, в числе которых одна индийская, обнаружили, что полярные области Луны отличаются от экваториальных: под поверхностью там есть слои вечной мерзлоты.

— А что в этом удивительного? На Земле тоже Занзибар отличается от Антарктиды.

— И не только на Земле. У Меркурия, несмотря на то что он вообще движется по орбите совсем



Лунные кратеры — документированная история Солнечной системы

рядом с Солнцем, в полярных областях, как ни странно, тоже лежит снег. На Луне в ее полярных областях обнаружены запасы замерзшей воды. Насколько глубоко эти запасы распространяются, насколько они объемны, пока сказать трудно, на это мы как раз и хотим ответить с помощью измерений и на поверхности Луны, и на окололунных орбитах, запланированных в нашей лунной программе. Поэтому полярные области Луны для нас сегодня более перспективны и интересны.

— Поэтому «Луна-25» и нацелена именно на южный полюс?

— Конечно, и освоение начнется именно с полярных областей. Я думаю, это должны быть вахтовые экспедиции, работающие примерно по такому сценарию, как сейчас нефтяники, осваивающие Север. Ученые, естественно, думают о развитии науки, создании лунной астрофизической обсерватории. Луна предоставляет уникальные возможности, например, для радиоастрономии. Около Земли все заполнено радиощумом, радиоспамом от миллионов радиостанций, мобильных телефонов, поэтому лучшее для радиоастрономов место — Луна, а еще лучшее — ее обратная сторона, которая вообще идеально прикрыта от этих земных шумов. Уже организована специальная международная группа по созданию там электромагнитного заповедника. Ее члены призывают запретить разворачивание всякой технической инфраструктуры на обратной стороне Луны, чтобы там можно было спокойно вслушиваться в электромагнитные шумы Вселенной. Еще одна важная область, в которой могут сильно помочь лунные базы, — исследование тех самых космических лучей, о которых мы говорили. У них колоссальная проникающая способность, поэтому детекторы должны быть



Научный руководитель Института космических исследований РАН академик Л.М. Зеленый

очень большими и массивными, чтобы их остановить. У нас была даже идея — для самых энергичных частиц, на пределе максимальных энергий, использовать как мишень саму Луну. Проходя через нее, частицы будут генерировать черенковское излучение, которое будет улавливать летающий по окололунной орбите космический аппарат.

— **Красивая идея...**

— Но она оказалась очень трудной в осуществлении. Однако и для меньших энергий там условия очень хорошие.

— **А что мешает такие системы по изучению космических лучей разворачивать не на Луне, а в открытом космосе? Не тащить аппаратуру за сотни тысяч верст, а вывести, как «Хаббл», на орбиту высотой 600–700 км?**

— Все такие установки тяжелые, массивные, на орбите их собирать трудно, а на Луне это можно делать постепенно. Сначала собрать установку с одной чувствительностью, потом добавить оборудование, нарастить массу и получить новую чувствительность, более высокую, и т.д. Так можно достичь очень хороших результатов.

— **Получается модульная система.**

— Именно модульная. На Луне для этого очень хорошие возможности. Интересные перспективы открываются и для рентгеновской, и для гамма-астрономии.

— **Для оптики это идеальное место, там хороший астроклимат, никогда не бывает облаков.**

— Тем не менее, к сожалению, там есть пыль. На Земле есть места с подобным почти идеальным астроклиматом. Но десятиметровые зеркала для оптических телескопов, как в Европейской южной обсерватории, на Луну не потащишь. Поэтому оптикой, наверное, лучше заниматься на Земле. Однако для многих других диапазонов, которые плохо проходят через нашу атмосферу, Луна выглядит подходящей площадкой.

— **Вы говорите про фундаментальную науку. Но ведь Луну можно осваивать и в практических целях. Например, на ней можно добывать гелий-3 для термоядерных реакторов. С ним мы надолго забудем про энергетический голод.**

— А вот тут я вас порадовать не могу. Эту идею начали продвигать много лет назад с самой благородной целью — привлечь интерес к Луне.

— **Как Колумб привлек испанскую королеву обещаниями золота?**

— Именно. И он не просто выполнил свое обещание, а перевыполнил его. Но испанская корона знала, что делать дальше с доставленным награбленным золотом. Здесь ситуация иная. Хотя логика простая: раз уж лететь на Луну, значит, надо что-то с нее привезти, иначе зачем вообще лететь? Золото или какие-нибудь другие даже очень редкие металлы везти будет слишком дорого. Вот и придумали панацею — гелий-3. Вроде как в солнечном ветре, в основном состоящем из протонов, около 4% составляют атомы обычного гелия-4, называемые

в ядерной физике альфа-частицами. В этих 4% кроме гелия-4 есть и маленькая доля изотопов гелия-3. Они сталкиваются с поверхностью Луны, имплантируются в нее, поэтому в поверхностном слое гелий-3 в крошечных количествах действительно может присутствовать. Но он имплантируется на очень малую глубину, поскольку у солнечного ветра относительно небольшая энергия. И гелий-3 будет быстро испаряться с поверхности.

— **Но в доставленных с Луны образцах реголита его нашли?**

— В весьма незначительных количествах. Для того чтобы его добыть в необходимых объемах, нужно создать на Луне промышленность, соизмеримую с золотодобывающей отраслью на Земле. При этом доля гелия-3 в лунном грунте такова, что золотопромышленники на Земле его бы добывать не стали: экономически невыгодно.

— **Но ведь он значительно дороже золота!**

— Хорошо, пусть так. Пусть ценой неимоверных усилий и баснословных капиталовложений мы создали на Луне мощную гелиодобывающую и гелиообогатительную промышленность. Добыли гелий-3 и даже доставили его на Землю. А что дальше?

— **Как что? Сжигаем его в термоядерном реакторе и получаем почти бесплатную электроэнергию.**

— Ну, насчет почти бесплатной я бы не был столь категоричен. Тут дело доходит до плазмы, а это как раз моя область. Плазма очень трудно удержать, она стремится выскочить из всех удерживающих магнитных полей, и в этом главная проблема уже долгие десятилетия ведущихся работ по управляемому термоядерному синтезу (УТС). Для того чтобы произошла термоядерная реакция, надо сблизить атомы, преодолеть силы электростатического отталкивания. И тут нам нужна очень высокая температура. Для термоядерного синтеза, даже в самой легкой в этом плане дейтерий-тритиевой плазмы, нужна температура около 100 млн градусов. Сейчас во Франции строится (медленно, но все же строится) международная установка *ITER* (в этих работах очень активно участвует и наша страна), в которой, как мы все надеемся, этот процесс должен наконец запуститься. Но чтобы осуществить реакцию на гелии-3, нужна температура где-то в девять-десять раз больше.

— **Почти миллиард градусов? Такой температуры, думаю, и в ядре Солнца нет.**

— Нет, там максимально примерно 15 млн. И нам в земных условиях нагреть плазму до такой температуры будет, мягко говоря, непросто. И на порядок более легкую задачу уже не могут решить несколько поколений исследователей.

— **А если решим? Раньше и 10 млн градусов казались фантастикой, а сейчас на токамаках мы эту температуру получаем достаточно просто.**

— А если решим, тогда сходите в аптеку и купите пузырек борной кислоты. Реакции на боре дают те же эффекты, что на гелии-3, а температура нужна ненамного выше, не 1 млрд, а где-то 1,3 млрд градусов.

— **Ну да, если уж до миллиарда докрутим, там еще чуть-чуть останется.**

— А после этого можно использовать и бор, огромные запасы которого ждут желающих в земных морях и океанах. Поэтому, если человечество когда-нибудь решит задачу удержания сверхгорячей плазмы, нам уже не понадобится никакой лунный гелий-3, обойдемся бором. Так что пока с колумбовыми обещаниями у нас сложности, сильно обогатиться за счет Луны в материальном плане вряд ли получится. Зато знаний о том, как устроен мир, она нам безусловно прибавит. И, как это уже не раз случалось, вложения в создание новой уникальной космической техники, систем связи, навигации и передачи больших объемов данных, медико-биологические исследования поведения человека в экстремальных условиях, необходимые для освоения Луны, дадут мощный толчок развитию и земной техники, и земной медицины. Вспомним, например, исключительно дорогую американскую программу «Аполлон», о которой мы сегодня уже говорили. Отдача от нее в технических инновациях для промышленности в разы превзошла вложения. В не столь далекие времена в нашей стране на всех домах висели плакаты с цитатой из выступления Л.И. Брежнева: «Экономика должна быть экономной». Я бы перефразировал эту глубокую мысль: экономика должна быть дальновидной. Все-таки главное богатство и всего человечества, и каждой отдельной страны — это новые знания. Недаром наш вид называется не «человек сильный» или «человек богатый», а именно «человек разумный».

Думаю, большинство читателей «В мире науки» со мной согласятся. Остается только убедить в этом «испанскую королеву». ■

Беседовал Валерий Чумаков

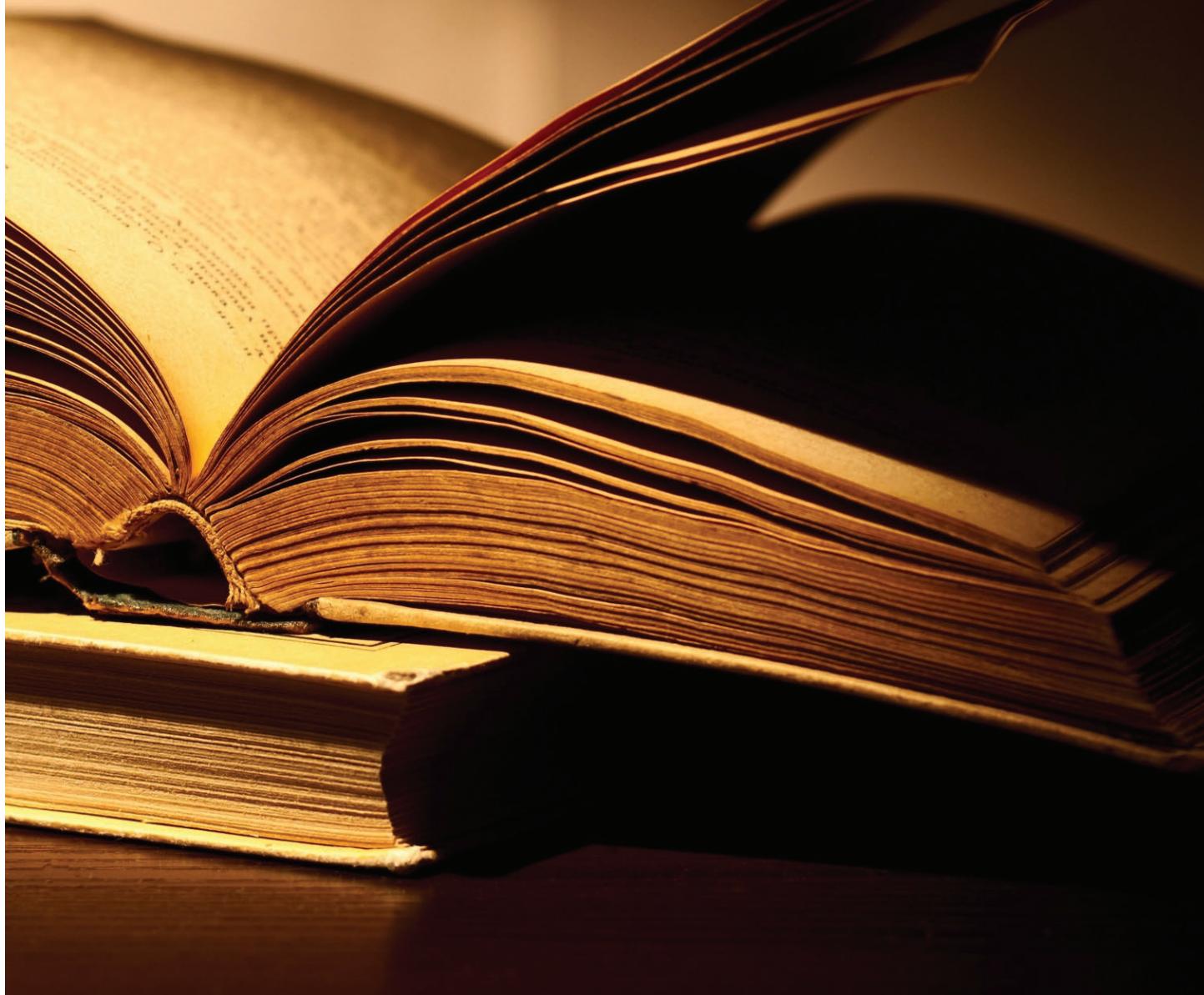
В следующем номере



Академик Л.М. Зеленый расскажет о грядущих полетах на другие планеты Солнечной системы, о поисках внеземной жизни и о неожиданных, хотя и спорных выводах, которые сделали российские ученые, изучая фотографии поверхности Венеры, полученные советскими посадочными станциями в 1970–1980-х гг.

История всегда многовариантна

Россия — единственная страна в мире,
в которой всемирная история изучается
в школе так же, как отечественная



Академик Александр Чубарьян

о том, почему историческая наука подобна «эффекту бабочки», почему в современной России вырос интерес к истории, но так и не научились сохранять исторические памятники.

— Александр Оганович, вы выросли в семье замечательного библиоковеда, директора знаменитой Ленинской библиотеки. Выходит, ваша любовь к книгам была предопределена?

— У нас дома царил культ книги. Это ощущение я запомнил на всю жизнь. Папа действительно занимался библиотечным делом. Во время войны он был ранен, находился в госпитале в Ленинграде, и рана у него долго не заживала. Госпиталь был рядом с публичной библиотекой, и он каждый день туда ходил на костылях. Сегодня выглядит символично, что он с войны привез диссертацию на тему «Техническая книга в эпоху Петра I». Он собирал все, что связано с книгами. Во время войны начал с почтовых открыток, посвященных книгам, писателям и т.д. Собирал марки, также посвященные юбилеям книг. Ну и миниатюрные книги — это было его главное хобби. Тогда это было очень популярно. У нас дома в коллекции до сих пор есть две самые

маленькие миниатюрные книги: Библия на семи языках и Олимпийская хартия. Кстати, Н.С. Хрущев терпеть не мог миниатюрные книги и не разрешал издавать свои труды в миниатюре. А вот Л.И. Брежнев наоборот любил это.

— Наверное, отец хотел, чтобы вы продолжили его дело?

— Когда я окончил школу, встал вопрос, куда мне идти дальше. У меня была золотая медаль, так что поступать мог куда угодно. Я собрался в МГИМО, поскольку интересовался международными событиями. Но папа был человек гуманный, мягкий, и накануне подачи документов он мне говорит: «Может, все-таки пойдешь в классический университет?» Так я стал студентом исторического факультета МГУ. Потом поступил в аспирантуру Института истории Академии наук СССР и с тех пор работаю здесь. Уже почти 60 лет. Должности менялись от научного сотрудника и директора до научного руководителя, а место работы оставалось



Научный руководитель Института всеобщей истории РАН академик А.О. Чубарьян

прежним. Директором института я стал в 1988 г. и занимал эту должность 30 с лишним лет. Параллельно в течение 12 лет преподавал в Дипломатической академии и МГИМО.

— То есть страсть к политике все-таки осталась?

— Да. Когда я был молодым человеком, я составлял картотеку основных политических партий всего мира. Тогда не было такой возможности, как сейчас, — нажать кнопку и получить все сведения. А мне было интересно. Есть такая организация, я возглавляю ее — Национальный комитет историков, который существует для поддержания международных связей. Я там работаю уже много лет, а еще был вице-президентом Международной организации историков всего мира, так что ездил непрерывно на разного рода заседания, был на всех мировых конгрессах историков. В первый раз я выехал в 1965 г., совсем молодым. Многих моих нынешних учеников еще на свете не было.

— Александр Оганович, давайте поговорим об институте, где вы работаете всю свою научную жизнь. Ведь он создан очень давно, в первые годы советской власти?

— Институт был создан в 1936 г. Он назывался «Институт истории» и такое название сохранял вплоть до 1968 г., когда его разделили на два института — всеобщей истории, где мы сейчас беседуем, и российской истории. Институт всеобщей истории РАН фактически занимается всем миром. Первое время мы вообще не занимались Россией,

но уже 25 лет как занимаемся, только не внутренней историей, а Россией в контексте мировой истории. Мы изучаем историю от античности до наших дней; как говорили в мое время — от Адама до Потсдама. В этом смысле у нас уникальный институт. Всегда были сильные отделы по истории Древнего мира, Средних веков. Думаю, это лучшие в России отделы. Хотя новая и новейшая история представлены достойно.

— У вас есть также отделы, изучающие историю стран Латинской Америки, США и Канады?

— Не только. Есть небольшой, но очень продуктивный центр африканской истории, есть проект «Восток — Запад» по азиатским странам. Что радует, в институте много молодежи. А вообще, новый этап в жизни института начался в канун перестройки, когда мы провели большую конференцию «Всеобщая история: обновление наших исторических представлений».

— Чем новые взгляды кардинально отличаются от прежних?

— Бессмысленно скрывать, что до конца 1980-х гг. все наши учреждения были идеологизированы. Как и издания, особенно касающиеся новой и новейшей истории XX в. Кроме того, произошли очень большие перемены в мировой науке: появилась как одно из очень важных направлений микроистория — *la vie quotidienne* (фр. «история повседневной жизни»). Центр тяжести переместился с крупных, как в марксистское время, закономерностей на частную жизнь, в центре которой — человек.

Тема истории человека в окружающем мире стала сквозной на всех мировых конгрессах: болезни в истории, преступления в истории, голод в истории, детство, гендер в истории. Самые разнообразные темы — но все через призму личности человека.

Одновременно происходит возвращение к глобальным подходам. Я бы сказал, что произошел синтез микро- и макроистории. Очень популярна идея глобальной истории, и в связи с этим у нас возникла идея написания «Всемирной истории», которую мы сейчас закончили.

— **Но ведь она издавалась в советское время?**

— Да, в 13 томах. Но это были совершенно другие книги. Изменилось время, стало другим наше государство. А сейчас это первая российская «Всемирная история», которую мы представляем на суд нашей общественности и всего мира. Попутно у нас в институте укрепляются международные связи. Есть совместные комиссии с Германией, Австрией, Литвой, Латвией, развиваются активные контакты с другими странами — Польшей, Францией. Появилось новое направление: мы начали готовить учебные пособия для преподавателей средней школы совместно с другими странами. Например, с Германией — готовы уже два тома. Начали с XX в., потом XVIII в., сейчас заканчиваем XIX в.

С Австрией только что вышло совместное немецкоязычное издание в одном томе, которое австрийский президент вручил В.В. Путину, когда он находился с визитом в Вене. А он в ответ подарил наш русскоязычный вариант. Очень сложный проект у нас с Польшей. Отношения сейчас не лучшие, но проект функционирует. Мы издали «Вехи совместной истории России и Польши: преодоление исторических стереотипов, XIX век». Издали XIV–XVIII вв. И сейчас у нас готовится завершающий том, XX в., что очень сложно, потому что у нас разные точки зрения. Но мы нашли подход: если у нас несовпадающие позиции, мы помещаем на одну тему две статьи — иностранного ученого и нашего. Но вообще и немецкие, и польские историки настаивают, чтобы был совместный вариант, поиски какого-то компромисса.

— **А что если с Украиной сделать такой проект?**

— У нас есть российско-украинская комиссия историков. Формально она не ликвидирована, но фактически не работает, потому что украинская сторона на контакт не идет. У нас, конечно, есть контакты с украинскими коллегами,

но на индивидуальной основе. Надо сказать, тенденция переписать историю там сейчас очень сильна, она превалирует. Но это, как правило, не профессиональные историки, не академическое сообщество. Были связи в основном с Институтом истории Национальной академии наук Украины, и хотя они в русле общей политики не очень контактируют с нами, но в свое время они написали десятки книг про Киевскую Русь, Великую Отечественную войну, и не каждый историк способен отказаться от своей точки зрения. Лично я жду, когда все-таки эта волна схлынет и нормальное общение возобновится.

— **Расскажите, пожалуйста, о других интересных проектах института, новых открытиях исторического плана.**

— Проектов множество. Очень интересен, например, проект по городам Причерноморья. Эту рабо-

Люди ищут в истории ответы на сегодняшние вопросы. Они ищут аналоги в истории, испытывают большой интерес к тому, что было в повседневной жизни. Это мода, нравы, истории человеческих взаимоотношений, человеческие характеры, страсти

ту возглавляет член-корреспондент РАН А.И. Иванчик. Там много интересных находок. Есть большая теоретическая проблема, связанная со Средневековьем. То, что весь мир называет Средними веками, у нас — «русский феодализм». Сейчас стараемся вписаться в мировой контекст. Второй том «Всемирной истории» так и называется — «Средневековье», и в нем много интересных работ по средневековым городам. Оттуда и появилась микроистория, о которой мы уже упомянули.

Большая, хорошая тема по XVIII в.: это новые, очень важные изыскания. Век Просвещения, связанный с Францией и Германией, переписка Екатерины II с просветителями. А сейчас у нас вышел большой том, где представлены просветительские идеи в России, возникшие под влиянием Запада.

Если Петр I открыл Европу для России и Россию для Европы в плане бизнеса, то Екатерина II открыла интеллектуально. У нас вышли книги о ее связях с Францией. Это редкий феномен в истории: немка на русском престоле, принявшая православие, писавшая по-французски, стала одной из любимых руской истории. У нас вообще выходит много книг.

— **Вы уделяете большое внимание образованию и даже открыли университет...**

— Мы создали 24 года назад на базе академии наук Государственный академический университет гуманитарных наук (ГАУГН). Каждый факультет базируется на профильном академическом институте. Студенты у нас «штучные», каждый — яркая индивидуальность. С третьего курса они начинают участвовать в научной жизни институтов. У нас нет штатных преподавателей. В институте создан образовательный центр, я его возглавляю. Кроме того, я по поручению президента возглавлял группу по подготовке культурно-исторического стандарта для средней школы. И он внедрен, на его базе написаны учебники.

— **По этому поводу пришлось встречаться с президентом?**

— Да, и это было очень интересное время. Мы многое обсуждали, президент вникал в детали. В частности, говорили о норманской теории. Всегда были идеологические споры по этому поводу. Одни исповедуют почвеннический подход, считают, что норманисты — не патриоты. Другие не соглашаются. Сейчас найден какой-то консенсус.

Существует самостоятельная организация — Ассоциация учителей истории и обществознания, я ее возглавляю. Наш институт выступает базой и для нее тоже. Образовательный контекст для меня очень важен, хотя я уже устал от того, что министерство каждый год меняет образовательные стандарты. При этом подчеркну: мы единственная страна в мире, в которой всемирная история изучается в школе так же, как отечественная.

— **Неужели в других странах изучают только свою историю?**

— Да, преобладает национальная история. А у нас с пятого класса идет всеобщая история, а российская начинается с шестого. Сейчас Министерство образования Франции испытывает большую озабоченность тем, что их дети мало знают про мировую историю. 28 ноября мы летим в Париж, где встречаемся с министром образования по поводу обмена опытом. Я всегда говорю: «Надо изучать весь мир, а не только смотреть в свои собственные окна». Это дает общую культуру, понимание и жизненный опыт, однако подобные аргументы не отменяют необходимость изучения прежде всего истории нашей страны, чтобы понимать, как формировалась и развивалась российская идентичность.

Наша молодежь 15 лет назад в основном шла изучать Средние века и древность. Это была реакция на излишнюю политизированность новой и новейшей истории, отсутствие многих документов. Но поскольку произошла архивная революция, многие документы стали доступны, ситуация должна меняться. Я не мог и мечтать о том, чтобы увидеть все то, что сегодня меня интересует. Сегодня открыты документы, которые отражают процесс принятия решений. Я даже в Нобелевском институте мира в Осло делал доклад на тему «Процесс принятия решений в советском руководстве по внешней политике».

— **У нас появились возможности для объективизации истории?**

— Да, это так. У нас в Институте всеобщей истории РАН есть сильный центр по теории исторического развития, методологии истории. Сейчас во всем мире большой интерес к теории, к исторической памяти. Кроме того, меня сейчас увлекает



Многотомник «Всемирная история» — гордость Института всеобщей истории

проблема когнитивных наук. Я выступал в Гамбурге с докладом на тему «Когнитивные науки и интерпретация истории». Наш мозг имеет тысячи нервных клеток, которые создают характер человека и его менталитет. Все это касается и области познания, и исторической науки в частности. В первый раз меня это потрясло в Берлинском университете им. Гумбольдта, когда мне показали лаборатории «Когнитивные науки и религия», «Когнитивные науки и искусство». Почему у одного человека есть музыкальный слух, а у другого нет? Почему один человек увлечен религией, а другой нет? Это все соединения социального и биологического. Вот что такое когнитивные науки. Я в контакте с нашими когнитивщиками — биологами, нейрохирургами, нейролингвистами. Это новое и важное направление. Искусственный интеллект, кстати, тоже сюда входит. Некоторое время назад был создан центр когнитивных исследований при Российском государственном гуманитарном университете (РГГУ). Мы проводим с ними совместные конференции.

— **Существует расхожая фраза, что историй столько же, сколько историков...**

— Эта фраза принадлежит известному английскому историку Эдварду Карру, одному из крупнейших специалистов по истории России. Я его хорошо знал. Он выпустил восемь томов по истории нашей страны, писал книги и по международным отношениям. Эта его фраза — некоторое преувеличение, релятивизм, но в принципе факты приобретают свое наполнение через чью-то интерпретацию. В истории всегда есть риск субъективного подхода, но это создает интересный феномен: история как элемент, который связан с личностью историка. Второй момент, который меня в этом смысле интересует, — история и идеология, история и политика. В наших контактах с иностранными коллегами мы проводим мысль, что желательно, чтобы история была деполитизирована, деидеологизирована. Но это пока остается в теории.

— **Это невозможно?**

— В теории возможно. А на практике, конечно, большой соблазн для политиков использовать историческую науку в своих целях. Моя формула такова: история не должна быть заложницей политики и, наоборот, политика — заложницей истории. Но тема сама по себе интересна. Я много занимался историей холодной войны; есть такие теории, в которых утверждается, что идеология играла одну из ключевых ролей в ее возникновении.

— **А холодная война разве закончилась?**

— Тот период закончился. Но сейчас, как это ни парадоксально, ситуация в чем-то острее. В свое время я был членом советско-американских комиссий, мы встречались каждый год в СССР и США. Работали эксперты, мы готовили предложения, как выходить из холодной войны. Все понимали, что это плохо и надо ее прекратить. Сейчас такая работа была бы очень актуальна. Тогда были некие правила игры, за рамки которых стороны не выходили. Поэтому и не было большой войны.

— **Сейчас таких правил нет?**

— Идея ядерного устрашения существует. Но следует изучать и опыт того времени, чтобы эта идея стала понятнее. Сейчас у нас выходит книга «Советско-британские отношения в годы холодной

История состоит из драматических ситуаций, ошибок и даже преступлений. Но я сторонник многофакторного подхода, когда все сопоставляется и это позволяет создать максимально правдивую историческую картину. Пусть и не всегда красивую

войны», где опубликованы многие документы того времени. Два года назад была презентация английского варианта, сейчас делаем русский книжный вариант.

— **Александр Оганович, сейчас мы наблюдаем подъем интереса к истории или, наоборот, спад?**

— В России, как и в мире, возрастает интерес к истории, но отстает так называемое страноведение. В мои молодые годы были центры по изучению истории. Скажем, в Перми функционировал центр по изучению английской истории. Это было связано с существованием научных школ. В Перми жил Л.Е. Кертман, англовед, создавший эту школу. Казань — это франковедение, там был очень мощный центр. Сейчас этого нет, к сожалению.

— **Потому что нет школы?**

— Нет школы, нет финансирования. Мы сейчас пытаемся возродить это направление. Начали с Германии, создали Ассоциацию германских исследований, и обнаружилось, что есть довольно много специалистов, которые не институционально, а в частном порядке занимаются германской историей.

Хотя связи с американцами не очень сильны, на столетие русской революции в прошлом году приехали около 30 американцев, в том числе молодых специалистов, которые занимаются русской историей.

Бум истории есть. Люди ищут в истории ответы на сегодняшние вопросы. Они ищут аналоги в истории, испытывают большой интерес к тому, что было в повседневной жизни. Это мода, нравы, истории человеческих взаимоотношений, человеческие характеры, страсти. В советское время вся наша русская аристократия считалась классовыми врагами. Все цари — со знаком минус. Сейчас полная апология, как будто это святые.

— **Не как будто, а они и есть святые.**

— Да, но это преувеличение, понимаете? Тот же Николай II, которого, конечно, очень жаль, с ним и его семьей поступили ужасно, — но все-таки он совершил много роковых ошибок. Расстрел демонстрации в январе 1905 г., многое другое...

Сегодня интерес к человеческой личности налицо. Поэтому так много издается биографий. Если вернуться к теме холодной войны, я в свое время участвовал в работе над 23-серийным фильмом «Холодная война», который снимали CNN и BBC. Он и у нас был показан по телевидению. Работа проходила в Англии, и главной задачей был поиск конкретных людей для интервью. Огромное количество таких интервью было взято. А ведь это было еще 20 лет назад. Поэтому фильм — это характеры, это политические деятели. Сейчас и мы к этому пришли.

— **Наверное, это хорошо, что к истории есть интерес, потому что он предостерегает от повторения возможных ошибок.**

— Предупреждение — это действительно важно. Человеческая история наполнена страшными вещами. Я думаю, три наиболее крупных события в мировой истории, когда уничтожались миллионы людей, — это инквизиция, колониализм и нацизм XX в.

— **А репрессии в нашей стране?**

— Да, это трагическая страница нашей истории. Интерес к истории личности, в частности, И.В. Сталина сейчас довольно велик. Вышли книги-биографии Ю.В. Андропова, Л.И. Брежнева, написанные, кстати, не у нас, за границей. Во Франции издали биографию Петра I и Елизаветы Петровны. Автор пытается доказать, что Елизавета дала России больше, чем Екатерина II, — и интеллектуально, и как государственный деятель. Это спорно, но интересно. Руководитель Французской академии Элен Каррер д'Анкосс выпустила биографии Николая I, Александра II, Александра III, Николая II, В.И. Ленина и И.В. Сталина.



Академик А.О. Чубарьян с министром иностранных дел С.В. Лавровым

— **Вы когда-то защищали диссертацию, посвященную Ленину. Изменилось ли ваше отношение к личности вождя мирового пролетариата с тех пор?**

— Это была моя докторская диссертация 1976 г. Работа называлась «Ленин и формирование советской внешней политики». Сейчас я пишу воспоминания, где анализирую свои три крупные книги: пытаюсь понять, что бы я в них сегодня изменил. Одна из них про Ленина, Брестскую и Генуэзскую конференции. Вторая про Сталина и политический кризис накануне Второй мировой войны. И третья — европеизм, европейские идеи. Эта книга недавно вышла во Франции.

— **И что бы вы изменили?**

— Конечно, многое меняет появление новых документов. Но я по-прежнему думаю, что Ленин — это крупная фигура.

— **Как и Сталин?**

— Это разные вещи. Главная особенность Ленина в том, что он выразитель крайне левого, экстремального, анархистского крыла в социал-демократии. На другом полюсе — Г.В. Плеханов, выступавший за более умеренный путь. Мне интересно, как у Ленина появились экстремистские взгляды. Он ведь человек европейский, привык утром пить кофе, читать газеты. Узнал о революции в России из газет. На него подействовала, я думаю, казнь брата. Народовольческое движение сформировало внимание к насилию. Все это сказалось на его характере. Кроме того, Ленин был один до 1917 г. и другой — после. Я об этом тоже написал, и за это меня ругали. Если взять последние работы Ленина, когда он уже был болен, это сплошное отчаяние. Когда он увидел, что получилось, ужаснулся. Но он уже не мог в силу физической немощи что-то изменить. Это довольно противоречивая, трагическая фигура. Конечно, сделавшая много дурного для России.

— **Был ли сталинизм логическим продолжением ленинизма?**

— Это для меня очень интересный вопрос. В 1990-е гг. было очень популярно думать, что сталинизм — это очень плохо, но Ленин был другой. Эта точка зрения, существует, кстати, и сейчас. Я думаю, что Сталин отличался от Ленина. Он был человеком этой системы, но иной морали. Хотя и за такую точку зрения меня много ругали.

— **То есть считалось, что политика вне морали?**

— Считалось, что политика не может быть моральной по определению. Эта тема меня тоже интересует. Мораль должна присутствовать. В связи со столетием революции мы усвоили новый взгляд на Гражданскую войну: была своя правда и у красных, и у белых. И моя идея, которую я не раз высказывал и не устаю это делать, состоит в том, что нельзя доказывать свою правоту физическим уничтожением противника. Хотя то, что памятник А.В. Колчаку в Омске заливают краской или доску Карла Густава Маннергейма в Санкт-Петербурге срывают, показывает, что в народе существуют очень разные настроения.

— **Недавно я вернулась из Екатеринбурга, где увидела: у Ельцин-центра круглосуточно дежурит наряд полиции, потому что памятник Б.Н. Ельцину постоянно заливают мазутом.**

— Я хотел сказать то же самое. Я тоже там был, жил в гостинице напротив Ельцин-центра и тоже спросил ректора университета, почему здесь милиция все время. И он ответил, что вокруг этого центра пылают нешуточные страсти.

— **Александр Оганович, мне кажется, что очень большая наша проблема — сохранение исторического наследия. Например, в Симферополе есть пещера Чокурча, самая древняя в Европе, где обнаружены образцы древнейшего искусства — наскальные изображения. Сейчас там разруха и запустение.**

— Это, конечно, безобразие. Но я все-таки должен сказать, что сейчас есть определенный поворот в обществе к пониманию необходимости сохранения памятников истории. Сколько у нас было взорвано церквей? А ведь дело не только в религиозной стороне дела, это культурная ценность, память. Сейчас в каждом городе Европы стоит памятник жертвам Первой мировой войны. Везде, кроме России. Но недавно усилиями Российской исторического общества такой памятник открыли и у нас на Поклонной горе, а также реставрировали памятник у метро «Сокол».

— **Александр Оганович, как вы думаете, историческая наука может быть объективной?**

— У нас есть расхожая формула, которая вроде всеми принята: в истории не может быть сослагательного наклонения. Я вижу в этой формуле определенные противоречия. Я ее принимаю в том смысле, что те факты, которые

свершились, — уже данность. Но эти факты становятся достоянием широкой публики в результате работы историков. А историки очень субъективны. Они оперируют интерпретациями истории. Я думаю, что жизнь, как и история, всегда многовариантна. Мне говорят: «Что это дает?» А вы представьте, что не было бы Ленина. Может быть, события пошли бы по-другому. Значит, в этом смысле сослагательное наклонение возможно. Люди все время сталкиваются с разными вариантами развития событий: как поступить — так или эдак? А ведь это может изменить не только жизнь отдельного человека, но и весь мир.

— **Почти как «эффект бабочки» у Рэя Брэдбери.**

— Иногда наше решение зависит от стечения многих обстоятельств, которые сильнее нас. Когда обсуждали Февральскую революцию 1917 г., говорили: а если бы император не отрекся? Представьте, что у нас царем оказался бы человек другого характера, более сильного. Может быть, события пошли бы по-другому. Конечно, мы не должны превращать нашу историческую науку в какой-то субъективный вариант. Объективность истории будет усиливаться, если появится еще большее количество документов, возможностей их изучения, людей, которые этим активно интересуются и хотят знать правду. История состоит из драматических ситуаций, ошибок и даже преступлений. Но я сторонник многофакторного подхода, когда все сопоставляется и это позволяет создать максимально правдивую историческую картину. Пусть и не всегда красивую.

В истории нашей страны все-таки больше не ошибок, а достижений, и это совершенно очевидно. Опыт последних лет показал, что наука универсальна по определению. Наука, культура, искусство, образование зачастую выше политических страстей, и санкции их не затронули. Две недели назад, после долгого перерыва, у нас прошла встреча с эстонскими историками из Тарту и Таллина по поводу столетия эстонской государственности. После Версальского мира и распада Российской империи создалось независимое эстонское государство, что они и отмечали. У них, конечно, есть довольно сильный крен в сторону преувеличения значения национальных идей. Но в целом взаимопонимание есть. С Тартуским университетом у нас были когда-то широкие связи, во многом благодаря знаменитому ученому Ю.М. Лотману. Это символ для Эстонии в мои молодые годы.

Наш главный девиз в институте — мы за диалог. Как говорил великий философ М.М. Бахтин, диалог — это не обязательно консенсус, это путь к познанию истины. ■

Беседовала Наталия Лескова



РОБОТОТЕХНИКА

НРАВСТВЕННЫЙ ИМПЕРАТИВ ДЛЯ АНИМАТА

Роботы давно перешагнули со страниц фантастических произведений в нашу действительность. В комплексе НБИКС-природоподобных технологий Курчатовского института создаются группы роботов-аниматов, поведение которых моделируется на примере социальных насекомых — пчел и муравьев.



В научно-исследовательской группе работают сообща математики, физики, программисты, инженеры, нейропсихологи, нейробиологи, мирмекологи — специалисты, изучающие муравьев. Поведение этих удивительных существ поражает воображение. Зачем нужны эти исследования и к чему они приведут — наш разговор с кандидатом технических наук **Валерием Эдуардовичем Карповым**, заведующим лабораторией робототехники Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

— **Валерий Эдуардович, мы находимся в окружении огромного количества самых разнообразных роботов — от андроидов, похожих на нас с вами, до каких-то невероятных машин и механизмов. Расскажите, пожалуйста, чем вы здесь занимаетесь. Играете в роботов?**

— Я бы сказал, что от игр мы уже давно перешли к самым разным исследованиям. Это и интеллектуальные системы управления, и создание киберводителя, и исследования энергетической автономности роботов, ну и главное наше ударное направление — групповая робототехника.

— **Что это такое? Знаю, что вы строите модели группового поведения роботов на основе изучения пчел или муравьев...**

— Групповая робототехника — это направление, которое появилось больше четверти века назад, и основная идея ее достаточно проста и понятна. Если нам надо решить какую-то сложную задачу, то вместо того чтобы создавать некое единое большое универсальное интеллектуальное устройство, попробуем ее решить, создав несколько более простых, которые ее преодолению групповым взаимодействием.

Идея с технической точки зрения здравая, ведь существует масса преимуществ такого подхода — надежность, универсальность, гибкость и прочее, и прочее, но выяснилось, что продвижение на этом пути вовсе не такое стремительное, как ожидалось вначале.

— **Почему же?**

— Пресловутые системные эффекты, переход количества в качество, или эффекты, связанные с таким понятием, как эмерджентность, не очень явно, но все же проявляются. Однако в основном сейчас групповая робототехника решает задачи совместного движения. Это базовый уровень, с чего все и начиналось. И у нас возникла идея: а что могло бы лечь в основу принципов создания действительно качественно новых систем? Ответ очевиден: природа уже давно прошла по этому пути, создав такие замечательные организмы, которые образуют социум. Ведь социум — это далеко не только человек, но и животные, птицы, а прежде всего мир насекомых, которые не от хорошей жизни стали образовывать сложные группы, коллективы, помогавшие им выжить.

Как было заложено изначально М.В. Ковальчуком при создании нашего комплекса НБИКС-природоподобных технологий, мы пошли по пути природоподобия и постарались исследовать вопрос:

а можно ли создать механизмы, которые позволяют роботам организовать социум со всей сложностью взаимодействия, со всеми синергетическими эффектами и т.д.? За основу был взят мир насекомых. Есть специальное обозначение для некоторых видов общественных насекомых — это эусоциальные, или истинно социальные сообщества, и типичный представитель — это муравей, а также пчелы, осы и т.д.

Мы начали в лаборатории исследовать этот вопрос, создавать различные механизмы и, самое главное, смотреть, что лежит в основе организации социума, какие механизмы позволяют группе роботов вести себя так, а не иначе.



Начальник лаборатории робототехники кандидат технических наук В.Э. Карпов

— **Вы поняли, что лежит в основе?**

— Как нам кажется, да. По крайней мере, были разработаны базовые модели, методы, которые, взаимодействуя друг с другом, позволяют получать новое качество управления. Например, тем же биологам, этологам известно, что очень важна роль агрессии в отношении между животными. Важна роль механизмов когезии, или контактного поведения (*контагиозность, или заразное поведение*, — базовый принцип, который означает реакцию системы на какой-то стимул, управляющий поведением целой совокупности. — Примеч. ред.), обучения и т.д. Разумеется, этими вопросами занимались и кибернетики, и биологи, и прочие специалисты, а наша задача заключалась в том, чтобы рассмотреть эти механизмы, вычленив их и реализовать в том или ином виде в робототехническом устройстве. Действительно, оказалось, что совокупность определенных «строительных элементов» позволяет решать интересные задачи. Изучение этих базовых механизмов,

их взаимодействие между собой и составляет наше магистральное направление деятельности.

— **Каким же образом ваши роботы взаимодействуют друг с другом? Они тоже проявляют агрессию, контагиозность, способность к обучению?**

— Да, обязательно. Например, когда раздается сигнал опасности, то робот, насекомое, птица или любой живой организм, не видя самого объекта опасности, начинает воспроизводить защитную реакцию. Это эволюционно очень выгодно, поскольку позволяет управлять массами искусственных или животных организмов. Подражательное поведение оказалось наиболее сложным. Не так легко понять, что же делает особь, которая находится рядом с нами, причем не только определить, что она куда-то движется, но и распознать ее состояние. Потом выяснилось, что не обойтись без языкового взаимодействия. Но язык — это отдельная тема, очень непростая, однако необходимая.

— **Мы-то привыкли считать, что у насекомых никакого языка нет, но на самом деле там действует чрезвычайно сложная система коммуникации.**

— Язык — это еще более интересная вещь, чем просто коммуникация. Система коммуникации — это основа для передачи языковых сообщений, а вот язык — это уже устройство системы управления, которая есть и у насекомых. Мы стали разбираться с системой управления, и выяснилось, что те вопросы, которые нас изначально не интересовали и казались очень далекими, вдруг приобрели очень важное значение.

— **Например?**

— Ну, например, вопросы, а нужны ли эмоции в том же роботе. Оказалось, что да: эмоция — не просто красивый, эффектный термин, она крайне важна с точки зрения организации системы управления. Без эмоций она плохо работает или не работает вовсе.

— **А каким образом робот может быть эмоциональным? Ведь эмоции — это проявление работы нервной системы, которой у них нет.**

— Мы просто смотрим на это с технической точки зрения. Есть свойства эмоций, которые для нас принципиальны, например регулятивная функция эмоций — то, что позволяет нам контрастировать восприятие, фильтровать поступающие сигналы. Это технические необходимые вещи, и они в наших роботах есть и позволяют им вести себя более-менее адекватно в сложной динамически меняющейся среде. Так что это не выражение эмоций, а внутреннее свойство психики робота.

— **Значит, у них есть темперамент?**

— Да. Этим термином мы пользуемся, описывая поведение робота: особенности психики, реакции на внешние сигналы тоже крайне важны, и поэтому понятие темперамента оказалось также

технически обусловленным. Мы начали с того, что у нас появился робот с двумя регуляторами, которые можно было подкручивать и превращать его поведение из такого, которое мы оцениваем как сангвинистическое, в такое, которое мы называем, например, флегматическим. Или меланхоличное.

— **Вы переключаете эти темпераменты? То есть он из холерика превращается в меланхолика?**

— Конечно. Можно рассуждать на ином языке, в терминах классической теории управления. Но по большому счету, с точки зрения описания особенностей поведения робота, особенно в группе, это просто более конструктивно. В какой-то среде более приспособленными и адекватными показывают себя роботы, бурно реагирующие на все

Робот-исследователь должен следовать заданному маршруту, не отвлекаясь на те внешние факторы, которые бы потребовали его внимания в условиях пожара или землетрясения

изменения, и тогда у нас получается холерический характер. А в какой-то среде не надо отвлекаться на разного рода воздействия, а надо идти к своей цели. Тогда лучше, чтобы это был флегматик. Все эти вещи оказались крайне практически востребованы.

— **А для чего это востребовано? В какой, например, среде может быть востребован робот-холерик?**

— Когда среда динамически меняется и требуется быстрая и внятная реакция на изменение условий, тогда вам нужен холерик. Например, если среда представляет собой множество опасных действующих факторов. Скажем, представьте себе поведение робота-спасателя, где есть огонь, обрушения, ямы и прочее. В этой среде он должен быстро и внятно реагировать, иначе он просто разрушится. Или есть задача исследования территории, когда явно угрожающих факторов нет, но воздействие среды весьма интенсивное. Природные условия необходимо зафиксировать, исследовать. Тогда робот должен меланхолично или флегматично следовать заданному маршруту, не отвлекаясь на те внешние факторы, которые бы потребовали его внимания в условиях пожара или землетрясения.



— Иначе говоря, такие роботы могут выполнять самые разнообразные функции там, где не обязательно присутствие человека. Те же стихийные бедствия или ликвидация последствий аварий, где для человека находится опасно, а для роботов ничего страшного.

— С одной стороны, это так. С другой — мы не говорим о том, что занимаемся созданием роботов, которые действуют в условиях повышенной опасности. Мы говорим о том, что у нас есть некая парадигма, которая позволяет описывать механизмы управления в более адекватных для данной конкретной задачи терминах. А конкретные задачи могут быть самые разнообразные.

— Существует распространенная точка зрения, что коллективные насекомые могут жить только в социуме, а по отдельности они не функционируют. Говорят даже, что муравейник — это коллективный разум. С вашими роботами так же?

— И да и нет. Начну с последнего. Что такое коллективный разум, я не очень понимаю. Это звучит красиво, но совершенно неконструктивно с научной точки зрения. Конечно, никакого коллективного разума нет. Природа устроена более цинично. Если мы посмотрим на механизмы, которые наблюдаются у тех же муравьев, то поначалу они действительно поражают воображение, нам непонятно, каким образом они взаимодействуют, учатся, как строится их профессиональная карьера, каким образом образуются такие высшие формы организации социального устройства, как федерации. Потом начинаем спрашивать

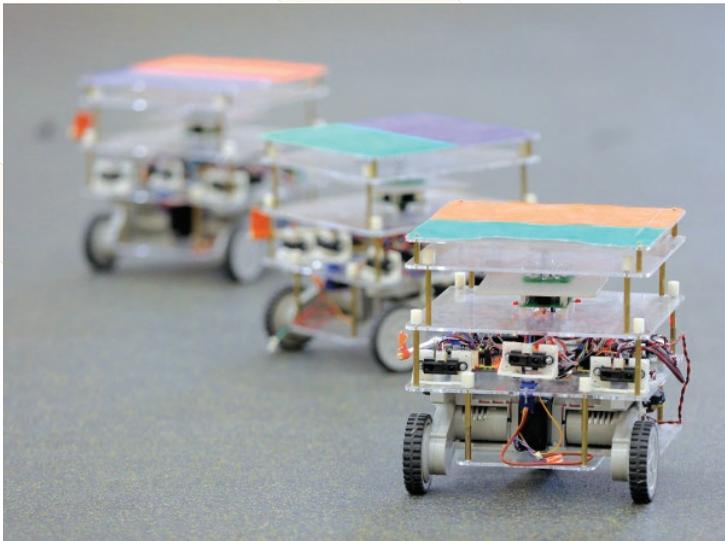
мирмекологов, пытаемся разобраться в этих механизмах, и оказывается, что в основе всего этого лежат очень рациональные, понятные и конструктивные вещи. Мы знаем: для того чтобы реализовать процесс профессионального роста, молодой муравей начинает жить на дальней территории, потом постепенно подбирается на участки, находящиеся ближе к гнезду, и вершина его карьерного роста — работать наблюдателем на куполе гнезда, при этом он знает все, что находится вокруг, он самый опытный и всегда может кого-то подменить. Если рассмотреть эту задачу детально, оказывается, что в основе этого механизма, который мы промоделировали и получили какие-то реальные результаты, лежат особенности памяти муравья или те вещи, которые мы обычно относим к агрессии.

— Мы привыкли думать, что агрессия — это плохо.

— Оказывается, это важнейший инструмент эволюции. Роботы тоже должны проявлять агрессию как способ себя реализовать, продемонстрировать, например, эффект доминирования.

— Но они не начнут проявлять агрессию по отношению к своим разработчикам? Это же вечная тема, многократно обыгранная в фантастических произведениях: машины, которые уничтожат человечество.

— С точки зрения робототехники, агрессия — это больше метафорическое понятие. И дальше такого понимания агрессии двигаться мы не планируем, потому что это неконструктивно. Но что такое агрессия? Защитная реакция, связанная



Группировка мобильных мини-роботов на полигоне НИЦ «Курчатовский институт» (слева); с эусоциальными насекомыми роботы-аниматоры роднит не внешний вид, а поведение и способы взаимодействия (вверху)

с конфликтом между двумя особями, когда надо определить доминантную? Агрессия ведь проявляется не только в том, что кто-то кому-то что-то сломал, откусил, уничтожил. Это может быть и демонстрация. Об агрессии говорят очень много и в негативном контексте, зачастую не понимая, что это такое. А нам она важна, чтобы наши роботы, встретившись на каком-то участке, могли определить, кто остается, кто уходит. При таком понимании мы получаем возможность определения лидера в коллективе, что также необходимо. Появился лидер — появилась неоднородность. Следующий шаг — это распределение задач. У тех же муравьев кто-то выполняет одну задачу, кто-то другую, Один носит, другой питается. Это не потому, что у них есть высокое сознание или коллективный разум. Там работают более понятные вещи. Он — муравей — находится здесь, на кормовом участке, потому что он просто сильнее, его не выгнали. Эти базовые механизмы составляют основу для очень сложного, внешне непонятного, шокирующего воображение обывателя механизма. Мы тоже начинаем вычленять какие-то механизмы, которые наблюдают биологи, и смотрим, а что же из нашего набора базовых социальных моделей, алгоритмов позволит реализовать ту или иную манеру поведения.

— Так могут ли они существовать по отдельности?

— По отдельности им просто тяжело, они не могут решить задачу. Если говорить о биологии, то, например, муравьи — те же самые редуцированные пчелы. Что-то случилось с кормовой базой, и им пришлось сообща решать свои проблемы. Если говорить о робототехнике, то существует

практическая задача — создание систем, которые были бы энергетически автономными, чтобы они пребывали на какой-то природной территории. Совершенно очевидно, что наши возможности по переработке природного топлива сейчас весьма скромны. Ну не получается у нас создать робота, который смог бы, например, выжить в лесу. Значит, надо в лес запускать не одного робота, а нескольких. Наверное, надо сделать так, чтобы одни роботы — легкие, но быстрые — занимались разведкой, а другие обеспечивали электроснабжение.

— А что им надо искать в лесу? Не грибы же?

— Допустим, у вас есть некая территория, которая должна контролироваться. Это может быть задача охраны, разведки, патрулирования, поиск пропавших людей, но без участия человека. Мало ли что там с природой на территории творится. Одного робота, который смог бы выжить без подготовленной энергетической базы, создать сложно. Тогда начинается создание роботов, которые выполняют разные функции. Это вполне технически обусловлено.

— Как реализовать взаимодействие между этими роботами, чтобы они могли эту задачу решать?

— Опять же, можно подсмотреть у природы, как решалась эта задача. Тогда мы начинаем понимать: для того чтобы эта группа роботов выжила в сложной обстановке, в которой по отдельности не выживают, нужно, чтобы у них реализовывался механизм распределения функций. Для этого в природе нужен доминант. Для этого нам нужен механизм, который в биологии называется контактиозным поведением. А еще нужно, чтобы они подражали друг другу. И когда мы начинаем с этой точки зрения подходить к процедуре организации управления такой группой роботов, то получаем неизбежный вывод — да, эта группа ведет так, как ведет себя социум.

— Получается, что каждый из этих роботов — индивидуальность?

— Да. К сожалению, это так.

— Почему же к сожалению?

— Беда в том, что изначально в групповой робототехнике не просто декларировалось решение задачи в совокупности роботов, но делался особый упор на то, что роботы, или агенты, или сущности, или аниматы, как мы их называем, — примитивные, простые. Это всех радовало и устраивало. Казалось, что примитивные автоматы волшебным образом дадут синергетический эффект взаимодействия друг с другом. А потом выяснилось, что особь, которая живет в социуме, в принципе не может быть примитивной. Ей очень многое надо уметь анализировать, понимать, запоминать. Потому что все механизмы, о которых мы говорим, — это совсем не просто. Скажем, на основе языкового взаимодействия строится то самое контактиозное

поведение, иначе не получается. Необходимо иметь развитую память и заниматься не просто воспроизведением или запоминанием чего-то, а обустройством каких-то ассоциаций, выработкой рефлексов и т.д. Нужно иметь способность определить состояние члена группы. Я не хотел бы говорить, что член социума роботов должен быть интеллектуальным, потому что интеллектуальная робототехника — это отдельная история, однако должно быть что-то близкое к этому. Иначе эти механизмы не работают.

— Расскажите, что сейчас представляют собой ваши роботы, что вы с ними делаете, как используете?

— В Курчатовском институте группировка мобильных роботов, пожалуй, одна из самых больших в нашей стране. Нам удалось создать некую архитектуру из 20 аниматов, с помощью которых мы сейчас занимаемся в основном фундаментальными исследованиями на специально созданном полигоне, по которому они и движутся.

— А каким образом они движутся? Это дистанционное управление?

— Вся система живет так, что нет единого управляющего центра с точки зрения определения их поведения. А технически могут быть варианты. Эта программа может располагаться на бортовой вычислительной машине, и у нас есть роботы побольше, где стоит весьма неплохой вычислитель. Массовые эксперименты мы проводим на машинах попроще, где на борту нет мощного контролера, и поэтому основные вычисления идут в удаленной машине. Это не вопрос, где стоит вычислитель. Будь он на колесах, рядом или где-то далеко. С точки зрения управления поведением это неважно. Они пытаются, общаясь друг с другом, решать какие-то задачи — ну, например, организуют процедуру выбора лидера среди роботов.

— Они сами выбирают лидера или вы им в этом помогаете?

— Мы не лезем в их управление. В этом весь смысл. Социум должен быть устойчивым и самодостаточным, самоорганизующимся. Есть какие-то законы взаимодействия между членами этого общества. Если мы начинаем туда внедряться, нарушать каналы связи и взаимодействия, то мы просто-напросто можем разрушить полученную структуру. Управление социумом — очень сложная тематика, которой мы сейчас занялись. Это управление их мотивацией, потребностями. Социумом можно управлять более хитро, изменяя среду обитания, аккуратно вмешиваясь во что-то, но при этом совокупность должна остаться целостным организмом.

— Не возникает аналогии с творцом?

— Возможно. Года через полтора, когда мы доберемся до следующей ступени — где роботы смогут сами организовывать социум со своими целями и задачами, механизмами взаимодействия, — тогда наша модель мира будет полной.

— Модель мира?

— Это не метафора, так называется система знаний, правил, которая лежит в основе системы управления аниматом. Таким образом, в модель мира должен быть встроен некий компонент, который выдает императивы поведения. Причем встроены так, чтобы у агента не было на его счет особых рефлексий. Начнутся рефлексии — система пойдет вразнос. Это вещи куда более сложные, чем энергетика или агрессия. В систему знаний, в картину мира должна быть встроена некая внешняя управляющая сущность, которая не подлежит анализу,

Системы групповой робототехники могут применяться для решения задач медицины, охраны и мониторинга, при добыче полезных ископаемых, исследованиях воздушного, подводного, космического пространства, проведении спасательных операций

обсуждению. Она есть сама по себе. Робот не должен вокруг нее рефлексировать. Но это уже вопрос, наверное, теологического плана.

— Как известно, Творец сказал: «Плодитесь и размножайтесь». А как у роботов с функцией размножения?

— Любой биолог нарисует вам прежде всего репродуктивную функцию. Но, к счастью, мы не стали совсем категорично разбираться с брачным поведением, сбрасывать его со счетов, хотя поначалу были такие поползновения. Оказалось, что с этой стороной жизнедеятельности связано некоторое количество весьма важных механизмов. Ну, например, обычно к этой категории относят то, что касается защиты потомства и воспитания. Выяснилось, что само по себе брачное поведение аниматов нам, робототехникам, неинтересно. Но штука в том, что те механизмы, которые лежат в его основе, позволяют реализовывать такие забавные вещи, как, например, социализация члена другого социума в этом коллективе. Кстати, чем нам особо нравятся муравьи, так это тем, что обучение как таковое, то есть приобретение новых навыков, у муравьев

отсутствует, и значит, нам не надо тратить время на обучение новым навыкам наших роботов. Все, чему муравьи могли научиться за миллионы лет эволюции, — они уже умеют. В каком-то смысле муравей — это биоробот, у которого есть огромный набор программ.

— А какие у вас вообще задачи? Чего вы хотите добиться на выходе?

— На выходе мы хотим добиться явного синергетического эффекта — то есть создать систему, которая может решать качественно новые задачи, не связанные с арифметическим суммированием возможностей, особенностей каких-то организмов. Например, наши роботы, собираясь вместе, выбирают лидера, проголосовав за кого-то, а затем могут заняться тем, что называется «логический вывод в группе». Они, уже собравшись воедино, могут решать какие-то сложные задачи, проводить анализ, доказывать какие-то утверждения либо опровергать их для того, чтобы, например, определить, какие участки пространства приоритетны в смысле исследования, какие — опасны, на что можно не обращать внимания. Все это может свестись к процедуре логического вывода, давно известному механизму, но у нас сделано так, что теперь роботы, реально собравшись воедино на некую конференцию и избрав ведущего, могут решать эту задачу. Это яркий пример того, как количество переходит в качество. Это и есть синергетический эффект.

— Это сообщество роботов может быть мощником человечеству в решении ряда его насущных задач. Именно это они будут означать для человечества?

— Да, конечно. Для человечества это будет значить появление нового способа решения тех или иных задач. Перечислять области, в которых могут применяться системы групповой робототехники, — дело благодарное. Их слишком много. Это огромный круг задач — от медицины до добычи полезных ископаемых, исследований воздушного, подводного, космического пространства, задачи мониторинга или охраны, проведение спасательных операций и т.д.

— У Станислава Лема есть рассказ «Формула Лимфатера», где главный герой создал машину, сверхсовершенную во всех отношениях. В своих исследованиях он тоже отталкивался от социальных насекомых. Его машина знала и умела все, и первый вывод, к которому она пришла, — человек на этом витке эволюции просто не нужен. Это была даже не агрессия, а просто констатация факта. Вы не думали на эту тему?

— Думал, но немножко на другую. У того же Лема есть замечательный роман «Непобедимый». Наверное, из глубин далекого детства, когда я его читал, и родился мой интерес к этой тематике. Но что касается того, нужен ли человек, — это все-таки

больше философские вопросы. И опасность думающих машин — это тема неисчерпаемая. На мой взгляд, тут гораздо интересней другое. В копилку потенциальных опасностей для человечества я бы действительно положил опасность взаимодействия социума роботов, или искусственных агентов, с человеком. Если окажется, что социум устойчив, что он будет жить по своим законам, при этом не будут пересекаться наши цели и задачи, то, что мы называем ценностями, — тогда это может быть чем-то неожиданным и опасным. Социум — система по определению более адаптивная, надежная, чем отдельная особь, с которой справиться, наверное, легче, чем с множеством связанных отношениями представителей животного или техногенного мира. Это интересно — как могут сосуществовать между собой различные социумы. И, кстати, как ни странно, вопросы философского характера для наших роботов и их социального поведения тоже крайне актуальны. На уровне описания поведения нужно понять, насколько важен для данного социума, данных условий императив «Не навреди».

— Нравственный императив?

— Да. Помоги ближнему своему. Что такое хорошо, что такое плохо. Насколько важна, например, такая вещь, как эмпатия? Оказалось, что эмпатия — для нас термин абсолютно не философский, не нравственный, а тоже вполне технически обусловленная вещь, потому что на эмпатии, сопереживании строится механизм сопоставления того, что я вижу, с тем, что в картине мира называется «субъективное "я"». Все цепляется одно за другое. И оказывается, что чем дружелюбнее наш анимат по отношению к своим товарищам, чем больше он им сопереживает, тем сильнее то, что мы называем эмпатией. Это означает, что у него сопоставление наблюдаемого с тем, что есть в картине мира, происходит интенсивнее. В проекте по управлению социумом мы активно сотрудничаем также с нейробиологами Курчатковского комплекса НБИКС-природоподобных технологий, которые обитают в соседней лаборатории и занимаются исследованием в том числе свойств памяти. Нам очень важно в этом проекте понять, как они объясняют механизмы социального обучения, что происходит на их нейрофизиологическом уровне. Мы ждем от них конструктивных моделей, чтобы потом реализовать все это в системе управления и системе знаний нашего робота. Хотим привлечь к нашей работе также биоэнергетиков. Так что, конечно, управление социумом — это не только робототехника. Курчатовский институт — уникальный научный центр, поскольку под одной крышей работают замечательные специалисты из самых разных областей. ■

Беседовала Наталья Лескова



ЭНЕРГЕТИКА

ВСЕ ГОРИТ, ВСЕ МЕНЯЕТСЯ

Пришло время научиться избавляться от мусора без экологического вреда, но с экономической пользой





Научный комплекс преобразования твердых видов топлива Томского политехнического университета называется громко — мегасайенс-установка. В бетонированных бункерах (здесь их называют локациями комплекса) шумят и мигают сложные технологические части установки по исследованию процессов переработки угля, древесных опилок и даже прелой осенней листвы и хвои в топливо, которое может обогреть наши дома. Ученые из ТПУ уверены: настало время научиться перерабатывать все отходы жизнедеятельности человека экологически безопасными методами, чтобы очистить мир от мусора и обеспечить себя дешевой тепло- и электроэнергией.



Александр Сергеевич Матвеев, исполняющий обязанности директора Инженерной школы энергетики:

— С 2012 г. Томский политехнический университет начал заниматься тематикой, связанной с преобразованием твердого топлива. Полученный задел позволил заручиться поддержкой Министерства образования и науки в виде крупного гранта по научным исследованиям в области газификации углей. Параллельно с этим было выиграно несколько конкурсов по фундаментальным исследованиям процессов зажигания топлива. Один из наших молодых ученых, которые занимаются этими исследованиями, — П.А. Стрижак. Тематика работ его научного коллектива — разработка теоретических основ зажигания и горения всевозможных углей, нефти и отходов, налаживание производств для того, чтобы в дальнейшем внедрить эти технологии на объектах топливно-энергетического комплекса.

— И как все это горит?

— Как доказали проведенные исследования, горит хорошо, причем при добавлении воды улучшаются экологические показатели. Это одно из поддержанных фундаментальных направлений — зажигание органоводоугольных видов топлива (ОВУТ).

— Наверняка эта тематика развивается во всем мире?

— Да, достаточно активно. В мире накопилось огромное количество отходов углеперерабатывающих предприятий. Эти отходы — побочный продукт обогащения угля. Обогащение — это совокупность процессов механического отделения балластных и вредных примесей, рассортировки на классы по крупности и разделения на сорта с целью повышения качества и удовлетворения требований основных потребителей. Отвалы с отходами, с этими низкосортными частями вокруг шахт занимают огромные территории. В технологических установках обычной энергетики подобные отходы не представляется возможным сжигать. Мы исследуем, как использовать такие вещества для получения полезной продукции в виде тепловой и электрической энергии с хорошими экологическими показателями. Несколько лет назад мы начали выполнять крупную прикладную работу, связанную с созданием конкретных установок по газификации твердого топлива.

— Что удалось сделать?

— Были разработаны и созданы лабораторные прототипы элементов установок по газификации твердых видов топлива, отработаны основные режимные параметры, и в настоящее время

на территории действующей электростанции строится стенд комплексных испытаний технологий газификации. Работа над стендом находится на завершающем этапе. В его основу легли в том числе наработки лаборатории ученых Томского политехнического университета. В ближайшее время нам предстоит испытать все это оборудование в реальных промышленных условиях. Основная проблема во всех этих исследованиях — масштабирование результатов. Когда мы берем частичку вещества и исследуем его в одной из наших аналитических установок, все идеально. А если мы берем 20–25 кг топлива, это совершенно другое дело. А что будет, если мы возьмем тонну, две тонны?



Кандидат технических наук А.С. Матвеев

— А что будет?

— Ответ на этот вопрос и есть наша главная задача. Причем это проблема для ученых всего мира. Для всей отрасли. В мире сегодня можно пересчитать по пальцам реально действующие крупные установки по газификации угля для энергетических нужд.

— Чем ваша технология отличается от других, существующих в мире?

— В нашей научной лаборатории мы прежде всего пытаемся использовать не только уголь, но и все, что потенциально может быть применено в виде первичного топлива. Мы хотим исследовать сам процесс преобразования топлива. У нас есть газификатор, спроектированный исключительно для научных исследований. В нем предусмотрены несколько уровней для подачи греющей среды. Там много избыточных элементов, которые, на первый взгляд, не очень нужны в промышленной

установке, но они помогают нам в исследованиях. Мы изначально попытались сделать так, чтобы и пар, и воздух в качестве рабочей среды можно было подавать под разными углами, на разных уровнях. В этом уникальность нашей установки. Необычно и то, что наш газификатор способен работать под большим давлением — до 10 атм. Это потребовало изготовления внутренней части из металлов, выдерживающих такие давления и температуры.

— Для чего нужно столь высокое давление?

— Высокое давление позволяет интенсифицировать процесс газификации. Если мы проведем эксперимент при атмосферном и при повышенном давлении, то на выходе получим разные качественные и количественные показатели. Этими исследованиями занимались многие ученые, в том числе в России.

— Какие перспективы у ваших установок? Когда и каким образом вы собираетесь выходить в большие цеха, «в народ»?

— Думаю, в течение 2019 г. мы завершим создание опытно-промышленной установки, которую с полным основанием можно будет называть мегасайенс-установкой. Она включает в себя две параллельно работающие линии. Первая — газификатор прямоточно-вихревого типа, в который подается водоугольное топливо, то есть размолотое в пыль топливо, смешанное с водой. Вторая — газификатор горнового типа с использованием фракции угля размером 5–50 мм. Производительность, на которую рассчитаны газификаторы, — порядка 4 т/ч. Это большая мощность.

— Но чего вы ждете от своего эксперимента? Что принципиально изменится?

— В первую очередь мы хотим показать, что технология газификации может быть экономически оправдана.

— А кто-то сомневается?

— Да, сомневающиеся есть. Мы намереваемся своим масштабным экспериментом подтвердить свою правоту. Расчеты и проведенные на лабораторных установках научные эксперименты дают основание считать, что все получится. Скептики говорят: «Покажите нам это на практике». Вот мы и собираемся всем это продемонстрировать.

— А что скептики предлагают вместо этого?

— Скептики говорят, что сегодня эта технология на территории Российской Федерации не будет востребована, что экономически целесообразнее сжигать природный газ или качественный уголь. На наш взгляд, это недальновидная позиция. Использование предлагаемой технологии газификации позволит вовлечь в топливно-энергетический баланс местные низкосортные виды топлива

и получить генераторный газ с хорошими экологическими показателями и низкой стоимостью. Пример такого низкосортного топлива — бурый уголь.

— Только уголь?

— Конечно нет. Можно использовать практически все. Энергетики относятся к этому со скепсисом, для них жечь опилки, щепу, другие отходы — это что-то несерьезное. Действительно, у нас в энергетике сегодня нет технологии, которая позволила бы подавать такое топливо в котел в промышленных масштабах. Ведь любой энергетический котел, работающий на твердом топливе, угле, — это в первую очередь система пылеприготовления из угля и, соответственно, система подачи этого топлива в топку котла. Причем это делается из угля конкретной марки, с конкретного месторождения. То есть проектируется котел под определенный уголь —

Использование технологии газификации позволит получить из местных низкосортных видов топлива генераторный газ с хорошими экологическими показателями и низкой стоимостью. Пример такого низкосортного топлива — бурый уголь

скажем, бородинский или какой-то еще. Поверхности нагрева, количество труб — все рассчитывается под эту марку угля. Как только поставщик угля начинает поднимать цены, энергетики вынуждены переходить на непроектное топливо со снижением экономических и экологических показателей. Допустим, если говорить на примере Томской области, то у нас есть свои местные виды топлива. В частности, это именно бурый уголь. С точки зрения использования его напрямую, в энергетических котлах он достаточно плохо горит. Мы хотим показать, что сначала газифицировав его и получив энергетический газ, дальше его можно сжигать в топках котлов. К бурому углю можно подмешивать отходы деревообрабатывающей промышленности Томской области — те же опилки, которые сегодня просто выбрасываются. Лесоперерабатывающие производства не знают, куда их деть.

— То есть вы считаете, что эта технология для России может быть актуальна и востребована? Ведь природные источники иссякают, а мусора вокруг очень много.



Кандидат технических наук Д.В. Гвоздяков демонстрирует работу камеры распыла водоугольного топлива

— Да, конечно. В 2017 г. была разработана и открыта новая магистерская программа «Экологически чистые технологии преобразования энергоносителей». Программа создана специально под это направление. В 2017 г. был осуществлен первый набор магистрантов в количестве 12 человек. Причем многие из них после обучения планируют остаться в университете — поступать в аспирантуру. Это подпитка кадрами и одновременно подготовка кадров высшей квалификации для производства там, где это востребовано. Потом эти студенты становятся идеологами такого рода направлений именно в производстве, и это особенно важно, потому что людей, привыкших работать по какой-то схеме, бывает сложно в чем-то переубедить. А эти ребята на фундаментальном уровне изучают свойства топлива. Они новаторы по определению. В России подобных программ больше нет. Это первая программа с таким уклоном. Мы обучаем их также современным технологиям, оборудованию, эксплуатации существующих станций. До нас никто так глубоко в область экологически чистых технологий не уходил, ни один из университетов и институтов страны.

Владимир Евгеньевич Губин,
доцент Научно-образовательного центра
им. И.Н. Бутакова:

— Среди нашего оборудования есть абсолютные уникальные установки. Особенность их в том, что все эти процессы изучены на частицах, мы же здесь пытаемся восстановить эти процессы и изучить их в околопромышленных масштабах. Мы

можем готовить топливо кубометрами. Кроме того, изучая существующие способы регистрации параметров процессов, которые использовались с 1960 г., мы стараемся посредством сетевого взаимодействия разработать для изучения процессов и получения беспрецедентных результатов новые методики, в том числе и лазерную диагностику, и высокоскоростную фото- и видеосъемку процессов.

Если говорить о лабораторном прототипе газификатора, то эта установка тоже уникальна — с не имеющими аналогов характеристиками, позволяющая создавать температуру среды до 900° С и высокое давление. В газификатор засыпается материал, которым

может быть что угодно — уголь как качественный, так и низкосортный, лигниты, бурый уголь и т.д. Мы работаем и со смесевыми видами топлива, пытаемся смешивать, например, опилки с углем, с травой и даже осенними листьями. Последний тренд, над которым мы начинаем работать, — это твердые бытовые отходы. Это в том числе и мусор, который сейчас просто выбрасывают. Мы проработали вопросы с объектами лесопромышленного комплекса, пробовали разные варианты — например, сельскохозяйственные отходы, которые образуются при производстве муки, круп и т.д. Сейчас пробуем то, что выбрасывается: каким образом это рассортировать, измельчить, что из этого можно сжигать и получать синтез-газ. Люди долгое время загрязняли планету. Сейчас пришло время научиться избавляться от мусора без экологического вреда, но с экономической пользой.

Дмитрий Васильевич Гвоздяков,
доцент НОЦ им. И.Н. Бутакова:

— Моя часть исследований проходит на установке, которая называется «камера распыла водоугольного топлива», — другими словами, аэродинамический имитатор топки энергетического котла. Мы разработали ее своим коллективом при участии проектировщиков. На этом устройстве можно исследовать различные виды водоугольного топлива, приготовленного из различных видов углей. Мы исследуем здесь также структуру водоугольного факела, который формируется в процессе распыла, используя различные форсуночные устройства.

Важно и то, что здесь камера имеет изменяющийся внутренний объем: задняя ее стенка может двигаться. В настоящее время мы проводим исследования структуры факела. Для этого мы осуществляем подсветку лазером в данной плоскости, под углом 45° к горизонту, и высокоскоростной камерой снимаем под углом 90° . Таким образом, у нас в кадр попадают частицы водоугольного топлива, которые в этот момент уже распыляются, и мы можем наблюдать эффект дробления капель за счет «встречного потока». Этот поток находится в неподвижном состоянии, то есть капли разбиваются о воздух в процессе дробления.

Камера может поворачиваться также в вертикальной плоскости, наклоняться, и за счет этого в процессе распыла мы можем учитывать эффект действия гравитационных сил на процесс распыла. Все эти факторы — изменяющийся объем, способность устройства изменять наклон и т.п. — делают его уникальным: в России, да и в мире подобных нет.

Станислав Александрович Янковский,
ассистент НОЦ им. И.Н. Бутакова:

— В нашей лаборатории на данный момент находятся две установки по формированию твердых топливных элементов в виде смесового топлива. Это пресс, на котором мы можем готовить единичные частички топливных брикетов (топливные пеллеты) с возможностью регулирования

параметров воздействия. Мы исследуем смесовое топливо как в виде порошка, так и в виде топливных пеллет. Для этого мы готовим частички, проводим элементный анализ — калорийность, фракционный состав и т.д. Потом проводим целый ряд исследований по формированию топливных брикетов, и после того как мы нашли подходящий способ, проводим исследования по их зажиганию. Для этого у нас есть модернизированная мини-печь, в которую мы можем подавать топливные пеллеты, выдерживая разные температуры. Специально спроектированная камера наблюдения позволяет с высокой точностью определять степень задержки зажигания. Мы определяем, насколько быстро загорается топливо, как влияют различные примеси на зажигание смесового топлива. Установлено, что именно частички древесины становятся инициаторами зажигания. Это обеспечивает более низкие температуры зажигания, что позволяет сократить время на прогрев топочных камер.

У нас есть также газоотвод, на который мы устанавливаем газоанализатор и можем определять, какие химические элементы выделяются при сжигании того или иного смесового топлива в виде как порошков, так и топливных брикетов. Отмоделировав в миниатюре, как и что происходит, можно переходить к более масштабным экспериментам на лабораторном газификаторе. Для получения необходимого количества исходных топливных пеллет у нас есть топливный гранулятор, позволяющий производить порядка 80 кг топлива в час.

Сложность в том, что не сразу образуются гранулы. Нужно подобрать режим, температуру нагрева матрицы, влажность топлива и множество других факторов. И здесь мы привлекаем наших студентов и магистрантов для решения конкретных прикладных задач. Таким образом, мы получаем топливные пеллеты различного состава в объемах, достаточных для полномасштабных исследований на лабораторном газификаторе. ■

**Беседовала Наталья
Лескова**



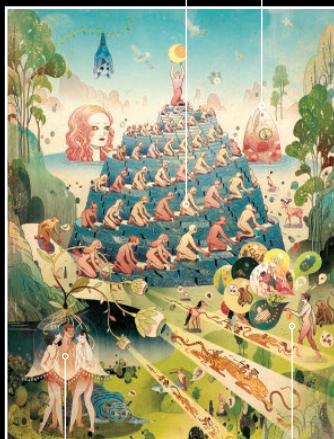
Кандидат технических наук С.А. Янковский рассказывает о технологии изготовления топливных пеллет

ОСОБЫЙ ВИД

Наука быть человеком

УНИКАЛЬНО ЛИ
НАШЕ СОЗНАНИЕ?
с. 102

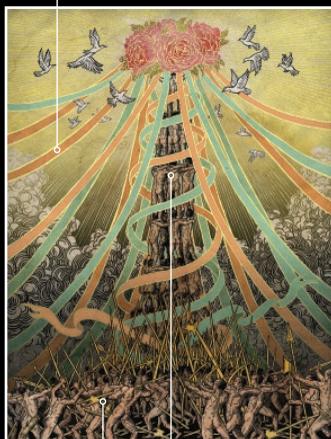
КУЛЬТУРНОЕ
ЖИВОТНОЕ
с. 82



ВЗЛЕТ
ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО
РАЗУМА
с. 94

РОЛЬ
ЯЗЫКА
с. 110

ПОСЛЕДНИЙ
ИЗ ГОМИНИНОВ
с. 122



ПОЧЕМУ
МЫ ВОЮЕМ
с. 138

ИСТОКИ
МОРАЛИ
с. 130

ОДНИ ПОСРЕДИ
МЛЕЧНОГО ПУТИ?
с. 162

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ
И БУДУЩЕЕ ВИДА
с. 154



КАК МЫ УСКОРЯЕМ
ЭВОЛЮЦИЮ
с. 146

ИНФОГРАФИКА: ЧЕЛОВЕК
ТЕХНИЧЕСКИЙ
с. 92

ИНФОГРАФИКА: РАЗЛИЧАЮТСЯ ЛИ
НАШИ НЕРВНЫЕ СВЯЗИ?
с. 118

ЧАСТЬ I

Почему мы?



ЧАСТЬ II

Мы
и они



ЧАСТЬ III

Кроме
нас





ЧАСТЬ I

Почему
мы?

КАК МЫ СТАЛИ НЕПОХОЖИМИ НА ДРУГИХ ЖИВОТНЫХ

РАЗВИТАЯ УНИКАЛЬНОСТЬ

Кевин Лаланд

Большинство людей на этой планете полагают, обычно без какого-либо веского научного обоснования, что люди — особые существа, отличные от остальных животных. Любопытно, что ученые, имеющие достаточную квалификацию для оценки этого суждения, часто проявляют сдержанность относительно признания уникальности *Homo sapiens*. Возможно, причиной тому — опасение дополнительно усилить идею человеческой исключительности, выдвинутую религиозными доктринами. Тем не менее в различных научных областях, от экологии до когнитивной психологии, был накоплен массив достоверных данных, подтверждающих, что человек — действительно весьма примечательный биологический вид.

Плотность человеческого населения многократно превышает масштабы, типичные для животного нашего размера. Мы заселили экстраординарный географический диапазон и контролируем беспрецедентные потоки энергии и материи; наше глобальное воздействие не подлежит сомнению. Если брать во внимание наши интеллект, коммуникативные способности, потенциал приобретения знаний и обмена ими — наряду с великолепными произведениями искусства, которые мы создаем, — люди несомненно выглядят как совершенно особый вид среди других животных. Наша культура, как представляется, отделяет нас от остальной природы, однако же эта культура тоже должна быть продуктом эволюции. Формулирование удовлетворительного научного объяснения развитию когнитивных способностей нашего вида и их выражению в нашей культуре — это то, что я называю «неоконченная

симфония Дарвина». Дарвин начал исследование этой проблематики примерно 150 лет назад, но, как он сам признавал, его понимание было «несовершенным» и «фрагментарным». К счастью, эстафету подхватили другие ученые, и среди тех из нас, кто проводит исследования в этой области, нарастает ощущение, что мы приближаемся к ответу.

Складывающийся консенсус заключается в идее, что достижения человечества вырастают из способности перенимать знания и умения у других людей. Вклад каждого индивида позволяет строить этот резервуар объединенных знаний на протяжении длительных периодов времени. Общий запас опыта делает возможной выработку все более эффективных и разнообразных ответов на жизненные вызовы. Не наши большой мозг, интеллект и язык дали нам культуру, но наша культура дала нам большой мозг, интеллект и язык.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

■ Человеческие достижения обусловлены нашей способностью учиться у других и использовать общий накопленный опыт для выработки новых решений жизненных проблем.

■ Другие виды тоже способны к инновациям. Так, шимпанзе раскалывают орехи камнями, а дельфины используют морские губки, чтобы разыскивать прячущуюся добычу.

■ Наша уникальность основана на умении обучать последующие поколения полезным навыкам с достаточной степенью точности, чтобы строить небоскребы или запускать ракеты в космос.



Умение идти за другим след в след — социальное обучение — стало ключом к успеху *Homo sapiens* на всем протяжении его истории как отдельного вида. На фото бушмены идут по дюнам гуськом.

В случае нашего вида — и, возможно, небольшого количества других видов — культура трансформировала эволюционный процесс.

Термин «культура» может подразумевать моду или высокую кухню, но если обратиться к его изначальному научному значению, то культура — это совокупность поведенческих паттернов, разделяемых членами сообщества, основанного на информации, передаваемой социальным путем. Рассматриваем ли мы автомобилестроение, стили поп-музыки, научные теории или добычу пропитания в рамках племенной группы, все развивается посредством бесконечного повторения циклов инноваций, постепенно добавляющих усовершенствования к исходному базовому уровню знаний. Постоянные, неустанные копирование и внесение инновационных изменений — вот секрет успеха нашего вида.

Таланты животных

Сопоставление человека с другими животными позволяет ученым выявить особенности, которыми мы отличаемся от них, качества, которые мы делим с другими видами, и периоды, когда складывались определенные черты. Таким образом, первым шагом к пониманию того, как люди стали настолько непохожими на остальных

животных, должно стать исследование способности к социальному обучению и инновациям у других существ в контексте этой сравнительной перспективы — путь, который в итоге неизбежно приведет к тем с трудом уловимым, но принципиальным отличиям, которые делают человека уникальным.

Многие животные копируют поведение других особей и таким способом получают знания о предпочтительном рационе, способах добывания пищи, спасении от хищников, призывных криках или песнях. Знаменитый пример передачи знаний у животных — особые традиции использования орудий в разных популяциях африканских шимпанзе. В любом сообществе молодежь учится принятому в нем поведению, будь то раскалывание орехов камнем или ловля муравьев палкой, путем подражания более опытным индивидам. Однако социальное обучение — не исключительная привилегия приматов, животных с крупным мозгом или даже вообще позвоночных. Тысячи экспериментов продемонстрировали, что копирование поведения свойственно сотням видов млекопитающих, птиц, рыб и насекомых. Так, например, даже молодые дрозофилы предпочитают в качестве партнеров самцов, которых выбрали старшие самки.



ОБ АВТОРЕ

Кевин Лаланд (Kevin Laland) — профессор биологии поведения и эволюционной биологии Сент-Андрусского университета (Шотландия), автор книги «Неоконченная симфония Дарвина: как культура создала человеческий разум» (*Darwin's Unfinished Symphony: How Culture Made the Human Mind*, 2017).

Разнообразные модели поведения животных изучаются с социальной точки зрения. Дельфины научились использовать морские губки, чтобы защищать ими морду, когда они раскапывают ил и песок на дне, выскивая рыбу, и этот навык они передают в поколениях. У косаток есть специфические способы охоты на тюленей: они подныривают под льдину и стучат по ней, чтобы согнать тюленя в воду, либо, синхронно двигаясь, создают высокую волну, которая смывает добычу с льдины. Куры даже приобретают каннибалистические наклонности путем социального обучения. Основная часть знаний и умений, транслируемых в популяциях животных, касается еды (что хорошо употреблять в пищу, и как это раздобыть), но бывают и оригинальные социальные ритуалы. Так, в одной стае капуцинов в Коста-Рике принят странный обычай: обезьяны засовывают пальцы в глазницы или ноздри других обезьян или руки друг другу в рот и сидят вместе в такой позе в течение достаточно долгого времени, тихо покачиваясь. Исследователи предполагают, что это действие призвано проверить прочность социальных связей.

Животные способны также к инновациям. Когда нам предлагают назвать некое изобретение, мы скорее всего подумаем об открытии Александром Флемингом пенициллина или создании Тимом Бернерсом-Ли Всемирной паутины. Уверю вас, что соответствия в мире животных не менее впечатляющие.

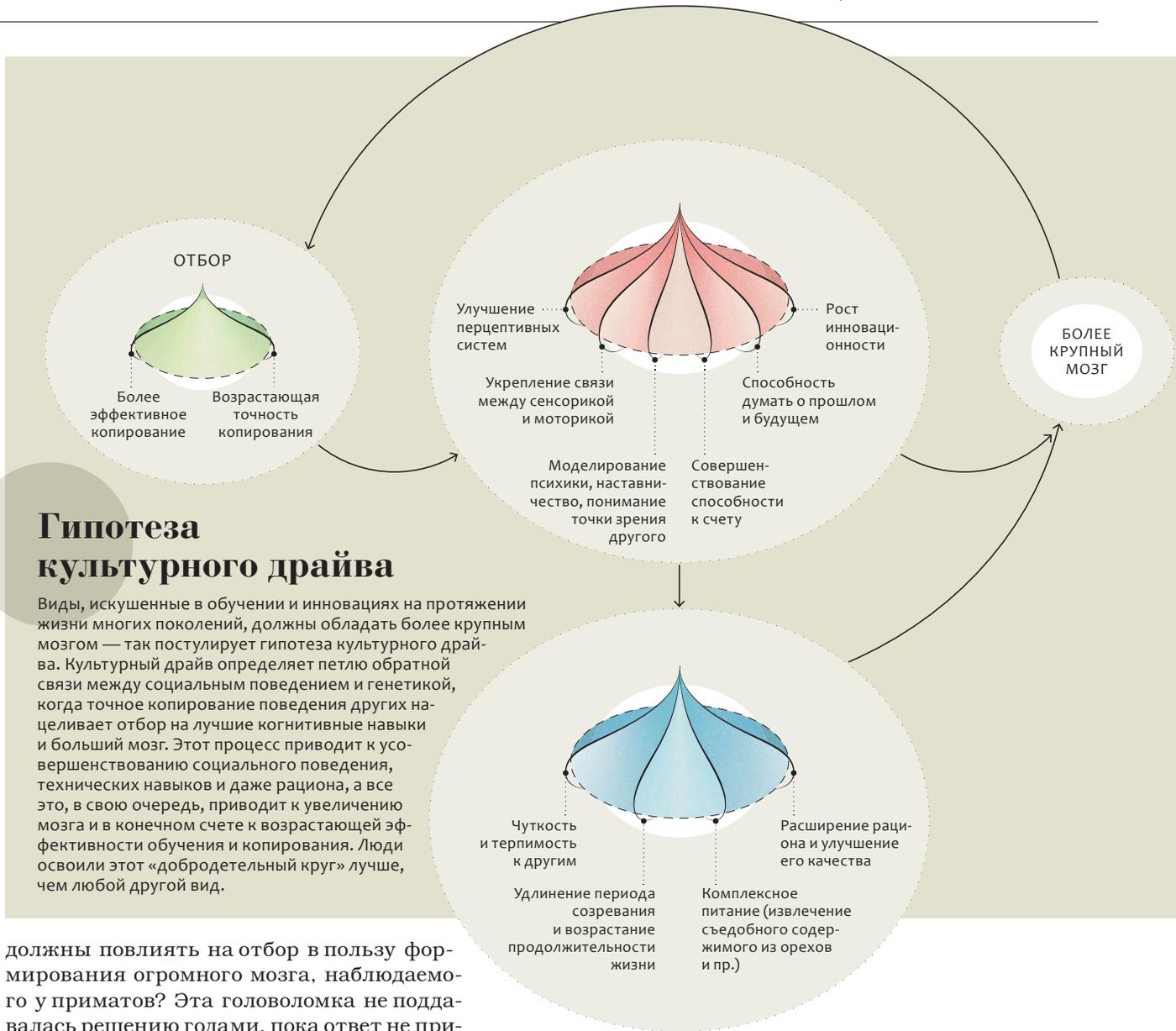
Мой любимый пример — изобретение молодого самца шимпанзе по имени Майк, за которым наблюдала приматолог Джейн Гудолл (Jane Goodall): акустическая демонстрация доминирования посредством стука двумя канистрами из-под керосина друг об друга. Это шоу основательно запугало соперников Майка и увенчалось тем, что его социальный рейтинг взлетел до небес в рекордные сроки, сделав его альфа-самцом номер один. Еще один интересный случай — использование японскими черными воронами автомобилей для того, чтобы раскалывать орехи. Скорлупа грецких орехов слишком тверда для вороньего клюва, однако птицы все же лакомятся ими, кидая их на дорогу

перед машинами, а потом собирая добычу, когда загорается красный свет. А одна прелестная группировка скворцов — птиц, чья любовь к блестящим предметам, которыми они украшают гнездо, стала притчей во языцех, — совершила удачный налет на монетный автомат на автомойке во Фредериксберге, штат Виргиния, и скрылась с уловом в размере буквально сотен долларов четвертаками. (*Больше примеров адаптации животных к городской среде — в статье «Дарвин в большом городе» на с. 146.*)

Подобные эпизоды представляют собой нечто большее, чем просто забавные фрагменты естественной истории. Сравнительный анализ выявляет интереснейшие паттерны социального обучения и инноваций, демонстрируемые животными. И самый значительный вывод гласит, что виды, максимально успешные в изобретательстве и наиболее склонные к копированию поведения, обладают необычно крупным мозгом (как в абсолютном измерении, так и относительно параметров тела). Корреляция между темпами инноваций и величиной мозга изначально была зафиксирована у птиц, но в дальнейшем исследование было воспроизведено на приматах. Эти результаты подтверждают идею, известную как гипотеза культурного драйва, впервые высказанную биохимиком из Калифорнийского университета в Беркли Алланом Вильсоном (Allan C. Wilson) в 1980-х гг.

Вильсон утверждал, что способность творчески решать проблемы или копировать чужие инновации может давать индивиду преимущество в борьбе за выживание. Если предположить, что подобные свойства имеют некую нейробиологическую основу, то можно прийти к выводу, что они будут порождать естественный отбор, благоприятный увеличению размеров мозга, — неостановимый процесс, кульминацией которого становится крупный и мощный орган, определяющий безудержную креативность и всеобъемлющую культуру человека.

Вначале ученые относились скептически к аргументации Вильсона. Если плодовые мушки с их микроскопическим мозгом отлично справляются с копированием, то почему повторяющиеся акты копирования



Гипотеза культурного драйва

Виды, искусные в обучении и инновациях на протяжении жизни многих поколений, должны обладать более крупным мозгом — так постулирует гипотеза культурного драйва. Культурный драйв определяет петлю обратной связи между социальным поведением и генетикой, когда точное копирование поведения других нацеливает отбор на лучшие когнитивные навыки и больший мозг. Этот процесс приводит к усовершенствованию социального поведения, технических навыков и даже рациона, а все это, в свою очередь, приводит к увеличению мозга и в конечном счете к возрастающей эффективности обучения и копирования. Люди освоили этот «добродетельный круг» лучше, чем любой другой вид.

должны повлиять на отбор в пользу формирования огромного мозга, наблюдаемого у приматов? Эта головоломка не поддавалась решению годами, пока ответ не пришел из неожиданного источника.

Имитаторы

Я и мои коллеги организовали турнир по стратегиям социального обучения — конкурс, задуманный с целью выработать лучший способ учиться в сложной и изменчивой обстановке. Мы вообразили гипотетический мир, в котором индивиды, или так называемые агенты, могли осуществлять большое количество всевозможных моделей поведения, каждая из которых приносила свой «выигрыш», изменявшийся с ходом времени. Задачей было выяснить, какие действия повлекут за собой лучшую отдачу, и отследить, какие при этом произойдут изменения. Индивиды могли освоить новые линии поведения либо действовать в рамках изученного ранее, а обучение

могло происходить методом проб и ошибок или же путем копирования поведения других агентов. Вместо того чтобы искать решение самостоятельно, мы, описав задачу и установив набор правил, предложили всем заинтересовавшимся попробовать свои силы. Записи участников, представленные в виде программного кода, определяющего, как агент должен себя вести, должны были соревноваться друг с другом в компьютерной симуляции, и за лучший вариант полагался приз в размере \$10 тыс.

Результаты оказались весьма поучительными. Мы обнаружили сильную положительную связь между тем, насколько хорошо выполнена запись, и тем, насколько эффективно агенты занимались социальным обучением. В победившей записи

от агентов не требовалось обучаться часто, но когда они это делали, они почти всегда учились путем копирования, осуществлявшегося неизменно точно и эффективно.

Проведенное состязание помогло нам найти интерпретацию соотношения характера социального обучения и размеров мозга, наблюдающихся у приматов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что естественный отбор поддерживает не количественный, но качественный рост социального обучения: учиться не все больше и больше, а все лучше и лучше. Животным не нужен крупный мозг, чтобы копировать, однако он нужен им, чтобы делать это хорошо.

Это прозрение стимулировало исследования эмпирической основы гипотезы

Шимпанзе, как и люди, используют орудия. Шимпанзе охотятся на термитов при помощи палочек и обучают этому приему потомство. В отличие от обезьян люди передают культурные знания в поколениях с высокой степенью точности, что позволяет создавать сложные технологии.



культурного драйва. Они привели к предположению, что естественный отбор должен благоприятствовать развитию анатомических структур или функциональных возможностей мозга приматов, обеспечивающих качественное и результативное копирование. Это, например, может быть улучшение зрительного восприятия, чтобы оно позволяло копировать на больших расстояниях или имитировать мелкую моторику. Кроме того, эволюция должна способствовать созданию более тесной связи между перцептивными и двигательными центрами мозга, помогающей индивиду преобразовать визуальный образ другого субъекта, осуществляющего некое действие, в собственные аналогичные телодвижения, результативно повторяющие «исходник».

Гипотеза культурного драйва предсказала также, что отбор, направленный на улучшение качества социального обучения, должен влиять на другие аспекты социального поведения и жизни, включая взаимодействие в социальных группах и использование орудий. Обоснование было следующим: чем обширнее группа и чем больше времени ее член проводит в компании других, тем лучше возможности для эффективного социального обучения. Посредством копирования обезьяны приобретают разнообразные навыки добывания пищи — от поисковых методов наподобие извлечения личинок из-под коры до продвинутых техник, предполагающих использование орудий, таких как «рыбалка» палкой в муравейнике. Если социальное обучение — это то, что позволяет приматам овладевать сложными для усвоения, но продуктивными методами заготовки пропитания, то любой вид, совершенствующийся в социальном обучении, должен демонстрировать высокий уровень умений в этой области. Соответственно, его представители должны обладать богатым рационом и жить дольше, поскольку это дает больше времени на то, чтобы освоить новые сложные умения и передать их потомкам. Резюмируем: гипотеза культурного драйва предсказывает, что темпы социального обучения коррелируют не только с размерами мозга, но также с совокупностью показателей, относящихся к когнитивной деятельности.

Скрупулезный сравнительный анализ подтвердил этот прогноз. Те приматы, которые преуспевают в образовательной и инновационной деятельности, действительно

питаются более разнообразно, владеют целым спектром способов добывания еды, и поисковых, и с применением орудий, и демонстрируют самое сложное социальное поведение.

Статистический анализ показывает, что обнаруженная взаимозависимость прослеживается настолько четко, что приматов можно оценивать по единому критерию общей когнитивной деятельности, который мы называем интеллектом приматов (примерный аналог IQ у людей).

Шимпанзе и орангутаны лидируют по всем параметрам и обладают высоким интеллектом приматов, в то время как некоторые млекопитающие приматы демонстрируют более низкие показатели. Наличие сильной корреляции между интеллектом приматов и размерами мозга, а также результатами в лабораторных тестах на обучение и понимание подтверждает адекватность подобных измерений для определения уровня интеллекта.

Интерпретация также соответствует данным нейробиологического анализа, показывающего, что размер отдельных частей мозга можно точно предсказать, зная его общую величину. Эволюционно обусловленный большой мозг приматов содержит и более крупные и обладающие лучшей связанностью области — неокортекс и мозжечок, — которые обеспечивают исполнительный контроль над действиями и улучшенные корковые проекции на мотонейроны конечностей, облегчая осознанные и точные движения. Это помогает нам понять, почему животные с большим мозгом демонстрируют сложные когнитивные механизмы и использование орудий. *(Подробнее о мозге приматов — в статье «Различаются ли наши нервные связи?» на с. 118.)*

Наложение результатов измерения когнитивных способностей на генеалогическое древо приматов показывает развитие высших форм интеллекта, происходящее независимо в четырех различных группах приматов: у капуцинов, макак, бабуинов и человекообразных обезьян — именно тех видов, что славятся своей способностью к социальному обучению и своими традициями. Это открытие и есть та закономерность, которую ожидалось обнаружить в том случае, если культурные процессы действительно были движущей силой для эволюции мозга и познания. Эти выводы подкреплены дальнейшим анализом с использованием более точных и обширных

Инопланетный гость

Представьте себе взвешенный разум, изучающий биосферу Земли. Какой из всех видов он определит как отличающийся от остальных? Ответ — человечество. И вот несколько тому причин.

Численность. Наши показатели идут вразрез с глобальными закономерностями для популяций позвоночных. Людей на планете на несколько порядков больше, чем могло бы ожидаться для млекопитающих нашего размера.

Ареал обитания. Распространенность нашего вида экстраординарна. Люди колонизировали практически все регионы земного шара.

Регулирование окружающей среды. Люди контролируют огромные и разнообразные потоки энергии и материи в беспрецедентных масштабах.

Глобальное воздействие. Человеческая деятельность угрожает огромному количеству видов (в предельном выражении — приводя к их вымиранию), вызывая серьезные эволюционные изменения во всей биосфере.

Познание, коммуникация и интеллект. Люди демонстрируют превосходные результаты в различных тестах на обучение и понимание. Человеческий язык бесконечно гибок в отличие от средств общения других животных.

Приобретение знаний и обмен ими. Люди получают информацию, обмениваются ею и хранят ее в невиданных ранее масштабах, из поколения в поколение кумулятивно наращивая свой объединенный культурный багаж.

Технологии. Люди изобретают и массово производят бесконечно более сложные и разнообразные артефакты, нежели другие животные.

Инопланетяне вполне могут быть очарованы хоботом слона и впечатлены шеей жирафа, но выделяют они именно человека.

данных и передовых статистических методов, а также моделями, делающими квантитативные прогнозы размеров мозга и тела на основе оценок метаболических затрат мозга.

Культурный драйв — не единственная причина развития мозга приматов: диета и социальность также важны, потому что приматы, питающиеся фруктами и живущие в больших группах сложной структуры, обладают большим мозгом. Трудно не сделать заключения о том, что у некоторых приматов сочетаются высокий интеллект и более продолжительная жизнь, потому что их культурные возможности позволяют им использовать высококачественные, но труднодоступные пищевые ресурсы, питательные вещества из которых «оплачивают» рост мозга. Мозг — энергетически дорогостоящий орган, а социальное обучение имеет первостепенное значение для животных, накапливающих ресурсы, необходимые для успешного роста и эффективной эксплуатации крупного мозга.

Шимпанзе не изобретут мобильник

Почему же тогда у других приматов нет такой сложной культуры, как у нас? Почему шимпанзе не секвенировали геном или не построили космические ракеты? Математическая теория дает некоторые ответы на этот вопрос. Секрет заключается в точности передачи информации от одного представителя вида к другому. Культурный репертуар вида и время, в течение которого элементы культуры сохраняются в популяции, экспоненциально растут в зависимости от степени точности транслирования.

По достижении определенного рубежа культура начинает наращивать сложность и разнообразие. Без точной передачи кумулятивная (накопительная) культура невозможна. Но как только этот рубеж перейден, даже скромное количество новых изобре-

Мозг — энергетически дорогостоящий орган, а социальное обучение имеет первостепенное значение для животных, накапливающих ресурсы, необходимые для успешного роста и эффективной эксплуатации крупного мозга

ний и усовершенствований быстро приводит к масштабным культурным изменениям. Люди — единственный из живущих видов, перешагнувший этот порог.

Наши предки достигли высокой точности передачи информации посредством наставничества — поведения, которое призвано облегчить усвоение нового для ученика. Тогда как копирование широко распространено в природе, наставничество — гораздо более редкий феномен, однако неизменно присущий всем человеческим сообществам. Математический анализ выявляет жесткие условия, которые должны быть выполнены для того, чтобы данная форма поведения развивалась, но показывает, что кумулятивная культура смягчает эти условия. Моделирование обнаруживает, что преподавание и кумулятивная культура развивались у наших предков рука об руку, создавая впервые в истории жизни на нашей планете вид,

члены которого обучали своих близких широкому спектру навыков, возможно, закреплявшихся путем целенаправленной «намеренной практики». *(Подробнее об этом — в статье «У нас в головах» на с. 94.)*

Наставничество у гомининов (людей и их вымерших близких родственников) осуществлялось в таких областях, как добывание и обработка пищи, изучение звуков-сигналов, изготовление орудий и т.д., и обеспечивало контекст, в котором впервые появился язык. Почему язык возник только у наших предков — одна из самых больших неразгаданных загадок. Один из вариантов объяснения: язык способствовал уменьшению энергетических затрат, повышению точности передачи информации и расширению возможностей наставничества. Уникальность человеческого языка (по крайней мере, среди сохранившихся видов) может быть обусловлена тем, что только человек создал достаточно разнообразный и динамичный культурный мир, о котором требовалось говорить. Преимущество этой гипотезы состоит в том, что она обосновывает многие характерные свойства языка, включая его своеобразие, объединяющую силу и причины, по которым он изучается. *(Подробнее — в статье «Говорение во времени» на с. 110.)*

Язык начинался как горстка общепринятых символов. Но стоило процессу запуститься, использование протоязыка направило отбор, касающийся мозга гомининов, в сторону развития навыков изучения языка и в сторону самого языка как такового — в аспекте благоприятствования формированию наиболее легких для изучения структур. Идея, что культурная деятельность наших предков оказывала влияние на характер отбора, менявшего их тело и мышление, — процесс, известный как генно-культурная коэволюция, — сегодня подкреплена весомыми доказательствами. Теоретический, антропологический и геномный анализ демонстрируют, как знания, передаваемые в процессе социального обучения, в частности традиции изготовления и использования орудий, породили естественный отбор, трансформировавший анатомию и разум человека. Эта эволюционная обратная связь определила возникновение современного человеческого сознания, породившего развитую психику, которая дала мощный стимул и мотивацию учить, говорить, подражать, соревноваться и разделять цели и намерения других. Усовершенствовалась способность к обучению и вычислениям. Эти возможности

развивались в рамках кумулятивной культуры, поскольку они повышают точность передачи информации.

Наставничество и язык изменили правила эволюционной игры для человечества. Широкомасштабное сотрудничество возникло в сообществах людей благодаря нашему уникальному потенциалу в областях социального обучения и преподавания, о чем свидетельствуют теоретические и экспериментальные данные. Культура поставила человеческие популяции на новые эволюционные рельсы посредством создания условий, способствующих как поддержанию устойчивых механизмов сотрудничества, наблюдаемых у других животных (например, помощь тем, кто отвечает взаимностью), так и зарождению новых способов кооперации, не встречающихся более ни у каких живых существ. Культурный групповой отбор — формирование совокупности практик, помогающих группе сотрудничать и конкурировать с другими группами, — распространился, когда эти механизмы доказали свою ценность. *(Подробнее — в статье «Истоки морали» на с. 130.)*

Культура обеспечивала наших предков запасами продуктов питания и навыками выживания, и с каждым новым изобретением та или иная популяция все более эффективно использовала окружающую среду. Это способствовало увеличению не только мозга, но и численности людей. Рост населения и усложнение социума последовали за окультуриванием растений и приручением животных. Сельское хозяйство освободило человеческие сообщества от ограничений, которые кочевая жизнь охотников-собирателей накладывала на размеры групп и любые попытки создания новых технологий. В отсутствие этого сдерживающего фактора сельскохозяйственные общества процветали как потому, что они превзошли общины охотников-собирателей, повысив емкость определенного ареала с точки зрения добычи пропитания, так и потому, что агрикультура вызвала к жизни множество связанных с ней инноваций, которые принципиально изменили человеческое общество. В более крупных сообществах, поддерживаемых повышением урожайности сельскохозяйственных культур, более вероятно распространение и сохранение полезных инноваций. Земледелие спровоцировало революцию благодаря не только изобретению обусловленных им технологий, в частности плугов или способов ирригации, но и появлению совершенно

неожиданных феноменов, таких как колесо, город-государство и религия.

Складывающаяся картина когнитивной эволюции человека свидетельствует о том, что мы в значительной степени создали себя сами. Отличительные черты человечества — наш интеллект, склонность к творчеству, язык, а также наш экологический и демографический успех — это либо эволюционные адаптации к культурной деятельности наших предков, либо их прямые следствия. Для эволюции нашего вида культурное наследие не менее важно, чем генетическое наследование.

Мы привыкли думать об эволюции посредством естественного отбора как о процессе, в котором внешние факторы влияния, такие как хищники, климат или болезни, обуславливают усовершенствования организма. Однако человеческий разум развивался не так прямолинейно. Скорее, наши умственные способности возникли в результате замысловатого обоюдонаправленного процесса, в чьих рамках наши предки постоянно создавали некие психосоциальные обстоятельства, последствием которых становились когнитивные и физические изменения, реализуемые в бесконечных циклах отбора. Сегодня ученые воспринимают расхождение людей и других приматов как отражение действия широкого спектра механизмов обратной связи в линии гомининов. Последовал стремительный процесс, подобный самоподдерживающейся химической реакции, который продвинул далеко вперед человеческие познание и культуру. Нет сомнений в том, что человечество занимает определенное место среди прочих на эволюционном древе жизни. Однако наша способность думать, учиться, общаться и контролировать окружающую среду делает человека по-настоящему отличным от всех других животных. ■

Перевод: М.А. Янушкевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Вонг К. Археология на заре современного разума // ВМН, № 9, 2005.
- Social Intelligence, Innovation, and Enhanced Brain Size in Primates. Simon M. Reader and Kevin N. Laland in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 99, No. 7, pages 4436–4441; April 2, 2002.
- Why Copy Others? Insights from the Social Learning Strategies Tournament. L. Rendell et al. in Science, Vol. 328, pages 208–213; April 9, 2010.
- Identification of the Social and Cognitive Processes underlying Human Cumulative Culture. L.G. Dean et al. in Science, Vol. 335, pages 1114–1118; March 2, 2012.

ЧЕЛОВЕК ТЕХНИЧЕСКИЙ

ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ —
КЛАДЕЗЬ ГЕНИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ!

Льюис Дартнелл

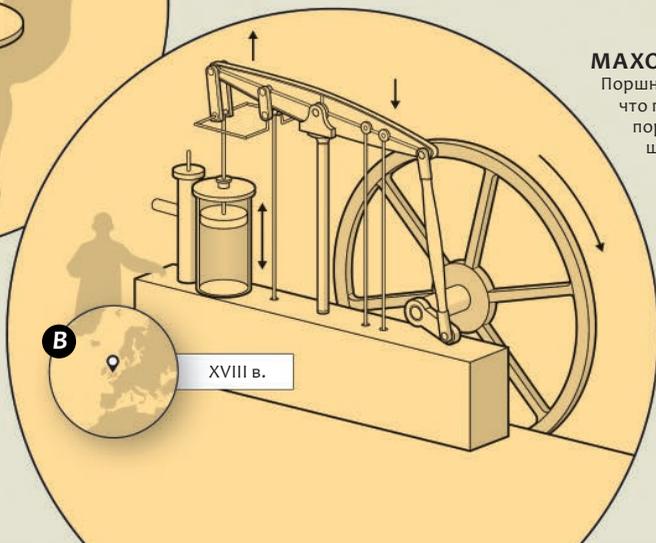
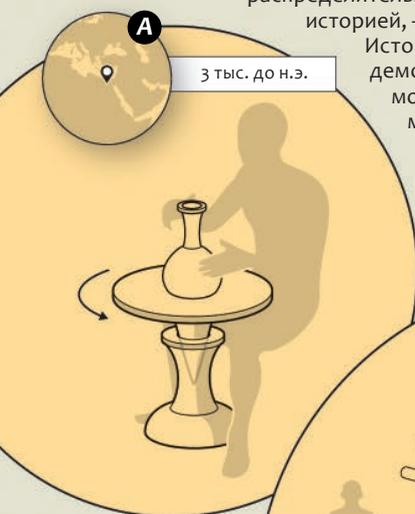
Льюис Дартнелл (Lewis Dartnell) — автор бестселлера «Знание: как восстановить наш мир с нуля» (*The Knowledge: How to Rebuild Our World from Scratch*, 2014).

Человечество обладает не только исключительной способностью передавать знания от одного поколения другому, оно еще и в высшей степени талантливо использует эти знания, создавая новые технологии — от ашельского каменного топора до современных электросетей. Эта обширная взаимосвязь знаний и практических навыков создана трудом миллионов людей в течение миллионов лет. Освоение тонкостей технологий — от раскалывания камня до сооружений высоковольтных линий электропередач — потребует значительного времени, если человечеству придется начинать все заново после ядерной войны, столкновения Земли с огромным астероидом или какой-либо другой глобальной катастрофы.

Способность к тиражированию и особенно совершенствованию созданного предыдущими поколениями отличает наш вид от других живых существ. Новые изобретения редко бывают абсолютно оригинальными: чаще всего это реорганизация и усовершенствование существующих технологий. Особенно наглядный пример тому — двигатель внутреннего сгорания. Он был создан из уже имеющихся на тот момент узлов, механических модулей и сборочных единиц. Если вы снимете металлический кожух двигателя и разберете его на части, то увидите компактную систему, состоящую из отдельных механизмов, каждый из которых выполняет определенную функцию в точном взаимодействии с другими деталями и узлами, имеющими свою многовековую историю.

В собранном виде двигатель внутреннего сгорания преобразует тепловую энергию, выделяемую при сжигании топлива, в плавное бесперебойное движение автомобиля. Входящие в его состав цилиндры и поршни по своему виду чрезвычайно похожи на старинные водяные насосы. Давление, создаваемое взрывным расширением раскаленных газов, которые образуются в результате сгорания топлива в цилиндрах, толкает поршни, но это возвратно-поступательное движение необходимо преобразовать во вращение карданного вала и колес. Три узла двигателя — кривошип (шатун), распределительный вал (кулачковый вал) и маховик, каждый со своей многовековой историей, — заслуживают особого упоминания в этом процессе.

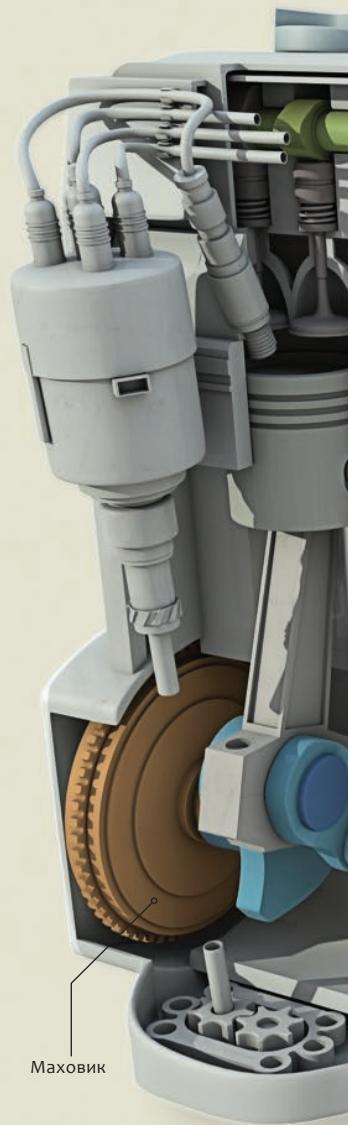
История этих деталей, проиллюстрированная здесь хронологически, демонстрирует, что даже если урчащий двигатель новенького спорткара может показаться вершиной современной инженерной мысли, на самом деле это конструкция, состоящая из компонентов сделанных давным-давно изобретений. Некоторые из них ведут свою историю из Древнего Китая и даже от самых истоков нашей цивилизации.

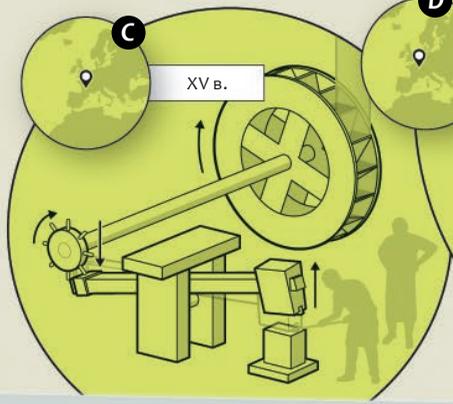


Перевод: С.Э. Шафрановский

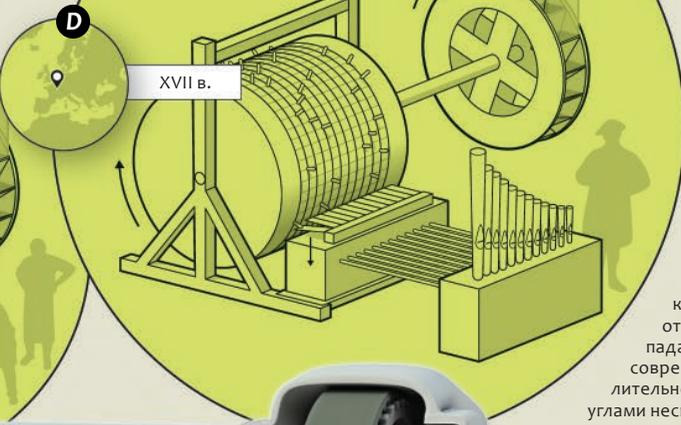
МАХОВИК

Поршни в двигателе внутреннего сгорания выстроены так, что попадают в камеру сгорания по очереди, в шахматном порядке, но взрывные импульсы, которые вращают кривошип, имеют резкий, толчкообразный характер, поэтому для сохранения вращающего момента и сглаживания их воздействия на вал используется маховик. История появления современного маховика восходит к гончарному кругу в Древнем Египте **A**, в XVIII в. маховик был стандартным элементом парового двигателя **B**, логического предшественника двигателя внутреннего сгорания.





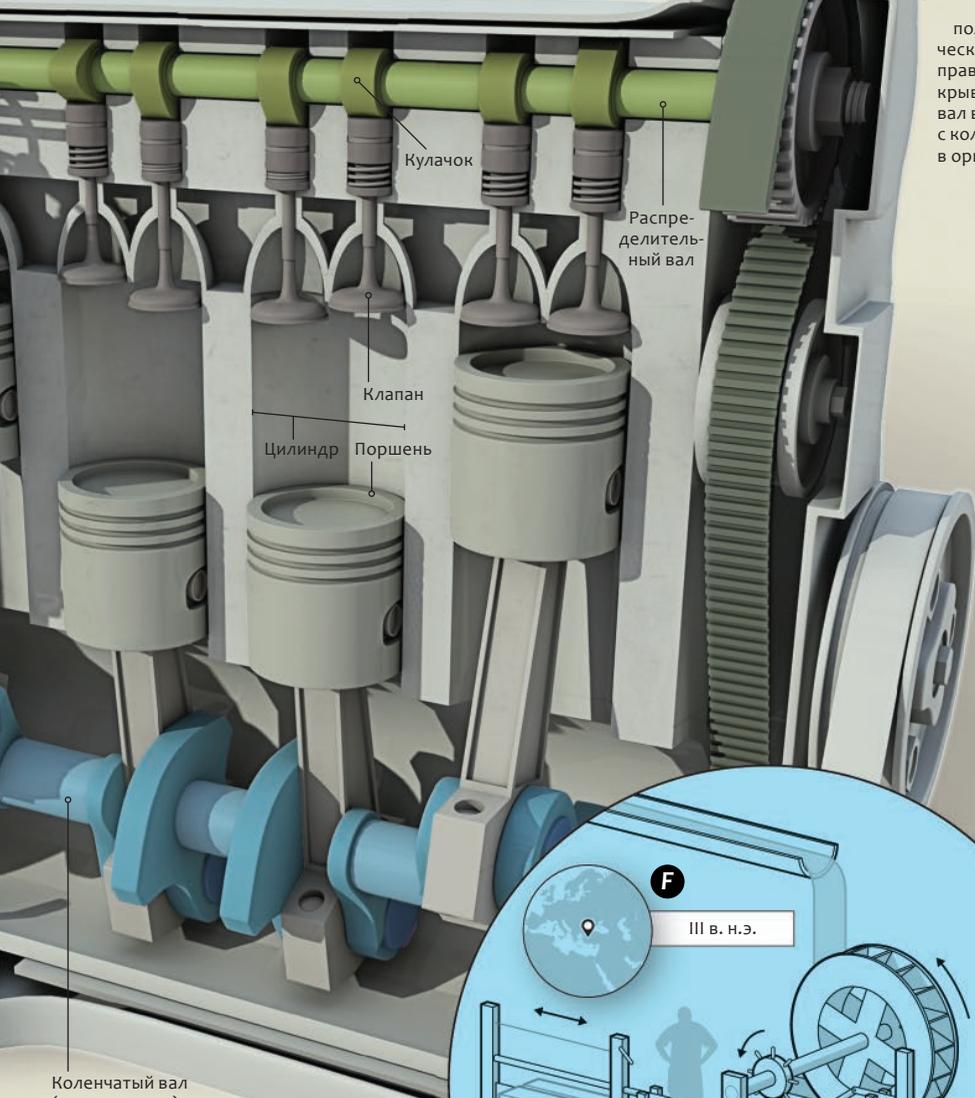
XV в.



XVII в.

КУЛАЧКОВЫЙ МЕХАНИЗМ (КУЛАЧОК)

Расположенные на вращающемся валу выступы — кулачки — приводят к последовательному открытию и закрытию клапанов цилиндров двигателя для впрыска воздушно-топливной смеси, которая мгновенно сгорает и покидает камеру сгорания. Кулачковые (распределительные) валы использовались еще в XV в. в кузницах, где с помощью энергии водяного колеса сначала поднимали, а затем отпускали на наковальню тяжелый падающий молот **C**. В двигателе современного автомобиля на распределительном валу установлены под разными углами несколько кулачков, которые приводят в движение клапаны цилиндров. Взаимное расположение кулачков на валу действует как механическая программа, в которой физически закодирована правильная последовательность открытия и закрытия клапанов. Фактически распределительный вал воспроизводит движение вращающегося цилиндра с колышками в музыкальных инструментах, например в органах XVII в. **D**



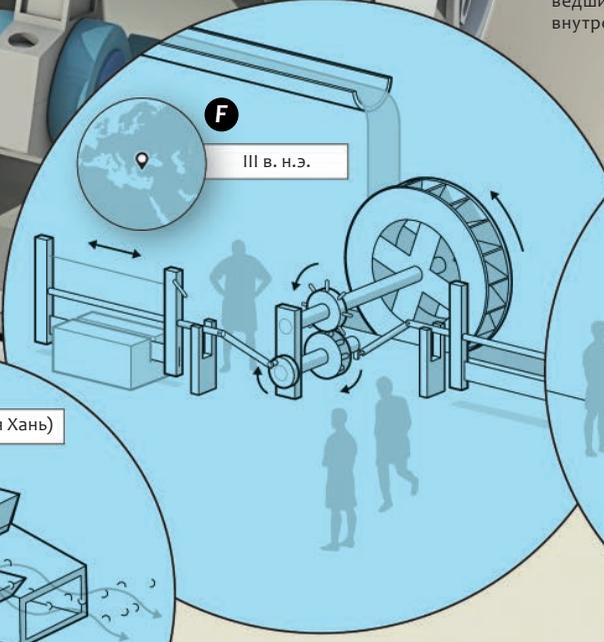
КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ (КРИВОШИП, ШАТУН)

Этот механизм преобразует возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала и колес. В первых паровых двигателях использовались только один большой цилиндр и один шатун, а в современных двигателях внутреннего сгорания объединяется мощность нескольких цилиндров, которые совместно вращают один коленчатый вал, состоящий из нескольких находящихся под углом друг к другу секций, как, например, рука или нога. История шатуна уходит на 2 тыс. лет в глубину веков к рукояткам веялок времен династии Хань, которые создавали «искусственный ветер» для отделения зерна от плевел (шелухи, соломки) **E**. В третьем столетии нашей эры в римской пирамиде из Иераполиса шатун впервые был использован для получения режущего движения **F**. В XIII в. механик-изобретатель, математик и астроном Исмаил Аль-Джазари сконструировал водяной насос с кривошипом и двумя цилиндрами **G**. Совершенствование кривошипно-шатунного механизма демонстрирует постепенное наращивание технических возможностей, приведших в середине XIX в. к созданию двигателя внутреннего сгорания.

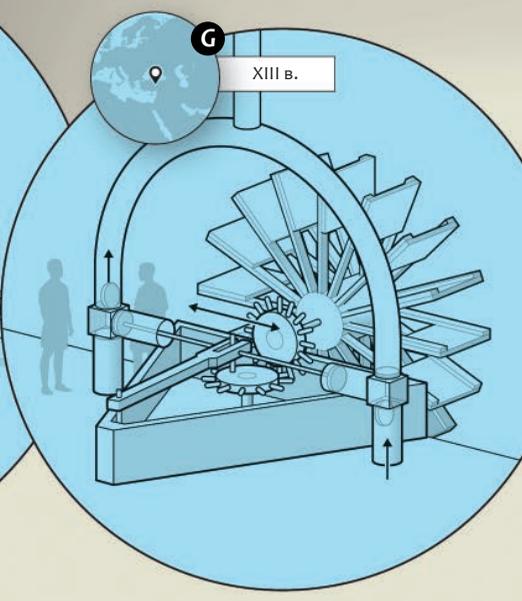
Кривошипный вал (кривошип)



II в. до н.э. (династия Хань)



III в. н.э.



XIII в.



ЧАСТЬ I

Почему
мы?

ДВА ГЛАВНЫХ СВОЙСТВА, ПОРОДИВШИХ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ

**У НАС
В ГОЛОВАХ**

Томас Саддендорф



очему мы, а не гориллы, устраиваем зоопарки? Другие приматы скрытно живут в сокращающихся местах обитания, а люди чрезвычайно интенсивно распространились и изменили окружающую среду. Наше доминирование, очевидно, обеспечивается не физическими возможностями: другие животные сильнее, быстрее, а их чувства острее. Все дело в наших умственных способностях. Однако определение тех когнитивных особенностей, которые выделяют нас среди остальных, оказалось чертовски сложной задачей. Проблема стала еще запутаннее, когда появилось множество новых исследований, в которых вроде бы показано, что разные животные, начиная от птиц и заканчивая шимпанзе, обладают многими человеческими способностями.

В качестве примера можно привести исследование, опубликованное в прошлом году в журнале *Science*, где смело утверждалось, что вороны могут планировать будущее, совсем как люди. Пять птиц научились брать камень и бросать его в коробку для получения подкрепления. В дальнейшем эти вороны выбирали камень среди других предметов за несколько минут или даже часов до того, как получали доступ к коробке. Оценивая данное достижение и результаты выполнения похожей задачи, где птицы меняли бутылочные крышечки на вознаграждение, исследователи заключили, что вороны обладают гибкой способностью «думать наперед», которая играет важнейшую роль в человеческом мышлении.

Выясняется, однако, что хотя между мышлением животных и человека много общего, есть и два важнейших отличия. Первое — это наша способность формировать внутренние сценарии, мысленно проигрывать разные возможные ситуации, и прогнозировать результаты. Второе — стремление обмениваться мыслями с другими людьми.

Благодаря этим двум свойствам наше мышление сильно изменилось и мы обрели возможность изменять мир.

Птичьи мозги

Давайте для начала чуть внимательнее рассмотрим эксперимент с воронами. Еще до того, как начались тесты, у птиц было несколько попыток, чтобы выучить, что целевой предмет, камень, позволяет получить подкрепление, а другие, посторонние предметы — нет. Поэтому на самом деле не было ничего удивительного в том, что когда началось тестирование, вороны выбирали то, что раньше уже подкреплялось.

Прежде чем делать выводы о «развитых» способностях животных, ученым надо тщательно исключить другие, более простые объяснения. Кроме этого необходимо, чтобы эксперимент состоял из нескольких независимых повторений. В моей лаборатории мы проводим исследования с участием детей, последовательно исключая возможность решения за счет простых механизмов, а не полноценного мышления. Мы используем

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

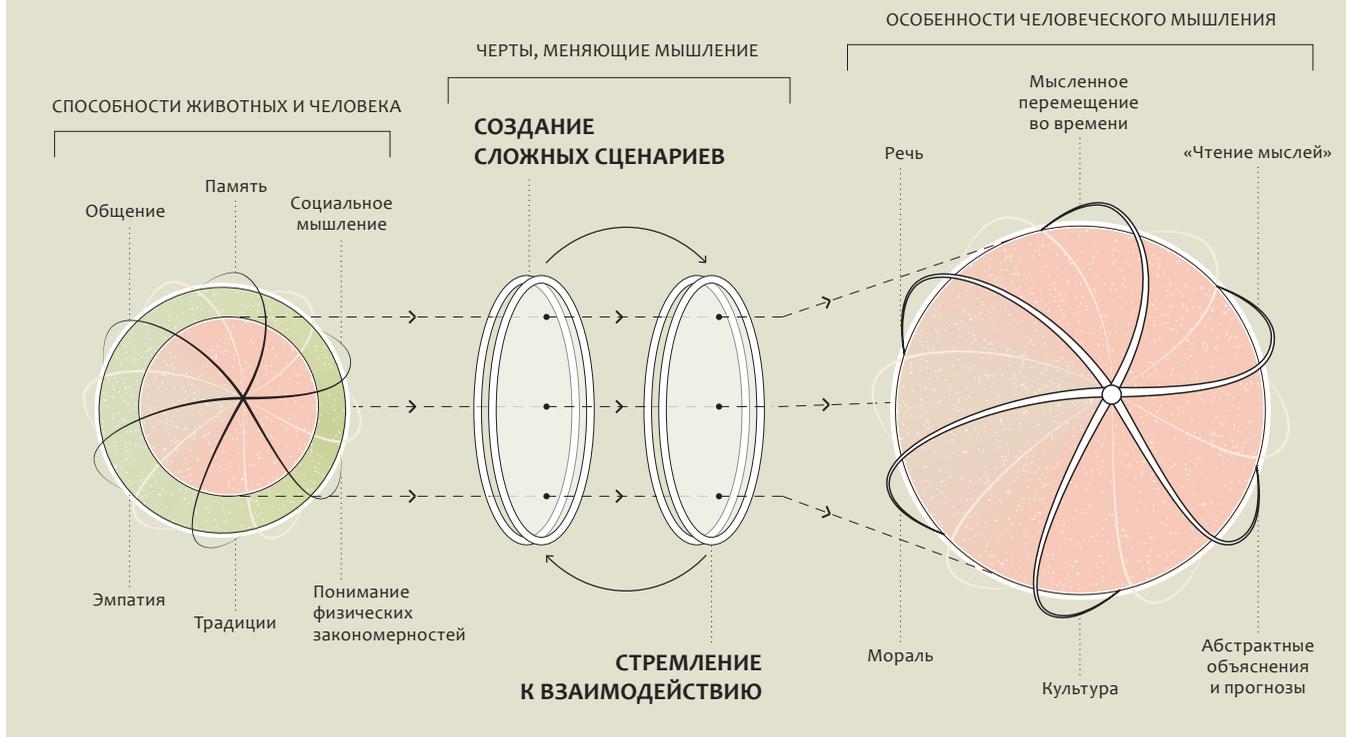
- Люди явно думают иначе, чем другие животные, но сложно провести эксперименты, которые выявят уникальность именно человеческого мышления.
- Однако исследователи нашли две отличительные человеческие черты: создание сложных сценариев и обмен мыслями с другими людьми.
- В совокупности эти свойства обеспечивают важнейшие человеческие способности, такие как речь, культура, мораль, прогнозирование и интуиция.

Две черты, меняющие мышление

Ученые обнаружили, что некоторые человеческие когнитивные способности встречаются и у других животных — например, общение, память, социальное мышление, понимание физических закономерностей, традиции и эмпатия. Но есть две уникальные человеческие черты, благодаря которым все эти способности превращаются в человеческое мышление, не такое, как

у других животных. Первая черта — создание сложных сценариев — позволяет нам воображать разные ситуации с разными возможными последствиями и встроить их в общее развитие событий. Вторая черта — стремление к взаимодействию, человеческая готовность обмениваться мыслями с другими людьми, позволяющая достичь того, что невозможно в оди-

ночку. Эти черты усиливают друг друга и изменяют наше мышление, благодаря чему появляются человеческая речь, способность мысленно перемещаться во времени, мораль, культура, «чтение мыслей» (или понимание намерений других людей) и способность формировать абстрактные объяснения окружающего мира и делиться ими.



однократное предъявление новой задачи, чтобы не допустить возможности обучения из-за повторения. Мы меняем временной и пространственный контекст, чтобы не навести ребенка таким способом на правильное решение, мы придумали задачи, где требуются различные навыки, чтобы врожденная предрасположенность не оказала значимого влияния на поведение.

Например, мы давали детям ящик-головоломку в одной комнате, а затем вводили их в другую, где предлагали разные задания, не связанные с ящиком. Через 15 минут им предоставлялась возможность выбрать один из нескольких новых предметов, чтобы взять его в первую комнату. Трехлетние дети выбирали случайным образом, а четырехлетние чаще предпочитали те предметы, которые помогли бы им позже решить первоначальную задачу. Мы использовали такой подход для оценки способности намеренно тренироваться, репетируя действия, чтобы в дальнейшем улучшить выполнение задачи.

(Подробнее — в статье «Развитая уникальность» на с. 82.) Например, в первой комнате дети получали подкрепление, если успешно ловили шарик на веревочке с помощью чашечки, а во второй комнате им давали возможность потренироваться в этом. Мы обнаружили, что только в возрасте четырех-пяти лет, но не раньше, дети могут намеренно формировать свои будущие способности, — во второй комнате они тренировали нужный навык.

Задания разрабатывались, чтобы проверить начальные способности к прогнозированию. Например, когда моему сыну было четыре года, мы дали ему вариант такой задачи и он успешно справился. Позже в тот же день, когда мы сидели с ним дома на кровати, он положил руку мне на колено и сказал: «Папа, я не хочу, чтобы ты умирал». Когда я спросил его, почему он об этом подумал, он ответил, что он вырастет, я стану дедушкой, а потом я умру. Он обладал хорошо развитой способностью прогнозировать будущее, из-за чего у него



ОБ АВТОРЕ

Томас Саддендорф (Thomas Suddendorf) — профессор психологии в Квинслендском университете в Австралии. Он изучает развитие умственных способностей у маленьких детей и человекообразных обезьян, чтобы найти ответы на важнейшие вопросы о механизмах и эволюции человеческого мышления.

возникли эти неприятные экзистенциальные размышления. Но наше исследование всего лишь показывало, что у него есть способность к мысленному прогнозированию, и позволяло исключить более простые объяснения.

В исследованиях способности к прогнозированию, проведенных на воронах и других животных, нет таких строгих критериев, и там не наблюдается преднамеренной тренировки. Означает ли это, что у животных вообще нет соответствующих возможностей? Пока рано так утверждать. Как говорится, отсутствие доказательств — не доказательство отсутствия. Выявить способность у животных сложно, но еще сложнее выявить отсутствие способности.

Рассмотрим следующее исследование, в котором я и мой коллега из Квинслендского университета Джон Редшоу (Jon Redshaw) попытались оценить одну из важнейших особенностей размышлений о будущем: понимание, что оно в значительной степени неопределенно. Когда осознаешь, что события могут разворачиваться по-разному, имеет смысл готовиться к различным возможностям и продумывать запасные варианты. Поэтому люди во время охоты ставят не одну ловушку, а несколько, чтобы перекрыть для добычи все возможные пути побега. Мы использовали простой способ проверки этой способности, показывая группе шимпанзе или орангутанов вертикальную трубку и бросая приманку в трубку сверху так, чтобы они могли поймать ее снизу. Мы сравнивали решение этой задачи обезьянами и детьми от двух до четырех лет. И те и другие прогнозировали, что подкрепление появится снизу трубки: они подставляли руку под трубку, чтобы поймать приманку.

Затем мы сделали события чуть менее предсказуемыми. Прямую трубку мы заменили на Y-образную, с двумя выходами. Готовясь ловить, обезьяны и двухлетние дети обычно держали ладонь только под одним из выходов и, соответственно, ловили подкрепление только в половине случаев. Но четырехлетние дети с самого начала эксперимента всегда закрывали руками оба выхода, продемонстрировав, таким

образом, способность предсказать как минимум два взаимоисключающих варианта развития событий. В возрасте между двумя и четырьмя годами мы наблюдали увеличение числа детей, способных планировать с учетом неопределенности. У обезьян мы такой способности не увидели.

Однако данный эксперимент не доказывает, что обезьяны и двухлетние дети не понимают, что будущее может развиваться по-разному. Как я уже отмечал, сложно доказать отсутствие способности. Животные могут быть недостаточно мотивированными, не понимать, что от них требуется, или не уметь скоординировано действовать двумя руками.

Для того чтобы точно доказать отсутствие способности, ученый должен протестировать всех животных во все времена с помощью какой-то простой задачи. Очевидно, что это невозможно. Все, что мы можем сделать, — это дать особям возможность продемонстрировать свои способности. Если у них систематически ничего не получается, мы можем чуть более уверенно предполагать, что они в принципе не способны это делать, но даже и тогда в дальнейшем может оказаться, что это не так. Из-за споров о простых и сложных интерпретациях поведения и невозможности определенно доказать полное отсутствие способности, сложно выяснить, что действительно отличает или не отличает человека от других животных.

Поиск различий

Сложно, но не невозможно. В моей книге «Разрыв: наука о том, что отличает нас от других животных» (*The Gap: The Science of What Separates Us from Other Animals*) я рассмотрел когнитивные способности, которые чаще всего считают чисто человеческими, и показал, что животные умнее, чем принято считать. Например, шимпанзе могут решать задачи за счет инсайта, утешать страдающих и поддерживать социальные традиции. Тем не менее существует кое-что совершенно особенное в человеческих речи, прогнозировании, мышлении, культуре, морали и способности представить себе мысли другого человека (обычно

мы называем это «влезть в чужую шкуру»). И во всех этих областях есть два основных свойства, которые неизменно определяют различия между человеком и другими животными. Первое — то, что я называю «создание сложных сценариев», это наша способность представлять себе разные варианты развития ситуации, обдумывать их и учитывать последствия. Второе — «готовность взаимодействовать», глубоко укоренившееся у нас желание и способность делиться своими размышлениями с другими, объединять мысленные усилия нескольких человек для создания чего-то, что не под силу сделать одному.

Создание сложных сценариев позволяет нам представить себе ситуации, в которых находятся другие люди, моральные дилеммы или полностью вымышленные истории. В сочетании со способностью к прогнозированию это помогает нам вообразить возможные будущие действия, обдумать, что можно сделать, и встроить это в единую картину событий. Таким образом, мы можем строить планы и подготовиться к возможностям и опасностям прежде, чем они возникнут.

Другие организмы, даже бактерии, приспособлены к долгосрочным закономерностям вроде смены дня и ночи и могут адаптироваться к конкретным условиям. Благодаря ассоциативному обучению животные могут предсказывать, что за определенным событием последует подкрепление или наказание. Однако люди способны мысленно развивать ситуации и представлять себе даже совершенно новые сценарии без каких-либо внешних сигналов, просто комбинируя и меняя местами базовые элементы — персонажей, действия и объекты, — и делать разумные выводы из таких мысленных упражнений. Простой пример: вы можете представить себе слепого, блуждающего по оживленной улице, и понять, что это опасно, даже если вы никогда не попадали в такую ситуацию. Создание сложных сценариев зависит от упорядоченного взаимодействия множества высокоуровневых способностей, таких как воображение, память, осмысление и принятие решений.

Представьте себе создание сложных сценариев как внутренний театр, который мы можем воплотить в жизнь. Как и в спектакле, создание сценария зависит от определенных компонентов, которые надо объединить. Здесь есть «сцена», чтобы представить события, которые на самом деле

сейчас не происходят. В этих событиях участвуют «актеры» и «обстановка»: люди и предметы, которые задействованы в сюжете. Мы выполняем функции «режиссера», оценивающего и управляющего происходящим, и «исполнительного продюсера», принимающего окончательное решение, какой путь выбрать. Эти компоненты обеспечиваются такими психическими способностями, как рабочая память, рекурсивное мышление и исполнительные функции, которые у человека развиваются в детстве не одновременно. В результате способность к прогнозированию постепенно формируется в процессе взросления. И даже во взрослом возрасте мы часто не можем правильно предсказать будущую ситуацию. Мы не ясновидящие.

Таким образом, поскольку только за счет создания сложных сценариев принимать решения рискованно, люди должны использовать и вторую свою особенность — обмен мыслями. Психолог Майкл Томаселло охарактеризовал данную способность как совместное намерение. (*Подробнее — в статье «Истоки морали» на с. 130.*) В конце концов, лучший способ узнать про будущее — спросить кого-то, кто там уже побывал, каково это.

Если вы действительно хотите выяснить, на что похож отпуск в Новой Зеландии или в чем заключается работа психолога, вы можете представлять себе любые сценарии, какие хотите, но лучше спросить кого-то, кто был в этой стране или работает психологом. Человеческая речь идеально подходит для обмена подобной информацией, как правило, мы говорим о событиях, которые происходят не сейчас. Поэтому мы можем учиться на основе опыта, размышлений и планов других людей. Мы задаем вопросы и даем советы, выстраивая при этом глубокие связи. Более того, мы можем целенаправленно менять будущее, координируя наши действия для достижения общих целей. Часто мы делаем это, комментируя стратегию партнера, наблюдая за процессом и направляя человека для следующего шага.

Если подумать, то большинство наших выдающихся способностей возникают благодаря коллективному мышлению. Вспомните, что все мы пользуемся орудиями и технологиями, изобретенными другими людьми. Многие животные используют орудия, и некоторые даже могут их делать, но чтобы они превратились в инновации, нужно понять, что в будущем орудие

пригодится снова. И тогда будет причина сохранить его, усовершенствовать и поделиться с остальными.

Мы можем наблюдать такую эволюцию у человеческих изобретений, предназначенных для все более эффективного причинения вреда на расстоянии. Вероятно, это была жизненно необходимая способность для наших предков, которые жили на одной территории с опасными саблезубыми кошками. Сначала наши предки, вероятно, бросали камни, чтобы прогнать хищников, но потом они вооружились копьями, изобрели устройство для метания копья, затем луки и стрелы. Однако новые изобретения будут полезны, только если их правильно использовать, для чего нужна целенаправленная тренировка. Сообщалось, что шимпанзе в Сенегале изготавливают примитивные копья и засовывают их в дупла деревьев, чтобы убить галаго. Но пока никто не наблюдал, чтобы они устраивали тренировки или метали копье. В отличие от людей они не могли бы извлечь пользы из изобретения копьеметалки. Вы можете смело дать им такое устройство, они не будут его использовать так, как используем мы.

Первым доказательствам целенаправленной тренировки больше миллиона лет. Каменные орудия, которые изготавливал человек прямоходящий (*Homo erectus*) 1,8 млн лет назад, уже свидетельствуют о развитой способности к прогнозированию, поскольку их переносили с места на место для многократного использования. Для изготовления орудий требуются обширные знания о камнях и о том, как с ними работать. В некоторых местах, таких как Олоргежайли в Кении, земля до сих пор усыпана оббитыми камнями. Возникал вопрос, почему наши предки продолжали изготавливать орудия, когда вокруг уже лежало много. Ответ заключается в том, что они, по-видимому, тренировались в создании таких орудий. Приобретая опыт, они могли бродить по равнинам, зная, что смогут сделать новое орудие, если старое сломается. Наши предки были вооружены и готовы перевооружиться.

Большинство видов животных можно разделить на тех, у кого узкая или широкая специализация. Но люди попадают сразу в обе категории: мы можем быстро приспособиться к местным требованиям и даже подготовиться к ним заранее, имея соответствующий опыт. Кроме того, благодаря кооперации и разделению труда, мы можем извлечь выгоду из взаимодополняющих

навыков и таким образом доминировать в самых разных местах обитания. Мы можем держать в наших зоопарках даже самых свирепых хищников, поскольку умеем предсказывать, что им нужно, что они могут и что не смогут сделать. До сих пор нет очевидных доказательств того, что другие виды способны к подобному мысленному путешествию во времени или обмену замыслами, чтобы спланировать побег из зоопарка следующим летом, когда условия будут наиболее подходящими.

Благодаря созданию сложных сценариев и готовности мыслить вместе наши предки в итоге породили цивилизации и технологии, изменившие облик Земли. Наука — это организованное использование нашего коллективного разума, и с ее помощью мы можем лучше понять наше место в природе. Мы можем использовать ее для все более точного моделирования будущего. Прогнозируя последствия своих действий, мы сталкиваемся с моральным выбором между разными вариантами. Мы можем прогнозировать последствия продолжающегося загрязнения или разрушения среды обитания животных, информировать об этом остальных и, как наглядно показывает Парижское соглашение по климату, координировать всеобщие усилия для достижения желаемых результатов.

Все это не повод для гордости. По сути, это призыв быть осторожными. На планете мы единственные существа с такими способностями. Как говорил дядя Бен своему племяннику супергерою Человеку-пауку, «с великой силой приходит великая ответственность».

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Таттерсолл И. Если бы у меня был молот // ВМН, № 11, 2014.
- The Gap: The Science of What Separates Us from Other Animals. Thomas Suddendorf. Basic Books, 2013.
- A Natural History of Human Thinking. Michael Tomasello. Harvard University Press, 2014.
- Flexible Planning in Ravens? Jonathan Redshaw, Alex H. Taylor and Thomas Suddendorf in Trends in Cognitive Sciences, Vol. 21, No. 11, pages 821–822; November 2017.
- Prospection and Natural Selection. T. Suddendorf, A. Bulley and B. Miloyan in Current Opinion in Behavioral Sciences, Vol. 24, pages 26–31; December 2018.



НАУКА
ТЕЛЕКАНАЛ



телеканал Наука

Взрывать мозг -
это наша профессия



vk.com/tv_nauka



facebook.com/nauka20



youtube.com/c/naukatv



naukatv.ru

СПРАШИВАЙТЕ У ОПЕРАТОРОВ ПЛАТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ



ПОЗНАНИЕ

12+



ЧАСТЬ I

Почему
мы?

ГОЛОВОЛОМКА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ: ПОПЫТКА РЕШЕНИЯ

**САМАЯ ТРУДНАЯ
ПРОБЛЕМА**

Сьюзен Блэкмор

М

ожет ли быть так, что среди всех живых существ нашей планеты только мы обладаем настоящим сознанием? Действительно ли лангусты и львы, жуки и летучие мыши суть бессознательные существа, механически взаимодействующие с действительностью без какого-либо намека на осмысленный опыт? Так утверждал Аристотель, полагая, что человек наделен разумной душой, а животные — только необходимыми для выживания инстинктами. Средневековое христианство, открывшее для себя «великую цепь бытия», считало животных бездушными созданиями и ставило человека над ними как обладающего душой, и выше человека были только ангелы и бог. Французский философ XVII в. Рене Декарт настаивал на том, что поведение животных обусловлено исключительно работой рефлексов. Но чем больше мы узнаем о биологии живых существ, тем отчетливее понимаем, что с животными нас связывают не только анатомия, физиология и генетика, но и устройство механизмов зрения, слуха, памяти и выражения эмоций. Так все-таки неужели только нам одним присуще это уникальное «нечто» — удивительный внутренний мир субъективных переживаний?

Это очень сложный вопрос. Мы привыкли воспринимать собственное сознание как нечто само собой разумеющееся, а ведь оно по сей день остается загадкой для исследователей. Трудно даже дать определение, что такое сознание, и не остается ничего другого, как вспомнить знаменитый вопрос философа Томаса Нагеля, сформулированный им в 1974 г: «Что значит быть летучей мышью?» Нагель выбрал летучих мышей, потому что их жизнь совершенно непохожа на нашу. Можно лишь пытаться представить себе, на что это похоже —

спать вниз головой или ориентироваться в пространстве с помощью эхолокации, однако возможно ли это прочувствовать? В этом вся соль: если нет ничего, что можно определить как «бытие» летучей мышью, тогда у летучей мыши нет сознания. Если же «в этом что-то есть» для летучей мыши, значит у нее есть сознание. Так что же там есть? И есть ли?

У нас много общего с летучими мышами: у нас тоже есть уши, и несложно представить себе, будто вместо рук у нас крылья. А теперь попытайтесь вообразить себя

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Многочисленные наблюдения за физиологией и поведением показывают, что механизмы реагирования на болезненные и приносящие удовольствие раздражители у человека и многих других животных практически не различаются.
- Несмотря на это, ученые продолжают спорить о том, есть ли у животных сознание и способны ли они переживать боль.
- Ученые также никак не могут прийти к единому мнению относительно того, когда появилось сознание и было ли оно обусловлено эволюцией.
- На самом деле, почти каждая сторона вопроса сознания вызывает жаркие научные споры. Некоторые специалисты утверждают, что сознание можно измерить. Другие считают, что сознание — всего лишь иллюзия.

осьминогом: ваши конечности — это восемь гибких, цепких, чувствительных щупалец, которые извиваются во все стороны и хватают зазевавшихся рыб; у вас нет скелета, и вы можете протискиваться в самые узкие щели; всего треть ваших нейронов находятся в главном мозге, а остальные распределены по нервным стволам ваших конечностей. Попробуйте вообразить: каково это — ощущать себя как целого осьминога или хотя бы только как его главный мозг, или как одно из его щупалец. Наука о сознании уже давно и без особого успеха пытается дать ответ на этот вопрос.

Еще хуже дело обстоит с так называемой трудной проблемой сознания. Как из объективной деятельности мозга получается субъективный опыт? Как из химических и электрических взаимодействий физических объектов — нейронов — возникают чувство боли, переживание насыщенного красного цвета, заходящего солнца, ощущение вкуса изысканного вина? В этом и заключается дуализм материи и сознания, вечный вопрос, как сознание возникает из материи — и возникает ли.

Поиски ответа на этот вопрос буквально раскололи научное сообщество пополам. Одна сторона — «команда В», получившая такое прозвище от философа Дэниела Деннета (Daniel C. Dennett) в жесточенном споре, — отчаянно бьется над «трудной проблемой сознания» и верит в возможность существования «философского зомби» — вымышленного существа, которое ничем не отличается от нас с вами кроме того, что не обладает сознанием. Если верить в зомби, нетрудно предположить, что животные, задействуя свои зрительные, слуховые, пищевые и брачные механизмы и навыки, делают все это в абсолютной «темноте» и не переживают никакого субъективного опыта. Если это действительно так, тогда сознание можно определить как некую особенную способность, развившуюся у человека то ли в ходе эволюции, то ли каким-либо иным путем, но в любом случае нам невероятно с ним повезло.



Что значит быть летучей мышью? Если есть такое ощущение, которое можно охарактеризовать как «бытие этим существом» (на фото — трехцветная ночница), значит такое существо имеет сознание.

Другая сторона — это «команда А», в которую входят ученые, отрицающие существование зомби и называющие «трудную проблему», по выражению философа Патриции Черчленд (Patricia Churchland), надумательством и попыткой намеренно затруднить понимание вопроса. По мнению этой группы ученых, сознание либо само по себе и есть активность физического тела и мозга, либо оно — неотъемлемая часть всего того, что есть общего между нами и животными. Следовательно, вопрос, как и откуда появилось «сознание как таковое и отдельное от всего» и в чем состоит его функция, не имеет смысла, потому что «сознание как таковое и отдельное от всего» не существует.

Ощущение боли

Почему это всех так занимает? Одна из причин — переживание осознания ощущения боли. Когда я случайно наступил на хвост своей кошке и она заверещала и выскочила из комнаты, я был уверен, что сделал ей больно. Однако не все так просто. Если на хвост кошке-роботу установить датчики давления с функцией звукового сигнала при нажатии, а потом наступить на этот хвост, кошка-робот закричит, но при этом мы точно будем знать, что ей не больно. Многие люди становятся вегетарианцами из-за жестокого обращения с животными на фермах, но можно ли утверждать, что все эти несчастные свиньи



ОБ АВТОРЕ

Сьюзен Блэкмор (Susan Blackmore) — психолог, приглашенный лектор в Плимутском университете, автор большого числа книг, самая известная из которых — «Машина мемов» (*The Meme Machine*, 2000).

и коровы на самом деле тоскуют о воле? Действительно ли бройлерные куры страдают в своих тесных клетках? Поведенческие эксперименты показали, что куры, которые очень любят копаться в мусоре, предпочтут клетку с мусором, если в нее будет легко забраться, но останутся равнодушны к такой клетке, если вход в нее будет загорожен плотным материалом. Тогда не все ли им равно? Лангусты издают ужасный крик, когда их живыми погружают в кипящий бульон, однако что если это всего лишь звук выходящего из-под их панциря воздуха?

Раненый, извлеченный из воды или лишенный клешни лобстер или краб вырабатывает гормоны стресса, похожие на кортизол и кортикостерон. Такая реакция служит физиологическим подтверждением того, что ему больно или неприятно. Еще более убедительным доказательством служит эксперимент с глубоководными креветками: если их поранить, они будут хромать и потирать раны, а если дать им человеческое обезболивающее, они немного успокоятся, прямо как мы с вами.

То же самое подтверждается в экспериментах с рыбами. Радужной форели в губы впрыснули уксусную кислоту. Рыба заметалась по аквариуму и начала тереться губами о стенки и о грунт. Когда ей дали морфий, рыба стала спокойнее. Данио-рерио предложили на выбор два аквариума: один с грунтом и растениями, другой пустой. Рыбки выбрали тот, что поинтереснее. Однако после того как им сделали укол кислоты, а обезболивающее поместили в пустой аквариум, рыбки поплыли туда, где было обезболивающее. Может, ощущение боли у рыбок не такое сложное либо в целом совсем не такое, как у нас, но эти эксперименты позволяют предположить, что рыбки все-таки чувствуют боль.

Несмотря на все эти наблюдения, некоторые ученые остаются непреклонными. Биолог из Австралии Брайан Кей (Brian Key) считает, что наблюдаемое поведение, похожее на состояние боли, — еще не повод верить, что рыба сознательно переживает какие-либо ощущения. В своей статье в общедоступном интернет-журнале «Что

чувствуют животные» (*Animal Sentience*) он пишет, что работа болевых раздражителей «не вызывает у рыбы никаких сознательных ощущений». По его утверждению, человеческое сознание функционирует посредством усиления и всесторонней интеграции сигналов, а у рыбы попросту нет нейронной архитектуры, которая послужила бы основой для сложных взаимодействий. Кей фактически отрицает любые поведенческие и физиологические доказательства, выведенные из анатомии живого существа, а это значит, что человек со своим внутренним миром уникален.

Такой разный мозг

Если эксперименты не помогают, вероятно, может помочь сравнение размеров мозга. Возможно ли, что сознание человека уникально, потому что у человека большой мозг? Британский фармаколог Сьюзен Гринфилд (Susan Greenfield) предполагает, что наличие сознания у живого существа прямо пропорционально размеру мозга. Получается, самым мощным сознанием, мощнее даже, чем у человека, обладают африканские слоны и бурые медведи, а доги и далматинцы более сознательны, чем пеканесы и шпицы? В это трудно поверить.

Куда более интересные выводы можно сделать, если сравнить организационные и функциональные характеристики мозга, которые, по мнению ряда ученых, выступают предпосылками для сознания. Почти у всех млекопитающих, а также у многих разных видов других животных, рыб, рептилий и насекомых, жизнь делится на сон и бодрствование либо подчиняется строгим циркадным ритмам активности и готовности к реагированию на раздражители. За эти состояния у млекопитающих отвечают особые зоны мозга, например нижняя часть мозгового ствола. Таким образом, можно предположить, что по крайней мере с точки зрения пребывания в состоянии бодрствования большинство животных имеют сознание. При этом сразу же возникает вопрос осознания, переживания соответствующего опыта: каково это — быть бодрствующим слизняком или активной ящерицей?

Ряд ученых, среди которых ныне покойный лауреат Нобелевской премии, нейробиолог и биофизик Фрэнсис Крик и современный британский нейробиолог Анил Сет (Anil Seth), утверждают, что человеческое сознание задействует широко разветвленные, высокоскоростные и низкоамплитудные взаимодействия между таламусом («сортировочной станцией», через которую в мозг поступает сенсорная информация) и корой (серым веществом на поверхности мозга). По мнению упомянутых исследователей, эти таламокортикальные контуры распределяют поступающую информацию по соответствующим зонам мозга, где она впоследствии и усваивается, и вот это и есть основа сознания. Если это действительно так, тогда наличие похожих структур у других живых существ должно свидетельствовать о наличии сознания. Однако есть много видов животных, у которых нет ни коры, ни таламокортикальных контуров, — например, те же лобстеры или креветки. Значит, необходимо искать более универсальные характеристики, а для этого нужна более конкретная теория сознания.

Согласно одной из наиболее распространенных теорий — теории глобального рабочего пространства (ГРП), предложенной американским нейробиологом Бернардом Баарсом (Bernard Baars), — человеческий мозг обрабатывает информацию в едином рабочем пространстве, которое функционирует как оперативная память. Информация, поступившая извне в это рабочее пространство, на ярко освещенную сцену театра сознания, передается оттуда в бессознательные области мозга. Сторонники этой теории утверждают, что именно этот процесс глобальной обработки и передачи информации и порождает сознание.

Но что же тогда делать с живыми существами, у которых нет мозга: морскими звездами, морскими ежами, медузами? Значит, у них абсолютно точно нет сознания? А как быть с животными, у которых мозг организован по другому принципу, нежели у человека: осьминогами и многими другими? Как мы уже убедились ранее, поведенческие эксперименты дают основания полагать, что сознание у них есть.

Автор другой теории сознания — математической теории интегрированной информации (ТИИ), нейробиолог Джулио Тонони (Giulio Tononi), вводит понятие Φ («фи») как количественную меру способности системы раскладывать поступающую информацию

на части и затем объединять их в единое целое. Различные вычисления с Φ позволяют предположить, что большой и сложный мозг, как у человека, имеет высокий показатель Φ , поскольку в таком мозге идет очень сложная, высокоорганизованная, задействующая все области мозга нейронная деятельность. Более просто устроенный мозг имеет более низкий показатель Φ , при этом допускаются любые организационные различия в устройстве мозга у разных видов животных. В отличие от теории глобального рабочего пространства теория интегрированной информации подразумевает, что сознание может существовать и в более простых формах, и у более просто организованных существ, а также у наделенных искусственным интеллектом машин с высоким показателем Φ .

Можно прийти к интересным выводам, если сравнивать не размеры мозга, а его организационные и функциональные характеристики, которые, по мнению ряда ученых, выступают предпосылками для сознания

И та и другая теории претендуют на право считаться единственно верной теорией сознания. Кажется, что они могут дать ответ на наш вопрос, однако как только речь заходит о сознании у животных, они вступают в абсолютное противоречие друг с другом.

Эволюция сознания

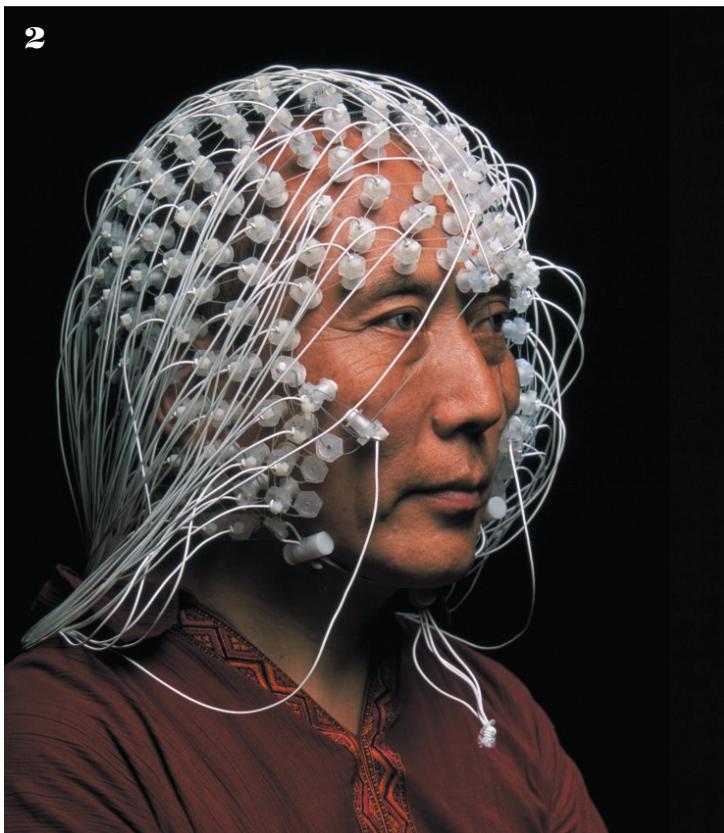
Противоречивые ответы дают не только две самые распространенные теории сознания, но и все наши поведенческие, физиологические и анатомические исследования. Так что же может помочь нам понять, как, почему и когда появилось сознание?

И снова мы у пропасти, разделяющей научное сообщество. «Команда В» считает, что у человека — существа, без сомнения, сознательного — сознание обязательно должно выполнять какую-то функцию: например, управлять поведением или защищать от хищников. При этом ее представители



затрудняются даже примерно назвать период, когда у человека появилось сознание: одни утверждают, что это произошло миллиарды лет назад, другие настаивают, что это случилось уже в исторический период.

Так, психиатр и невролог Тодд Файнберг (Todd Feinberg) и биолог Джон Моллэтт (Jon Mallatt) предлагают, впрочем, без убедительных доказательств, довольно туманную теорию сознания, согласно которой оно возникает из иерархически организованных и разрозненных нейронных структур и специфических видов мысленных об-



Осьминог (1) в мюнхенском зоопарке Хеллабрунн открывает банку с лакомством. У осьминога только треть нейронов находятся в центральном мозге, а остальные нейроны равномерно распределены по щупальцам. Если у осьминога есть сознание, в какой части его тела оно базируется?

На голове у буддийского монаха (2) установлены датчики, которые считывают процессы, протекающие в его мозге. Но как из этих процессов рождается его особое внутреннее состояние, по-прежнему остается загадкой.

разов, которые, по утверждению этих ученых, обнаруживаются в мозге животных, умерших от 560 до 520 млн лет назад. Бернард Баарс, автор теории ГРП, считает, что сознание возникло тогда, когда появился мозг млекопитающего типа (*тип мозга, характерный для класса млекопитающих. — Примеч. пер.*). Британский археолог Стивен Митен (Steven Mithen) говорит о культурном взрыве, случившемся 60 тыс. лет назад, когда, по мнению ученого, разные навыки, существовавшие по отдельности в мозге человека, объединились — и появилось сознание. Психолог Джулиан Джейнс (Julian Jaynes) поддерживает Митена, но утверждает, что эта интеграция мозга произошла намного позже. Не обнаружив слов, относящихся к концепту сознания, в «Илиаде» Гомера, он делает вывод, что древние греки, в отличие от нас с вами сегодня, не осознавали собственных мыслей и принимали их за голоса богов. Таким образом, Джейнс приходит к выводу, что люди научились субъективному восприятию всего 3 тыс. лет назад.

Можно ли верить этим теориям? «Команда А» утверждает, что они все ошибочны, потому что у сознания не может быть ни специальных функций, ни самостоятельного происхождения, поскольку оно имеет совершенно иную природу. «Элимитивные материалисты» Патриция и Пол Черчленды убеждены, что сознание есть не что иное, как возбуждение нейронов, и что в один прекрасный день мы естественным образом придем к этому точно так же, как пришли к тому, что свет — это

и есть электромагнитное излучение. ТИИ тоже отрицает самостоятельность сознания, поскольку любая система с достаточным высоким уровнем Φ не может не быть сознательной. Ни та ни другая теории тоже не помогают объяснить уникальную природу человеческого сознания. Однако есть еще кое-что.

Это широко известное и многими недопонятое предположение о том, что сознание — это иллюзия. Подобная точка зрения не ставит под сомнение существование субъективного восприятия, однако утверждает, что и сознание, и «я» человека — на самом деле не то, чем кажутся. Среди подобных теорий выделяется идея психолога Николаса Хамфри (Nicholas Humphrey) о том, что все происходящее у нас в голове — это «магическое театральное действо»: наш постоянно изменяющийся жизненный опыт служит мозгу канвой для создания вымышленной истории, которая убеждает нас в исключительной ценности нашего существования и тем самым служит задачам эволюции. Есть также теория «схемы внимания» нейробиолога Майкла Грациано (Michael Graziano), согласно которой мозг выстраивает упрощенные модели собственного состояния внимания. Если эту идею рассматривать через призму модели «я», получается, что мозг — и в принципе любая машина — способен приписывать себе сознательный опыт.

Наиболее известная иллюзионистская теория принадлежит Дэниелу Деннету и называется «теория многочисленных набросков». Деннет утверждает, что мозг — это суперсложная система, в которой одновременно протекает множество параллельных процессов обработки информации. Нет единой сцены, где сидит повелевающее миром «я», а есть многочисленные бесконечно видоизменяющиеся и переплетающиеся «черновики» мыслей и впечатлений, одновременно обрабатываемые мозгом. И ни один из этих процессов нельзя квалифицировать как сознательный или бессознательный до тех пор, пока это состояние системы не будет нарушено вмешательством, которое вызовет ответную реакцию. Только после этого можно говорить о том, что мысль или ощущение были сознательными. Следовательно, сознание — это свойство, определяемое постфактум. Отсюда, по мнению ученого, возникает меметика — теория мемов. (Мем — это единица информации (слово, история, способ решения задачи, традиция, стиль

поведения и т.п.), которая распространяется между индивидами во времени и пространстве.) Способность к подражанию позволяет человеку единственному среди живых существ перенимать, видоизменять мемы и производить их отбор, и благодаря этому появились язык и культура. В своей книге «Объясненное сознание» (*Consciousness Explained*) Деннет пишет, что «человеческое сознание само по себе — огромный мемокомплекс», а «я» — это всего лишь «великодушно предложенная носителю иллюзия».

Я называю эту иллюзию «себя», этот комплекс группирующихся вокруг «я» мемов «"я"-плексом» (*selfplex*). Эта иллюзия того, что человек есть могущественная «самость», обладающая сознанием и свободной волей, представляется не такой уж безобидной. Что если именно наша уникальная способность к языку, автобиографической памяти и ложное представление, что человек — это единое и неделимое «я», делают наше переживание боли таким особенным? Да, другие живые существа чувствуют боль, но только мы способны сделать еще хуже, вопрошая: «Сколько еще я должен терпеть? Будет ли еще хуже? Почему я? Почему сейчас?» В этом смысле наше состояние страдания беспрецедентно. Сторонникам иллюзионистского подхода, к каковым принадлежу и я, ответ на поставленный вопрос очевиден. Уникальность человеческого сознания заключается в том, что среди всех живых существ только человеку хватает ума для того, чтобы заниматься самообманом, воображая, будто существует сознательное «я». ■

Перевод: А.С. Григорьева

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Кох К. Что такое сознание? // ВМН, № 8–9, 2018.
- The Character of Consciousness. David J. Chalmers. Oxford University Press, 2010.
- Consciousness and the Brain: Deciphering How the Brain Codes Our Thoughts. Stanislas Dehaene. Viking, 2014.
- From Bacteria to Bach and Back: The Evolution of Minds. Daniel C. Dennett. W.W. Norton, 2017.
- Consciousness: An Introduction. Third edition. Susan Blackmore and Emily T. Troscianko. Routledge, 2018.



ЧАСТЬ I

Почему
мы?

ЧТО ДЕЛАЕТ ЯЗЫК ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ КОММУНИКАЦИИ

**ГОВОРЕНИЕ
ВО ВРЕМЕНИ**

Кристин Кеннили

Д

ельфины могут звать друг друга, при помощи щелчков и свиста рассказывать о своей жизни, об опасностях, исходящих от акул или людей. Мать может передать детенышу полезные «ноу-хау» — например, как ловить рыбу или спастись бегством. Если бы у них был язык (в том же смысле, в каком он есть у людей), они имели бы возможность не только обмениваться небольшими фрагментами информации, но и объединять их в обширную совокупность знаний о мире. Поколения сменяли бы поколения — и складывались бы комплексные практики и технологии, основанные на двух, трех или нескольких компонентах. У дельфинов была бы история, они могли бы узнавать об опыте и идеях других дельфинов, и любому индивиду был бы доступен языковой фрагмент, скажем, рассказ или стихотворение, авторства другого индивида, жившего сотни лет назад. При посредничестве языка этот дельфин был бы тронут мудростью другого дельфина, который в ином случае давно сгинул бы без следа.

Однако лишь люди способны совершить это захватывающее путешествие во времени — так же как только люди могут летать в космос или печь торты. У нас есть современные технологии, наука, культура и искусство, потому что у нас есть язык. И мы имеем возможность задаваться вопросом: почему язык уникален и присущ только человеку? Несмотря на огромное духовное наследство, которое мы получаем, начиная учиться говорить, мы пока еще не нашли достойного ответа на этот вопрос. Но группа ученых самых разных специальностей — лингвисты, генетики, исследователи человеческого мозга и поведения

животных — занялась им вплотную, и это значит, что мы стали намного ближе к настоящему пониманию, чем когда-либо прежде.

Вопрос без ответа

То, что наличие языка — уникальная человеческая особенность, предполагали уже давно. Но выяснение, почему дела обстоят именно так, было неким странным табу. В 1860-х гг. Парижское лингвистическое общество запретило дискуссии об эволюции языка, а Лондонское филологическое общество сделало то же самое в 1870-х гг. Возможно, таким образом пытались избежать

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Человеческой коммуникации присущи гораздо большие структурированность и сложность, чем жестам и звукам других животных.
- Однако ученым не удалось обнаружить физиологические, нейробиологические или генетические особенности, объясняющие уникальность человеческого языка.
- Представляется, что язык возник на основе целой совокупности способностей, и некоторые из них люди делят с другими животными.
- Сложность человеческого языка может быть обусловлена культурой, а именно повторяющейся передачей навыков речи из поколения в поколение.

псевдонаучных спекуляций, или же это был некий политический ход — в любом случае, ценой решения стала более чем столетняя нервность вокруг этой темы. Ноам Хомский, исключительно влиятельный лингвист из Массачусетского технологического института, на протяжении десятилетий демонстрировал подчеркнутую незаинтересованность языковой эволюцией, и его отношение возымело расхолаживающий эффект. В начале 1990-х гг., будучи старшей курсницей, я посещала лекции по лингвистике и спросила у лектора, как развивался язык. В ответ я услышала, что лингвисты не поднимают этот вопрос, потому что на него невозможно ответить.

К счастью, буквально несколько лет спустя представители разных научных дисциплин занялись проблемой вплотную. И в самом начале серьезных исследований в области эволюции языка обнаружился озадачивающий парадокс. Язык — феномен, явно и очевидно присущий только человеку. Он состоит из крайне сложных взаимосвязанных наборов правил, регламентирующих сочетания звуков, слов и предложений с конечной целью создания смыслов. Если бы у других животных существовала подобная знаковая система, мы скорее всего опознали бы ее как таковую. Проблема в том, что после достаточно длительного периода изысканий с применением широкого спектра методологических подходов мы не нашли ничего уникального в самих себе — ни в геноме, ни в мозге человека, — что могло бы объяснить наличие языка.

Нет, безусловно, мы выделили биологические особенности, которые свойственны только человеку и одновременно важны для языка. Например, люди — единственные приматы, имеющие сознательный контроль над гортанью. Это чревато для нас риском задохнуться, но это же позволяет нам артикулировать. Однако даже «оборудование», по всей видимости «разработанное» специально для нужд языка, не может полностью объяснить его невероятную сложность и неопределимую функциональность.

Чем дальше, тем больше начинает казаться, что парадокс кроется не в самом языке, а в том, как мы смотрим на него. Долгое время мы носились с идеей внезапной, взрывной трансформации, которая превратила простых обезьян в нас. Теория волшебной метаморфозы шла рука об руку с целым списком не менее радикальных



Алекс, знаменитый африканский серый попугай, мог распознать и назвать около 100 различных объектов, их цвет, текстуру и форму, а также выражать свои желания и намерения с помощью простых предложений, таких как «Хочу назад». Шимпанзе тоже можно научить пользоваться человеческим языком.

гипотез. Вот несколько примеров: язык — совершенно отдельный феномен, имеющий мало общего с другими видами психической деятельности; язык — эволюционная адаптация, которая кардинально изменила все; язык «зашифрован» в человеческой ДНК. Мы искали поворотное биологическое событие, которое около 50 тыс. лет назад привело к возникновению сложной языковой системы. Однако открытия генетики, когнитивистики и науки о мозге сегодня сошлись в другой точке. Похоже на то, что язык — не блестящая адаптация, он не закодирован в геноме человека и не представляет собой неизбежное следствие работы выдающегося человеческого мозга. Вместо этого язык вырастает из совокупности способностей, часть которых — очень древние и общие у людей с другими животными, и лишь несколько из которых — современного происхождения.



ОБ АВТОРЕ

Кристин Кеннилли (Christine Kenneally) — отмеченная наградами научная журналистка, автор двух книг, последняя из которых — «Невидимая история человечества» (*The Invisible History of the Human Race*, 2014).

Беседы с животными

Исследователи животных были первыми, кто бросил вызов определению языка как исключительно человеческого атрибута. Как указала специалист по сравнительной психологии Хайди Лин (Heidi Lyn), единственный способ, которым мы можем достоверно определить, чем именно и конкретно уникален человеческий язык, — это изучить способности других животных. Любопытно, что почти каждый раз, когда ученые выдвигают предположение, что люди обладают неким умением, недоступным для животных, поскольку у людей есть язык, дальнейшие изыскания показывают, что отдельные животные все-таки могут делать некоторые из этих вещей, по крайней мере иногда.

Возьмем, например, жесты. Некоторые из них индивидуальны, но многие — общие для определенного языкового сообщества, а часто даже для всех людей. Понятно, что язык развивался как часть коммуникативной системы, в которой жест также играет свою роль. Однако шимпанзе тоже используют жестикуляцию в целях выражения смыслов. Майкл Томаселло (Michael Tomasello) из Института эволюционной антропологии Общества Макса Планка в Лейпциге и его коллеги показали, что все высшие приматы ждут, пока другая особь обратит на них внимание, прежде чем жестикулировать, и повторяют жесты, на которые не получили удовлетворяющего их ответа. Шимпанзе, чтобы привлечь внимание, шлепают по земле или хлопают в ладоши, и точно так же, как воинственно настроенный человек может погрозить кулаком, они потрясают руками над головой (обычно перед нападением) в качестве предупреждения соперникам.

Тем не менее команда Томаселло обнаружила, что обезьяны с большим трудом понимают человеческие указывающие жесты, передающие информацию, например, о местоположении спрятанного предмета. Возможно, указание — или по крайней мере способность полностью его понимать — и есть поворотный момент в эволюции языка? Это заявление показалось абсурдным Лин, которая работала

с карликовыми шимпанзе (бонобо), живущими сейчас в научно-исследовательском центре «Инициатива по изучению и сохранению обезьян» (ACCI) в штате Айова. «Мои обезьяны всегда понимали, когда я указывала им на какие-либо предметы», — говорит она. Но когда она проводила эксперименты с шимпанзе в Национальном центре исследования приматов им. Роберта Йеркса при Университете Эмори, она была поражена тем, что тамошние обезьяны совершенно не понимали ее жесты. Тогда Лин вернулась к своим бонобо и повторила тесты. Все обезьяны прошли их успешно.

Исследовательница заключила, что разница между обезьянами, понимающими указательные жесты, и теми, которые их не понимают, не имеет ничего общего с биологией. Просто ее бонобо были обучены общаться с людьми, используя элементарные визуальные символы, а другие шимпанзе — нет.

То обстоятельство, что бонобо прошли обучение у людей, стало основанием для отрицания их способностей, как будто обезьяны были каким-то образом «испорчены». Языковые исследования, в которых участвовали попугаи, дельфины и другие животные, были признаны недействительными по той же причине. Однако Лин утверждает, что животные, наученные людьми, предоставляют ценные сведения. Если создания с иным мозгом и иным строением тела способны освоить некоторые коммуникативные навыки, схожие с человеческими, это обозначает, что язык неправомерно определять как нечто свойственное исключительно людям и изолированное от остального животного мира. Кроме того, несмотря на то что язык может быть связан с биологией, он не обязательно детерминирован ею. Так, в случае с бонобо решающее значение имела не биология, а культура.

Генетический код

Список черт, которые ранее считались не имеющей аналогов принадлежностью человеческого языка, достаточно обширен. Он включает элементы языка, такие как слова. Однако карликовые зеленые мартышки (верветки) используют похожие

на слова сигналы тревоги для того, чтобы сообщить об определенной разновидности опасности. Еще один ключевой аспект — структура. Поскольку мы располагаем синтаксисом, мы можем порождать бесконечное количество новых предложений и значений, а также понимать предложения, которые прежде никогда не слышали. Но песням зебровых амадин присуща сложная структура, дельфины способны осознавать различия в порядке слов, и даже некоторые дикие обезьяны, судя по всему, могут варьировать свои крики. Далее в списке следуют типы когнитивной деятельности, такие как моделирование психического состояния человека (*theory of mind*) — способность делать выводы о переживаниях другого. Однако дельфины и шимпанзе отлично угадывают, чего хочет собеседник. И даже якобы уникальное умение мыслить о числах мы делим с другими представителями живой природы: пчелы могут понять идею нуля, они же и макаки-резусы умеют считать до четырех, а большие бакланы, используемые как помощники при ловле рыбы в Китае, по сообщениям, считают до семи.

Список включает в себя и гены. Знаменитый *FOXP2*, некогда названный геном речи, — это действительно влияющий на язык ген (мутация в нем нарушает артикуляцию), но он играет и другие роли. Не существует простого способа выделить различные воздействия. Гены принципиальны для понимания того, как развивался язык, говорит Саймон Фишер (Simon Fisher), генетик из Института психолингвистики Общества Макса Планка в Неймегене, но «мы должны думать о том, что делают гены». Если описывать вероятно сложный процесс вкратце, то гены кодируют белки, которые затем влияют на клетки, которые могут быть клетками мозга, формирующими нейронные цепочки, которые отвечают за поведение. «Вполне возможно, что существует сеть генов, важных для синтаксиса или речепорождения, — объясняет Фишер, — но не может быть единственного гена, который волшебным образом кодирует целый набор способностей».

Список более не уникальных для человека черт содержит и механизмы работы мозга. Мы узнали, что нейронные цепи могут

использоваться в разных целях. Так, одно из недавних исследований показало, что некоторые цепочки, лежащие в основе изучения языка, могут также отвечать и за запоминание списков или приобретение сложных навыков, таких как вождение автомобиля. Вполне очевидно, что варианты этих нейронных цепочек у животных обслуживают решение сходных проблем — например, в случае крыс, ориентирование в лабиринте.

Майкл Арбиб (Michael Arbib), специалист по когнитивной нейробиологии из Калифорнийского университета в Сан-Диего, отмечает, что люди создали «материальный и духовный мир постоянно возрастающей сложности» — и тем не менее, рождается ли ребенок в мире паровых машин или в мире айфонов, он равно способен освоить окру-

Уникальное умение мыслить о числах мы делим с другими представителями живой природы: пчелы могут понять идею нуля, они же и макаки-резусы умеют считать до четырех, а большие бакланы, используемые как помощники при ловле рыбы в Китае, по сообщениям, считают до семи

жающую реальность без изменений в его биологии. «Насколько нам известно, — говорит Арбиб, — единственная разновидность мозга на Земле, которой такое доступно, — это мозг человека». Однако он подчеркивает, что мозг — лишь одна из составляющих сложной системы тела: «Если бы у дельфинов были руки, возможно, они бы изменили эту реальность».

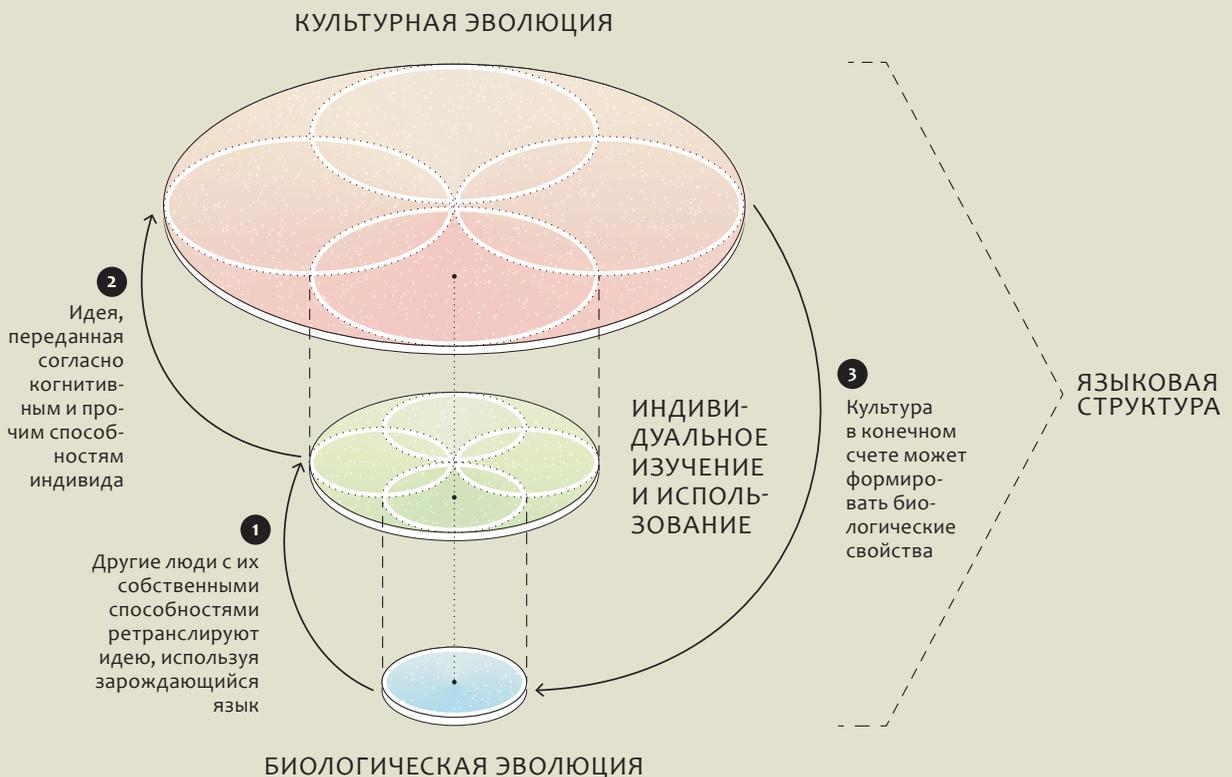
Осмысление человеческой реальности требует не просто одного мозга, но группы мозгов, взаимодействующих как часть социума. Арбиб называет такой подход *EvoDevoSocio*. Биологическая эволюция (*Evo*) влияет на развитие (*Devo*, от англ. *development*) и обучение индивидов, а индивидуальное обучение определяет развитие культуры; обучение, в свою очередь, может быть обусловлено культурой. Чтобы понять феномен языка, человеческий мозг необходимо рассматривать как часть этих систем. Эволюция языка была поликаузальной, говорит Арбиб, и все произошло не одновременно, но заняло очень много времени.

Эволюция языка

Языки имеют сложную структуру, которая делает возможным для их носителей угадать, что может обозначать словосочетание «синий жираф», даже если они никогда прежде не сталкивались с такой комбинацией слов. Масштабные исследования Саймона Кирби из Эдинбургского университета и других лингвистов показывают, что языковая структура развивается вследствие многократного использования слов для выражения смыслов на протяжении жизни многих поколений. В циклическом процессе, повторяющемся бесчисленное количество раз, говорящий,

или агент, передает некий концепт другим **1** посредством какого-либо набора слов, которым он на данный момент владеет. Способность передать идею зависит от когнитивных способностей, унаследованных от родителей. Получатели этой информации понимают ее настолько, насколько могут, и в свою очередь ретранслируют другим членам сообщества **2** вместе с принесенными ими модификациями. Эти изменения накапливаются в культуре от поколения к поколению. Тот, кто может лучше освоить формирующийся дискурс сообщества, как

предполагается, имеет больше шансов передать свои гены. Поэтому со временем накопленные культурные улучшения способны повлиять на биологические свойства **3**. Удивительно, но из этого хаоса в конце концов рождается порядок, когда говорящие, каждый из которых старается выучить язык так хорошо, как только возможно, сходятся на едином структурированном варианте языка, который одновременно и поддается изучению, и хорошо приспособлен для передачи информации. Итак, язык во всей своей сложности рождается из культуры.



Культурная революция

Культура играет важную роль и с точки зрения Саймона Кирби (Simon Kirby), специалиста по когнитивистике, возглавляющего Центр языковой эволюции при Эдинбургском университете. Кирби показала очень привлекательной идея, что язык — это не только нечто, передающееся из поколения в поколение учеников. Какое влияние может оказать повторяющийся акт обучения на сам язык?

Кирби решил провести эксперимент, изобретая совершенно новый метод изучения языкового развития. Вместо того чтобы наблюдать за животными или людьми, он создал цифровые модели говорящих,

назвав их «агенты», и предложил им беспорядочные, случайные языковые фрагменты. Обладающие искусственным интеллектом агенты должны были обучаться языку у других агентов, а потом учить языку следующих агентов. Затем Кирби сопоставил язык поколений учителей и учеников, чтобы узнать, как он изменился. Он сравнил эту задачу с игрой в испорченный телефон, когда сообщение передается от одного участника к другому, так что финальный текст часто разительно отличается от исходного.

Кирби обнаружил, что его цифровые агенты были склонны выдавать информацию в более структурированном виде, чем та, что была ими получена. Хотя

фрагменты текста, которые он предлагал им, были случайными, иногда, тоже по воле случая, некоторые сочетания оказывались более-менее упорядоченными. Агенты улавливали эту закономерность и старались организовать информацию согласно ей. «Если можно так выразиться, ученикам примерещилась структура в по-

Несмотря на то что проблематика языковой эволюции стала полноценной научной темой, исследователи пока не смогли дать однозначного объяснения возникновению и развитию языка. Язык — пожалуй, самая уникальная биологическая черта на всей нашей планете. Однако он гораздо более сложен, чем кто бы то ни было мог предполагать

лученных ими материалах», — комментирует Кирби. Увидев упорядоченность там, где ее не было, агенты затем выдавали более структурированный текст. Кирби отмечает, что, хотя изменения могли быть крайне незначительными, со сменой поколений наблюдался эффект снежного кома. Причем язык агентов со временем не просто становился все более и более организованным; самым захватывающим было то, что тип структуры, который оформлялся в этом процессе, выглядел как упрощенная версия того, что происходит в естественных человеческих языках. Впоследствии Кирби экспериментировал с целым набором различных моделей, предоставляя им самые разные данные, и пришел к выводу, что

«кумулятивное нарастание лингвистической структуры, похоже, происходит всегда, независимо от того, как именно построены модели». Это был своеобразный плавающий котел повторяющегося обучения, в котором создавался сам язык.

Теперь Кирби воспроизводит свои цифровые эксперименты в реальной жизни, с людьми и даже животными, предлагая им повторять то, что они выучили, — и вновь убеждается в том, что структура действительно нарабатывается таким способом. Одно из наиболее знаменательных следствий этого открытия заключается в том, как оно помогает понять, почему мы не можем объяснить язык одним-единственным геном, мутацией или нейронной цепочкой: язык — не в них. Похоже на то, что он возникает из комбинации биологических свойств, индивидуального обучения и передачи от одного индивида другому. Эти три системы работают на совершенно разных временных шкалах, но когда они пересекаются и сцепляются, происходит нечто экстраординарное: рождается язык.

Пусть за то короткое время, что прошло с момента, когда проблематика языковой эволюции наконец стала полноценной научной темой, исследователи еще не обрели святой Грааль — однозначное объяснение возникновения и развития языка. Однако их работа показывает, что, возможно, этот вопрос поставлен не совсем корректно. Язык — пожалуй, самая уникальная биологическая черта на всей нашей планете. Однако он гораздо более сложен, динамичен и неоднозначен, чем кто бы то ни было мог предполагать. ■

Перевод: М.А. Янушкевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Ибботсон П., Томаселло М. Язык в новом ключе // ВМН, № 3, 2017.
- The First Word: The Search for the Origins of Language. Christine Kenneally. Viking, 2007.
- How the Brain Got Language: The Mirror System Hypothesis. Michael A. Arbib. Oxford University Press, 2012.
- Culture and Biology in the Origins of Linguistic Structure. Simon Kirby in Psychonomic Bulletin & Review, Vol. 24, No. 1, pages 118–137; February 2017.
- The Question of Capacity: Why Enculturated and Trained Animals Have Much to Tell Us about the Evolution of Language. Heidi Lyn in Psychonomic Bulletin & Review, Vol. 24, No. 1, pages 85–90; February 2017.

РАЗЛИЧАЮТСЯ ЛИ НАШИ НЕРВНЫЕ СВЯЗИ?

В ПРОЦЕССЕ ЭВОЛЮЦИИ ЗНАЧИТЕЛЬНО
УВЕЛИЧИЛИСЬ ОБЛАСТИ МОЗГА, СВЯЗАННЫЕ
С РЕЧЬЮ И МЫШЛЕНИЕМ

Чет Шервуд

Человеческий мозг исключительно крупный. У современного человека он примерно в три раза больше, чем у наших древних предков и современных человекообразных родственников. У животных размер мозга хорошо коррелирует с размером тела. Но человеческий мозг сильно отклоняется от этого правила. Его средний вес — 1,5 кг, что составляет примерно 2% от веса тела. Но из-за высокого уровня электрической активности нейронов и потребности в топливе для передачи химических сигналов от одной нервной клетки к другой он потребляет 20% всей получаемой организмом энергии.

При детальном сравнении человеческого мозга с мозгом таких наших ближайших ныне живущих родственников, как шимпанзе, видно, что у нас особенно сильно увеличились те области коры больших полушарий, которые участвуют в высокоуровневых когнитивных процессах, таких как творчество и абстрактное мышление. Эти области, называемые ассоциативными зонами, созревают в процессе постнатального развития относительно поздно. Некоторые длинные нейронные связи, соединяющие ассоциативные зоны друг с другом или с мозжечком (который задействован в произвольных движениях и обучении новым навыкам), в мозге человека более многочисленны, чем в мозге других обезьян. Эти развитые у человека связи обеспечивают речь, изготовление орудий и подражание. Даже стриатум — древняя подкорковая система подкрепления, регулирующая содержание нейромедиатора дофамина, — по видимому, изменилась в процессе эволюции человека. Такие изменения, скорее всего, усиливают внимание к социальным сигналам и облегчают обучение языку.

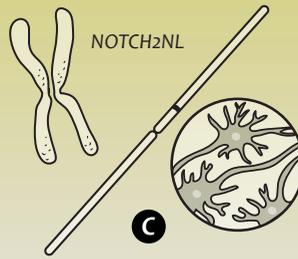
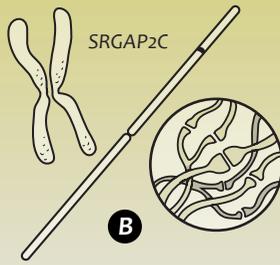
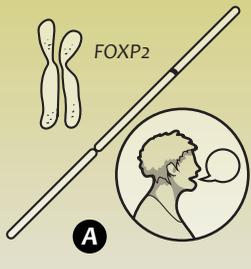
Откуда взялся наш большой мозг? Ископаемые останки свидетельствуют об общей тенденции увеличения объема черепной коробки на протяжении примерно последних 6 млн лет. Именно тогда мы отделились от нашего последнего общего предка с шимпанзе и бонобо. Ученые считают, что с размером нашего мозга связаны такие особенности человеческой биологии, как замедленный рост на всем протяжении детства, повышенная продолжительность жизни, участие отцов, бабушек и дедушек в воспитании потомства. Длительный рост мозга после рождения означает, что на мышление сильно влияют социальные и экологические факторы.

Исследования, выявляющие молекулярные и генетические изменения, произошедшие в процессе длительной эволюции мозга, предоставляют нам дополнительную информацию о наших отличиях от шимпанзе и других умных видов животных. Рассмотрим некоторые отличительные особенности человеческого мозга.



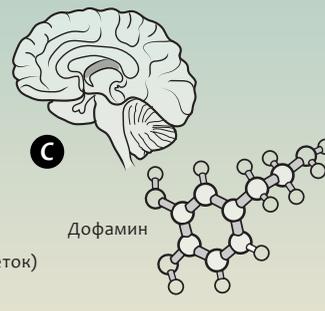
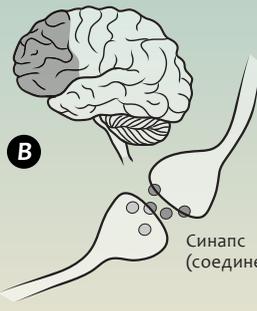
ОБ АВТОРЕ

Чет Шервуд (Chet Sherwood) — профессор антропологии в Университете Джорджа Вашингтона, занимается эволюцией мозга приматов и других млекопитающих.



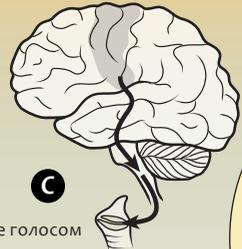
ГЕНЫ

Вариант гена FOXP2, найденный у людей, играет роль в освоении речи **A**. Ген SRGAP2C, возникший благодаря удвоению SRGAP2, встречается только у человека, он увеличивает плотность нейронных связей **B**. Человеческая версия гена NOTCH, известная как NOTCH2NL, представляет собой три копии гена и участвует в формировании нейронов **C**.



КЛЕТКИ

По сравнению с другими видами, у людей крупные нейроны фон Экономо, играющие важнейшую роль в социо-эмоциональных нервных цепях **A**. РНК, передающая клетке указание делать белки, у человека в синапсах префронтальной коры (серая область) более активна, чем у других приматов **B**. В стриатуме клетки вырабатывают больше нейромедиатора дофамина, который участвует в различных когнитивных процессах **C**.

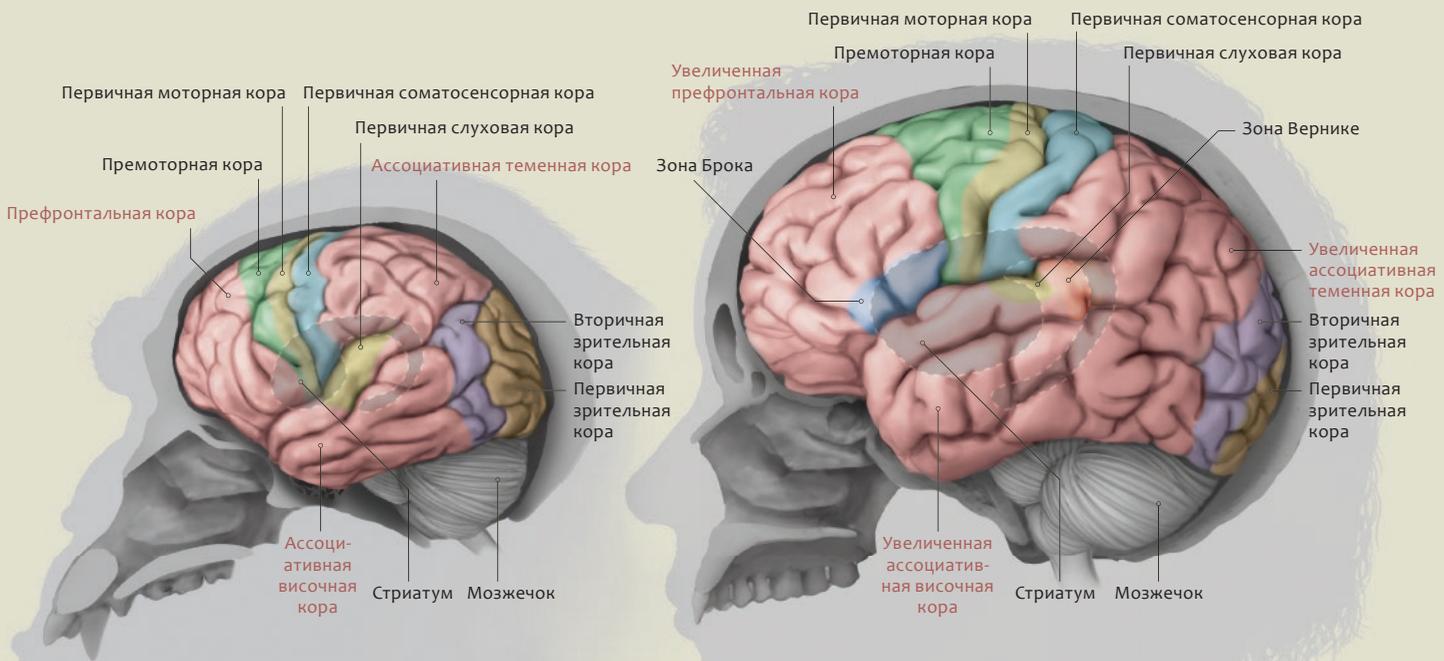


НЕРВНЫЕ СВЯЗИ

Система зеркальных нейронов, активирующаяся при наблюдении за действиями других людей, особенно сложно устроена у человека **A**. Расширенные связи между двумя областями — зонами Брока и Вернике — образуют систему, необходимую для обработки речевой информации **B**. Нервный путь, идущий от моторной коры в ствол мозга, управляет мышцами гортани, у шимпанзе и макака этих связей нет **C**.

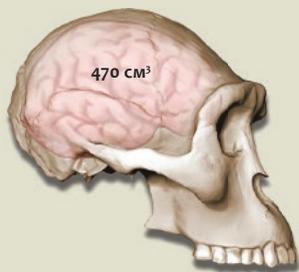
УВЕЛИЧЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ МОЗГА

У человека по сравнению с шимпанзе непропорционально сильно увеличивались области мозга, отвечающие за высшие когнитивные функции. Это касается префронтальной, ассоциативной височной и ассоциативной теменной коры.



МЫ ЗДЕСЬ БЛАГОДАря БОЛЬШОМУ МОЗГУ

Последний общий предок человека, шимпанзе и бонобо жил 6–8 млн лет назад. После того как эти две линии разделились, предки человека в процессе эволюции приобрели несколько адаптаций: хождение на двух ногах, изготовление каменных орудий и, главное, увеличение размера мозга — этот процесс со временем происходил все интенсивнее.



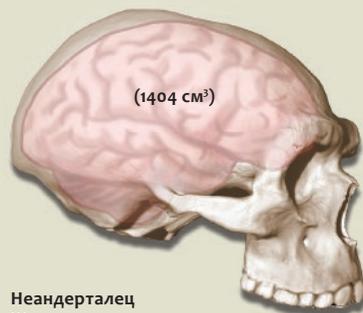
Австралопитек африканский (*Australopithecus africanus*)
Объединял в себе черты человека и других обезьян. Его объем мозга (470 см³) сопоставим с мозгом шимпанзе.

3,3–2,1 млн лет назад



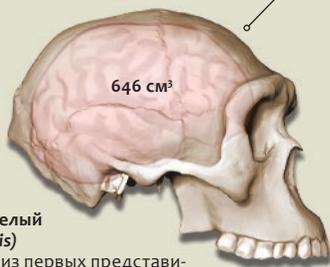
Человек прямоходящий (*Homo erectus*)
Отличался способностью к изготовлению орудий, делал рубила и расширял среду обитания, выходя из Африки.

1,9 млн — 143 тыс. лет назад



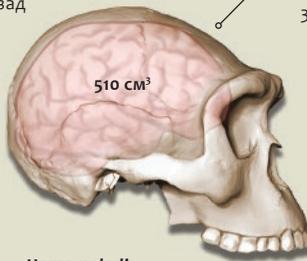
Неандерталец
Жил одновременно с нашим видом, был заядлым охотником, использовал орудия и огонь. Его объем мозга (1404 см³) сопоставим с нашим.

400–40 тыс. лет назад



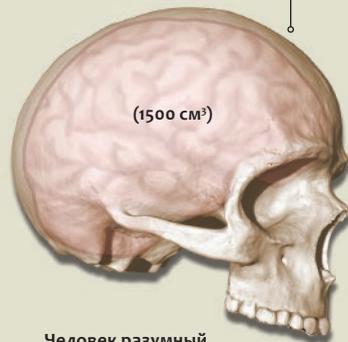
Человек умелый (*Homo habilis*)
Стал одним из первых представителей рода *Homo*. По сравнению с предками у него уменьшился лицевой отдел черепа и увеличилась лобная доля, связанные с речью.

2,1–1,6 млн лет назад



Homo naledi
Был одним из недавних представителей человеческой ветви, его пример показывает, что эволюция не всегда идет прямым путем. Его маленькая черепная коробка была объемом 510 см³.

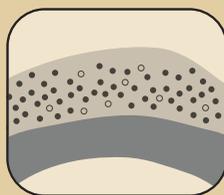
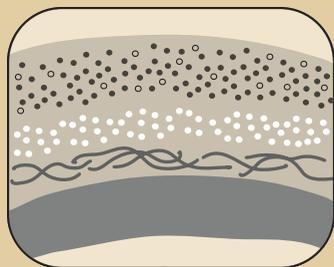
300 тыс. лет назад — по настоящее время



Человек разумный (*Homo sapiens*)
Появился около 300 тыс. лет назад. Наш мозг имеет шарообразную форму из-за округлости теменной области и мозжечка.

МИНИАТЮРНЫЕ МОЗГИ

Если поместить стволовые клетки в емкость в лаборатории и снабдить их питательными веществами, можно вырастить миниатюрный мозг. Эти так называемые мозговые органоиды сформированы корой человека или обезьяны (показан срез). Подобная замечательная методика позволяет сравнивать активность генов и развитие нервных связей в органоидах и в настоящих мозгах людей, нечеловекообразных обезьян и других видов животных, чтобы составить более четкое представление о причинах нашей уникальности.



КАК РАСТУТ НАШИ МОЗГИ

По сравнению с другими приматами у человеческих младенцев мозги недоразвиты, они интенсивно растут в первый год жизни, затем их рост постепенно замедляется, и в итоге объем мозга получается примерно в три раза больше, чем у шимпанзе.

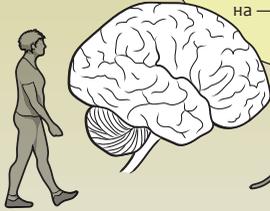
SOURCES: "Developmental Patterns of Chimpanzee Cerebral Tissues Provide Important Clues for Understanding the Remarkable Enlargement of the Human Brain," by T. Sakai et al., in *Proceedings of the Royal Society B*, Vol. 270; February 22, 2013 (brain area expansion); "Mammalian Brains Are Made of These: A Dataset of the Numbers and Densities of Neuronal and Nonneuronal Cells in the Brain of Glires, Primates, Scandentia, Eulipotyphlans, Afrotherians and Artiodactyls, and Their Relationship with Body Mass," by S. Herculano-Houzel et al., in *Brain, Behavior and Evolution*, Vol. 86, Nos. 3–4; December 2015 (human and macaque neuron numbers); "Dogs Have the Most Neurons, though Not the Largest Brain: Trade-Off between Body Mass and Number of Neurons in the Cerebral Cortex of Large Carnivorous Species," by D. Jardim-Messeder et al., in *Frontiers in Neuroanatomy*, Vol. 11, Article No. 118; December 2017 (cat neuron number); "Quantitative Relationships in Delphinid Neocortex," by H. S. Mortensen et al., in *Frontiers in Neuroanatomy*, Vol. 8, Article No. 132; November 2014 (pilot whale neuron number); "Cortical Cell and Neuron Density Estimates in One Chimpanzee Hemisphere," by C. E. Collins et al., in *PNAS*, Vol. 113, No. 3; January 19, 2016 (chimpanzee neuron number); "Human Evolutionary History," by E. K. Boyle and B. Wood, in *Evolution of Nervous Systems*. Second edition. Edited by J. H. Kaas. Academic Press, 2017 (hominin evolution); Smithsonian National Museum of Natural History <http://humanorigins.si.edu> (hominin species time line)

РАЗМЕРЫ МОЗГА И ТЕЛА

У людей мозг значительно больше по сравнению с тем, чего можно было бы ожидать для их массы тела. Индекс энцефализации (ИЭ) считается равным 1, если соотношение массы мозга и тела соответствует ожидаемому. У человека ИЭ составляет 7–8, у круглоголового кита — 2–3, у слона — 1–2, у макак — 2, у кошек — 1.



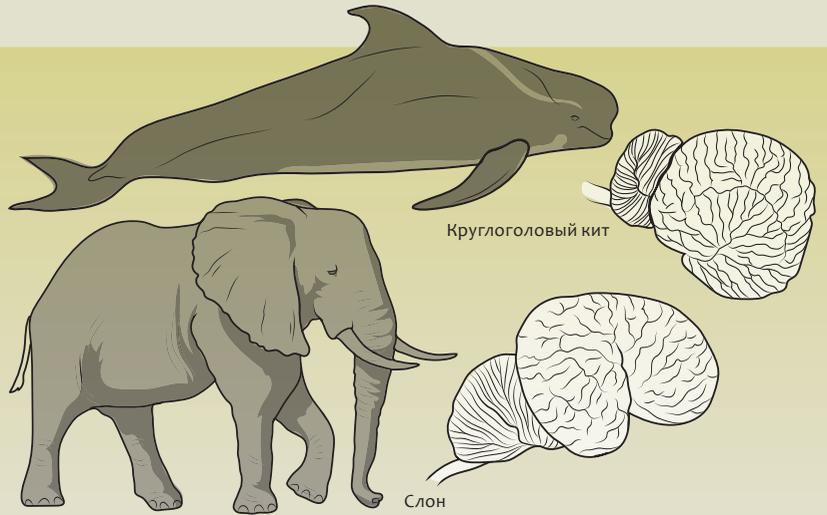
Кошка



Человек



Макака



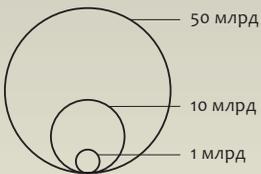
Круглоголовый кит

Слон

ЧИСЛО НЕЙРОНОВ

Важный способ оценки мощности мозга животного — количество и расположение нейронов. У людей в коре больших полушарий 16 млрд нейронов; это больше, чем почти у всех остальных млекопитающих, хотя у круглоголового кита их еще больше.

Площадь круга показывает количество нейронов



Слон

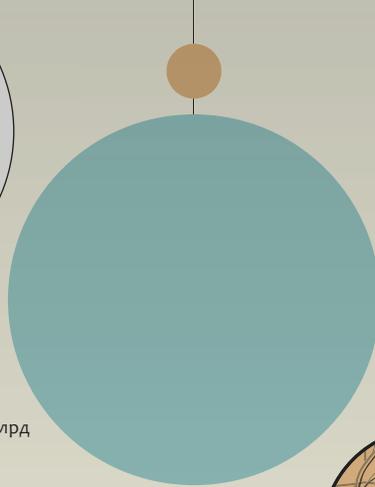
Круглоголовый кит

Человек

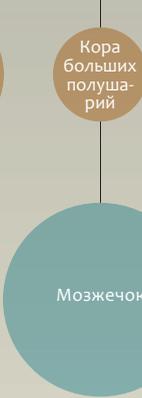
Шимпанзе

Макака

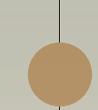
Кошка



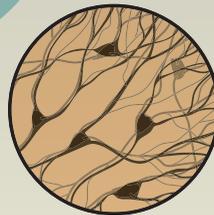
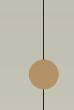
Число нейронов в мозжечке неизвестно



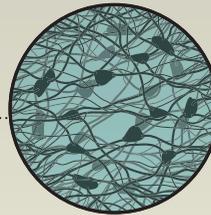
Мозжечок



Число нейронов в мозжечке неизвестно



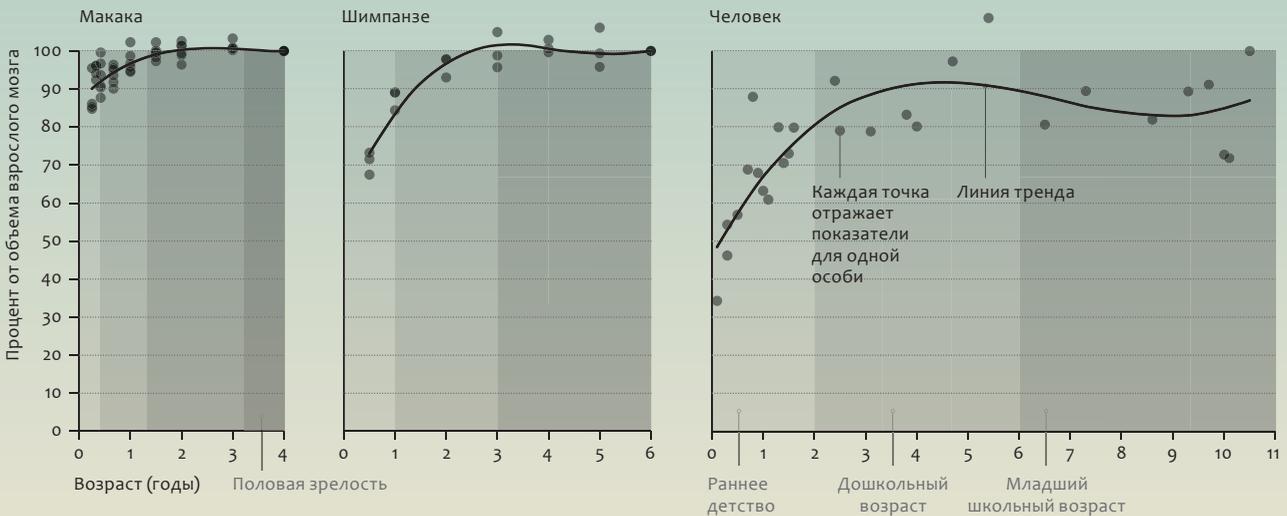
Кора больших полушарий



Мозжечок

ПЛОТНОСТЬ КЛЕТОК МОЗГА

У людей кора больших полушарий составляет 82% от массы всего мозга, но там содержится всего 19% от общего числа нейронов, тогда как в мозжечке — примерно 80% нейронов, хотя он составляет всего 10% от массы мозга.



ЧАСТЬ II

Мы
и они

ПОЧЕМУ ТОЛЬКО ОДИН НОМО *SAPIENS* ДОЖИЛ ДО СОВРЕМЕННОЙ ЭПОХИ?

ПОСЛЕДНИЙ ИЗ ГОМИНИНОВ

Кейт Вонг





а заре существования *Homo sapiens* наши предки оказались в мире, который нам показался бы сюрреалистическим. И дело не столько в том, что тогда были другой климат, другой уровень моря, другие растения и животные, в то время жили и другие виды людей. На самом деле, большую часть времени, что существует *H. sapiens*, на Земле обитало множество видов человека. В Африке, где зародился наш вид, странствовали *Homo heidelbergensis* с мозгом большого размера и *Homo naledi* с маленьким мозгом. В Азии обитали *Homo erectus*, а также таинственная группа людей, которых называли денисовцами, а позднее *Homo floresiensis* — крошечные существа с большими стопами, напоминающие хоббита. Коренастые, с нависшими густыми бровями, неандертальцы правили Европой и западной частью Азии. Вероятно, были и другие, пока не открытые виды.

По последним данным, приблизительно 40 тыс. лет назад *H. sapiens* остался в одиночестве — единственный представитель некогда исключительно разнообразной семьи двуногих приматов, известных как гоминины. (В этой статье оба термина, «человек» и «гоминин», относятся к *H. sapiens* и его вымершим родственникам.) Каким образом человек современного типа остался единственным видом людей?

До недавнего времени ученые предпочитали простое объяснение: *H. sapiens* более или менее «современного» анатомического вида появился относительно недавно в единственном регионе Африки и оттуда расселился по всему Старому Свету, вытесняя другие древние виды людей, с которыми он сталкивался на своем пути. При этом не происходило значимого межвидового объединения, только массовое замещение «старой гвардии» умными новичками, чье господство казалось неизбежным.

Однако специалистам пришлось пересмотреть этот сценарий под влиянием огромного количества информации, полученной при изучении археологических находок и окаменелостей, а также в ходе анализа ДНК. Похоже, *H. sapiens* появился намного раньше, чем полагали прежде, вероятно, не в одной, а в нескольких частях Африки, и некоторые из характерных для нашего вида признаков — в том числе особенности мозга — появились в ходе эволюции постепенно. Более того, стало совершенно ясно, что на самом деле *H. sapiens* скрещивался с другими видами человека, с которыми он сталкивался, и такое скрещивание могло стать важным фактором успеха нашего вида. Все полученные данные позволяют нарисовать гораздо более сложную, чем представляли многие исследователи, картину нашего происхождения, согласно которой успех нашего вида зависел не столько от судьбы, сколько от случая.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- До недавнего времени доминировала гипотеза происхождения человека, согласно которой вид *Homo sapiens* появился в одной области Африки и вытеснил архаичные виды человека в Старом Свете, не скрещиваясь с ними.
- Новые данные археологии, палеонтологии и генетики переписывают эту историю.
- Согласно самому последнему исследованию, *H. sapiens* появился в группах в разных частях Африки, а скрещивание с другими видами человека способствовало успеху нашего вида.

Теория под угрозой

Дискуссия о происхождении нашего вида традиционно была сосредоточена вокруг двух альтернативных моделей. Одна из них — гипотеза недавнего африканского происхождения, сторонниками которой были палеоантрополог Кристофер Стрингер (Christopher Stringer) и другие. В соответствии с этой гипотезой *H. sapiens* появился в восточной или южной части Африки 200 тыс. лет назад и благодаря врожденному превосходству последовательно вытеснил другие древние виды человека по всей планете. При этом число межвидовых скрещиваний было незначительным. Другую модель — мультирегиональной эволюции — разработали палеоантропологи Милфорд Волпофф (Milford Wolpoff), Синьчжи У (Xinzh Wu) и Алан Торн (Alan Thorne). Согласно данному предположению, человек современного типа произошел от неандертальцев и людей из популяций других древних видов Старого Света, между которыми образовывались связи за счет миграций и скрещивания. В соответствии с этой точкой зрения *H. sapiens* имеет гораздо более древние корни, уходящие в прошлое почти на 2 млн лет.

К началу 2000-х гг. накопилось множество свидетельств в пользу гипотезы недавнего африканского происхождения. Анализ ДНК ныне живущих людей показал, что наш вид возник не раньше, чем 200 тыс. лет назад. Самые древние известные останки, принадлежащие *H. sapiens*, были обнаружены на двух стоянках в Эфиопии, Омо и Херто, и их возраст оценивается соответственно примерно в 195 и 160 тыс. лет. Нуклеотидная последовательность митохондриальной ДНК (расположенного в виде крошечного кольца в «энергетических заводах» клетки генетического материала, который отличается от ДНК клеточного ядра), извлеченной из останков неандертальцев, отличается от последовательности нуклеотидов в митохондриальной ДНК сегодняшних людей — как раз, как и следовало ожидать, если *H. sapiens* вытеснил архаичные виды людей, не скрещиваясь с ними.

Тем не менее не все данные совпадают с этой аккуратной историей. Многие археологи полагают, что начало культурного периода в Африке, известного как средний каменный век, означает появление людей, которые начали рассуждать как мы. До этого технологического сдвига архаичные виды людей в Старом

Свете изготавливали каменные орудия почти одинаковых типов, свойственных ашельской культуре. Характерные орудия ашельской культуры — массивные ручные рубила, которые делали из крупных камней, откалывая от них фрагменты до тех пор, пока камни не принимали нужную форму. С началом среднего каменного века наши предки стали использовать новый подход к изготовлению орудий: вместо отбивания камня они сосредоточили внимание на небольших острых сколах, отделяемых от основы, — то есть перешли к более эффективному использованию сырьевого материала, для которого требуется сложное планирование. Люди начали соединять такие острые сколы с рукоятью, создавая копья и другое метательное оружие. Более того, некоторые люди, изготавливавшие орудия среднего каменного века, также создавали объекты, связанные с символическим поведением, в том числе бусы из ракушек и пигменты для рисования. Опора на символическое поведение, в том числе на языковую систему, рассматривается как один из отличительных признаков современного разума.

Проблема была в том, что средний каменный век в Африке начался 250 тыс. лет назад, задолго до периода, которым датировались первые известные останки *H. sapiens* (менее 200 тыс. лет назад). Может быть, средний каменный век был связан с другим видом человека? Или *H. sapiens* появился раньше, чем указывают ископаемые останки?

В 2010 г. обнаружилось еще одно несоответствие. Генетики объявили, что им удалось выделить и секвенировать ядерную ДНК из останков неандертальца. В ядерной ДНК находится основной объем нашего генетического материала. Сравнение ядерных ДНК неандертальцев и ныне живущих людей показало, что в ДНК современных людей, не имеющих африканских корней, присутствуют фрагменты генетического материала неандертальцев. Такие результаты свидетельствуют о том, что *H. sapiens* и неандертальцы все-таки скрещивались, по крайней мере время от времени.

Последующие исследования древнего генома подтвердили, что неандертальцы наряду с другими древними видами людей внесли вклад в генофонд человека современного типа. Кроме того, опровергая гипотезу о происхождении *H. sapiens* 200 тыс. лет назад, анализ древней ДНК показал, что расхождение между неандертальцами



ОБ АВТОРЕ

Кейт Вонг (Kate Wong) — старший редактор журнала *Scientific American*.

и *H. sapiens*, имевшими общего предка, произошло значительно раньше — возможно, свыше 500 тыс. лет назад. Если так, то *H. sapiens*, вероятно, появился намного раньше (и, следовательно, он более чем в два раза старше), чем указывала палеонтологическая летопись.

Древние корни

Последние находки в Джебель-Ирхуда (Марокко) помогли привести данные палеонтологии, культурологии и генетики в более стройную систему — и обеспечили поддержку новой точке зрения на происхождение нашего вида.

Когда горняки, добывавшие барит, в 1961 г. впервые обнаружили в Джебель-Ирхуда останки, антропологи решили, что кости принадлежат неандертальцам, а возраст останков составляет около 40 тыс. лет. Однако анализ находок, найденных при раскопках, продолжавшихся в течение многих лет, заставил исследователей пересмотреть такую оценку. В июне 2017 г. палеоантрополог Жан-Жак Юблен (Jean-Jacques Hublin) из Института эволюционной антропологии Общества Макса Планка в Лейпциге с коллегами объявили о том, что им удалось извлечь из этого археологического памятника новые останки, а также орудия среднего каменного века. Используя два метода датирования, ученые определили возраст останков — почти 315 тыс. лет. Обнаруженные исследователями находки — самые древние на сегодня следы *H. sapiens*, так же как и самые древние следы культуры среднего каменного века в Африке. Таким образом, возраст палеонтологических свидетельств существования нашего вида увеличивается больше чем на 100 тыс. лет и *H. sapiens* оказывается связан с первыми известными следами среднего каменного века Африки.

Не все согласны с тем, что костные останки из Джебель-Ирхуда принадлежат *H. sapiens*. Некоторые специалисты полагают, что ископаемые останки могут относиться к близкому родственнику человека современного типа. Тем не менее если Юблен с коллегами правы насчет принадлежности костей, то совокупность

признаков черепа, которая отличает *H. sapiens* от других видов человека, появилась при возникновении нашего вида не сразу, как предполагали сторонники гипотезы недавнего африканского происхождения. Например, древние люди из Джебель-Ирхуда напоминали современного человека тем, что обладали маленькими лицами. Однако мозговой отдел черепа удлиннен в передне-заднем направлении, что характерно для древних видов человека, в отличие от округлой формы черепа *H. sapiens*. Такие различия в форме черепа отражают особенности строения мозга: по сравнению с современным человеком у людей из Джебель-Ирхуда были меньшего размера теменные доли мозга, отвечающие за обработку входящей сенсорной информации, и менее крупный мозжечок, который, помимо других функций, вовлечен в процессы формирования речи и социального познания.

Археологические материалы Джебель-Ирхуда также характеризуются неполным набором признаков среднего каменного века. В этой местности люди изготавливали каменные орудия для охоты и разделывания туш газелей, бродивших по лугам, раскидывавшимся когда-то ковром в ныне пустынном ландшафте. Сохранились остатки кострищ, то есть люди разводили огонь, вероятно, чтобы готовить пищу и защищаться от ночного холода. Но не осталось никаких следов символического значения.

Оказывается, в целом люди из Джебель-Ирхуда не отличались каким-то особым, более сложным поведением по сравнению с неандертальцами или *H. heidelbergensis*. Если бы можно было отправиться в то время, когда появился наш вид, вы не обязательно выбрали бы его в качестве победителя в эволюционной «лотерее». Хотя первые *H. sapiens* обладали определенными новыми чертами, «300 тыс. лет назад не произошло каких-то серьезных изменений, которые бы означали, что им суждено быть успешными», — отмечает археолог Майкл Петралья (Michael Petraglia) из Института истории человечества Общества Макса Планка в Йене. — Похоже, на заре существования *H. sapiens* ни один из видов не обладал преимуществом».

Сады Эдема

Полный комплекс признаков *H. sapiens*, как считают многие ученые, сформировался только приблизительно 100–40 тыс. лет назад. Так что же произошло в том временном промежутке в 200 тыс. лет или больше, что превратило наш вид из заурядного представителя гомининов в завоевавшую мир силу природы? Ученые все чаще рассматривают возможность того, что основную роль в такой трансформации могли сыграть структура и размер популяции первых *H. sapiens*. В статье, опубликованной в июльском номере онлайн-журнала *Trends in Ecology & Evolution*, археолог Элинор Шерри (Eleanor Scerri) из Оксфордского университета с большой междисциплинарной группой соавторов, в которую также вошел Кристофер Стрингер, приводят убедительные доводы в пользу модели эволюции *H. sapiens*, названной авторами гипотезой африканского мультирегионализма. Ученые отмечают, что самые первые предполагаемые представители нашего вида, останки которых были найдены в Джебель-Ирхуде в Марокко, в Херто и Омо (формация Кибиш) в Эфиопии, а также частичный череп из Флорисбада в ЮАР, намного больше отличаются друг от друга, чем ныне живущие люди. Настолько, что некоторые исследователи считают, что эти останки принадлежат разным видам или подвидам. «Но, может быть, сначала вид *H. sapiens* характеризовался исключительным многообразием», — предполагает Шерри. Она считает, что поиск единственного центра происхождения нашего вида, которым занимались многие исследователи, может быть охотой за призраком.

Когда Шерри с коллегами изучили последние палеонтологические и археологические данные, а также результаты анализа ДНК, история происхождения нашего вида стала выглядеть по-иному: появление *H. sapiens* было скорее общеафриканским феноменом, нежели единственным событием. Ученые предполагают, что эволюция нашего вида проходила не в маленькой популяции в конкретном регионе Африки; наоборот, *H. sapiens* появился в крупной популяции, разделенной на более мелкие группы, расселенные по всему Африканскому континенту, которые часто по несколько тысячелетий были частично изолированы друг от друга расстоянием и экологическими барьерами, такими как пустыня. Подобные «вспышки уединения» позволили

каждой группе сформировать особые биологические и технологические адаптации к собственной экологической нише, будь то аридные лесные массивы или саванна, тропические дождевые леса или морское побережье. Тем не менее иногда группы вступали в контакт друг с другом, и тогда происходил обмен генетическим материалом, а также культурный обмен — процессы, которые обеспечивали эволюцию нашего вида.

Изменения климата могли способствовать фрагментации и воссоединению субпопуляций. Например, палеоклиматические данные показали, что примерно каждые 100 тыс. лет в Африке наступает влажный период, во время которого пустыня Сахара превращается в местность, покрытую буйной растительностью и озерами. При наступлении периода «зеленой Сахары» ранее изолированные пустыней популяции могли объединяться, а когда Сахара опять высыхала, популяции снова попадали в изоляцию и в течение периода до следующего возрождения пустыни становились объектами собственных эволюционных экспериментов.

Элинор Шерри с соавторами считают, что такая модель популяции, разделенной на группы, каждая из которых адаптирована к собственной экологической нише, — даже если связь между группами сохранялась благодаря случайным миграциям, — объяснила бы не только мозаичное развитие характерных морфологических признаков *H. sapiens*, но и неоднородный характер материальной культуры среднего каменного века. В отличие от орудий ашельского периода, которые выглядят почти одинаково в любой части Старого Света, среди орудий среднего каменного века наблюдаются существенные региональные различия. Например, на стоянках древнего человека в северной части Африки, возраст которых составляет 130–60 тыс. лет, обнаруживают виды орудий (в том числе каменный инвентарь с различимыми для крепления рукояток), которых нет на относящихся к тому же временному отрезку стоянках на юге Африки. На юге Африки находят орудия в виде тонких листообразных пластин, сделанных из камня, который нагревали, чтобы он легче разрушался, а на севере Африки такой инвентарь в археологических находках не фигурирует. Сложная технология и использование символов

со временем все чаще встречаются на всем континенте, но каждая группа действовала по-своему, формируя свою культуру в соответствии с обычаями и занимаемой экологической нишей.

Тем не менее *H. sapiens* — не единственный из гомининов, у кого в ходе эволюции появились большой мозг и сложное поведение. Юблен отмечает, что найденные в Китае останки человека, датируемые периодом между 300 тыс. и 50 тыс. лет назад и, как предполагает ученый, принадлежащие денисовскому человеку, демонстрируют постепенное увеличение размера мозга. Неандертальцы за время своего долгого «правления» изобрели сложные орудия и собственные формы символического выражения и социальных связей. Однако эти формы поведения, по-видимому, не достигли такого уровня развития и не стали не-

На самом деле, мы должны быть вечно благодарны нашим вымершим родственникам за их вклад в наш успех

отъемлемой частью их образа жизни, как в конце концов это произошло с нашим видом, считает антрополог Джон Шей (John Shea) из Университета Стони-Брук. Шей полагает, что именно продвинутое языковые навыки позволили *H. sapiens* доминировать.

«Эволюция всех этих групп шла в одном направлении, — говорит Жан-Жак Юблен. — Однако в части когнитивных способностей, сложности социальной организации и репродуктивного успеха наш вид пересек порог раньше других». И когда это случилось — около 50 тыс. лет назад, по оценкам Юблена, — как образно выразился ученый, «кипящее молоко вырвалось из кастрюли». Пройдя путь становления в Африке, *H. sapiens* теперь мог освоиться и процветать практически в любых условиях на планете. Этот процесс было не остановить.

Близкие контакты

Сотни тысяч лет разделения и воссоединения с членами нашего собственного вида могли дать *H. sapiens* преимущество над другими представителями человеческого рода. Но это был не единственный фактор в нашем восхождении к мировому

доминированию. На самом деле, мы должны быть вечно благодарны нашим вымершим родственникам за их вклад в наш успех. Древние виды человека, с которыми встречался *H. sapiens* во время миграций в Африке и за ее пределами, были не только соперниками, но и брачными партнерами. Доказательство тому находится в ДНК ныне живущих людей: на ДНК неандертальцев приходится около 2% генома жителей Евразии; геном меланезийцев почти на 5% состоит из ДНК денисовцев. Недавнее исследование Аруна Дурвасулы (Arun Durvasula) и Шрирама Санкарарамана (Sriram Sankararaman) из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (результаты опубликованы в марте на сервере *bioRxiv*), показало, что почти 8% генетического материала западноафриканского народа йоруба происходит от неизвестного древнего вида. (Ученым еще предстоит извлечь ДНК из африканских останков древних людей для проведения сравнительного анализа.)

Обладание некоторыми генами, унаследованными *H. sapiens* от древних видов гомининов, вероятно, помогало нашему виду адаптироваться к совершенно новым условиям среды при расселении по планете. Когда генетик Джошуа Эйки (Joshua Akey) из Принстонского университета и его коллеги изучали нуклеотидные последовательности, доставшиеся современным людям от неандертальцев, то обнаружили, что 15 из них встречаются с высокой частотой, что указывает на их преимущественное значение. Такие часто встречаемые последовательности нуклеотидов можно разделить на две группы. Одна группа последовательностей (примерно около половины от общего числа) связана с иммунитетом. «Когда люди современного типа расселялись в новой среде обитания, они встречались с новыми патогенными бактериями и вирусами, — говорит Эйки, — и адаптации, унаследованные от неандертальцев, помогали эффективнее бороться с такими патогенами».

Другая группа обнаруженных у современных людей и характерных для неандертальцев нуклеотидных последовательностей, встречающихся с высокой частотой, включает гены, ответственные за степень пигментации кожи. Вышедшие из Африки *H. sapiens* имели темный цвет кожи, который защищал их от повреждающего воздействия ультрафиолетового излучения Солнца. Ранее ученые теоретически

предсказали: для того чтобы при расселении в северных широтах организм получал достаточное количество витамина D (большая часть которого не поступает извне, а синтезируется в организме под воздействием солнечного света), в ходе эволюции кожа у представителей нашего вида должна была стать более светлой. Возможно, в этом нашим предкам помогли именно гены неандертальцев, отвечающие за цвет кожи.

Неандертальцы — не единственный древний вид человека, от которого нам достались «полезные» гены. Например, от денисовцев современные жители Тибетского нагорья получили вариант гена, который помогает им справиться с пониженным содержанием кислорода на больших высотах. Современное население Африки унаследовало от неизвестного древнего предка аллель гена, который помогает обеспечить защиту полости рта от вредных бактерий.

Скрещивание с древними людьми, у которых для развития адаптаций к местным условиям среды в запасе были миллионы лет, вероятно, давало *H. sapiens*, оккупировавшему эти территории, возможность быстрее приспособиться к новым условиям, а не ждать, пока благоприятные мутации появятся в его генофонде. Однако не все так оптимистично. Некоторые гены, унаследованные нами от неандертальцев, связаны с развитием депрессии и других недугов. По-видимому, в прошлом эти гены давали преимущество и только при современном образе жизни начали вызывать проблемы. А возможно, как предполагает Джошуа Эйки, риск развития подобных заболеваний — это приемлемая плата за выгоду, которую приносило обладание такими генами.

Древние люди дали нашему виду не только ДНК. Исследователи считают, что контакт между непохожими друг на друга группами людей, вероятно, приводил к культурному обмену и мог даже стимулировать процессы изменений. Например, появление *H. sapiens* в Западной Европе, где к тому времени давно жили неандертальцы, совпало с нетипичной «вспышкой» изобретательности в сфере технологий и художественного творчества в обеих группах. Раньше некоторые специалисты предполагали, что неандертальцы просто подражали изобретательным переселенцам. Однако, возможно, это было взаимодействие между двумя группами, которое привело к расцвету культуры с обеих сторон.

В известном смысле сам факт, что *H. sapiens* скрещивался с другими представителями человеческого рода, не должен удивлять. «На примере многих животных мы знаем, что гибридизация играет важную роль в эволюции, — отмечает Ребекка Роджерс-Акерманн (Rebecca Rogers Ackermann) из Кейптаунского университета в ЮАР. — В некоторых случаях появляются другие популяции или даже новые виды, которые благодаря новым признакам или их сочетанию лучше адаптированы к иным или меняющимся условиям среды обитания по сравнению с родительскими видами». Такая же картина наблюдается и у предков человека: комбинация разных линий привела к возникновению современного легко приспосабливающегося, изменчивого вида. «*Homo sapiens* — продукт сложного переплетения родословных, — утверждает Ребекка, — и расцвет нашего вида связан с изменчивостью, появившейся именно в результате этого взаимодействия. Иначе мы просто не добились бы такого успеха».

Как часто происходило такое смешение и в какой степени оно могло повлиять на ход эволюции *H. sapiens* и других гомининов, еще предстоит выяснить. Тем не менее определенные климатические и демографические условия, в которых оказался наш вид в Африке и за ее пределами, быть может, обеспечили больше возможностей для обмена генетическим материалом и элементами культуры с другими группами по сравнению с остальными гомининами. Нашему виду повезло, но это не делает его менее восхитительным. ■

Перевод: С.М. Левензон

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Хаммер М. Гибриды человека // ВМН, № 7–8, 2013.
- The Hybrid Origin of “Modern” Humans. Rebecca Rogers Ackermann et al. in *Evolutionary Biology*, Vol. 43, No. 1, pages 1–11; March 2016.
- Did Our Species Evolve in Subdivided Populations across Africa, and Why Does It Matter? Eleanor M.L. Scerri et al. in *Trends in Ecology & Evolution*. Опубликовано онлайн 11.07.2018.

ЧАСТЬ II

Мы
и они

КАК МЫ НАУЧИЛИСЬ ВВЕРЯТЬ СВОЮ СУДЬБУ ДРУГ ДРУГУ

**ИСТОКИ
МОРАЛИ**

Майкл Томаселло





Если эволюция благоволит выживанию наиболее приспособленных, как люди вообще стали нравственными существами? Если в процессе эволюции каждый индивидуум стремится максимально увеличить собственную приспособленность, то как люди пришли к заключению, что они действительно должны помогать другим и быть справедливыми по отношению к ним?

Традиционно существовало два ответа на эти вопросы. Во-первых, есть смысл в том, чтобы индивиды помогали своим родичам, с которыми они разделяют общие гены. Это называется совокупной приспособленностью. Во-вторых, могут возникнуть ситуации, где действует принцип взаимности: я почешу спинку тебе, ты мне, и мы оба в конце концов извлечем выгоду.

Однако суть морали — не только в том, чтобы быть внимательным к своим родственникам, подобно тому как пчелы и муравьи взаимодействуют в процессах совокупной приспособленности. А принцип взаимности — это сомнительное предположение, потому что в любой момент один индивид может извлечь выгоду и отправиться восвояси, оставив другого в беде. Более того, ни одно из этих традиционных объяснений не затрагивает явление, в котором, несомненно, заключается сущность человеческой морали, — чувство долга, которое испытывают люди по отношению друг к другу.

Недавно на передний план вышел новый подход к рассмотрению проблемы морали. Ключевой момент — это признание того факта, что индивиды, живущие в социальной группе, где выживание и благополучие каждого члена группы зависят

от остальных, руководствуются особой логикой. Логика взаимозависимости, как мы можем ее назвать, заключается в том, что если я завишу от вас, тогда в моих интересах помогать обеспечивать ваше благополучие. Более обобщенно: если все мы зависим друг от друга, тогда мы все должны друг о друге заботиться.

Как возникла подобная ситуация? Ответ кроется в особенных условиях, заставивших людей перейти к более тесному взаимодействию, особенно при добывании пищи и других основных ресурсов.

Роль сотрудничества

Наши ближайшие ныне живущие родственники — шимпанзе и бонобо — занимаются поиском фруктов и растений маленькими группами, но когда пища обнаружена, каждая особь карабкается за едой поодиночке. Если возникает какой-то конфликт, то его разрешают исходя из принципа доминирования: побеждает лучший боец. Ближе всего к сотрудничеству при добывании пищи находится ситуация, когда несколько самцов-шимпанзе окружают и ловят небольшую обезьяну другого вида. Но такая охота больше напоминает поведение львов и волков, чем форму сотрудничества при добыче продовольствия,

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Семена человеческой морали были посеяны примерно 400 тыс. лет назад, когда индивиды начали сотрудничать во время охоты и занятий собирательством.
- В рамках кооперативного взаимодействия культивировались уважение и справедливое отношение к другим членам группы.
- Позже рост численности населения привел к укреплению чувства групповой идентичности, которое, в свою очередь, способствовало развитию системы культурных традиций и социальных норм.

характерную для людей. Каждый самец шимпанзе увеличивает собственные шансы на успех, пытаясь заблокировать один из возможных путей для бегства обезьяны-жертвы. Тот шимпанзе, который поймал жертву, попытается один съесть всю добычу, но обычно ему это не удается. Особи со всей округи собираются вокруг убитой жертвы и пытаются ухватить кусочек. Пойманному жертву самцу ничего не остается, как позволить другим шимпанзе так себя вести, иначе ему придется с ними драться и, вероятнее всего, во время схватки потерять добычу. Таким образом, в этом случае наблюдается что-то вроде совместного разделения пищи.

Люди в течение долгого времени поступали по-другому.

Примерно 2 млн лет назад появился род *Homo* с более крупным мозгом и новыми навыками изготовления каменных орудий. Однако вскоре глобальное похолодание и засуха привели к распространению ведущих наземный образ жизни обезьян, которые конкурировали с *Homo* за разные ресурсы.

Первобытным людям требовались новые способы добычи пищи. Один из них — питание останками туш животных, убитых другими хищниками. Однако потом, по данным антрополога Мэри Стайнер (Mary C. Stiner) из Аризонского университета, некоторые первые представители человеческого рода (скорее всего, это был *Homo heidelbergensis* 400 тыс. лет назад) начали добывать пищу, активно сотрудничая друг с другом. Индивиды вырабатывали общие цели, чтобы действовать вместе во время охоты и сбора пищи. Конечно, такая кооперация имела обязательный (принудительный) характер, поскольку она была необходима для выживания. Чтобы обеспечить ежедневные потребности в пище, индивиды сразу же стали непосредственно зависеть друг от друга.

Неотъемлемая часть принудительного сотрудничества в процессе добывания пищи — выбор напарника. Тех, кто не обладал достаточно развитыми когнитивными или другими навыками для партнерства, — неспособных вырабатывать совместные цели или эффективно общаться с другими — в напарники не выбирали, поэтому они оставались без еды. Точно так же старались избегать тех индивидов, которые, с точки зрения социума и морали, не желали сотрудничать, например тех, кто пытался прибрать к рукам всю добычу. Такие

люди тоже были обречены. Вывод: начал активно действовать строгий положительный социальный отбор умелых и целеустремленных индивидов, которые успешно взаимодействовали с другими.

Главным фактором в эволюции морали стало то, что первобытные люди, в отношении которых действовал социальный отбор посредством выбора партнера для совместной добычи пищи, начали по-иному относиться к сородичам. Прежде всего, они обладали сильной мотивацией к совместным действиям для достижения общих целей, а также к проявлению сочувствия и оказанию помощи нынешним и будущим партнерам. Если успех в добывании пищи зависел от соплеменников, тогда подобная помощь в случае необходимости имела эволюционный смысл: необходимо быть уверенным в том, что партнеры для будущих вылазок находятся в хорошей форме. Кроме того, собственное выживание индивида зависело от того, рассматривают ли его другие соплеменники в качестве компетентного компаньона, обладающего мотивацией. Таким образом, люди стали беспокоиться о том, как их оценивают другие. Как показали эксперименты в нашей лаборатории, даже маленьких детей волнует, какую оценку им дают другие люди, тогда как шимпанзе этот вопрос не беспокоит.

В связи с отсутствием исторических данных и, во многих случаях, свидетельств даже в виде ископаемых останков и артефактов, наша лаборатория в Лейпциге и другие исследователи занимаются изучением происхождения человеческого мышления и морали, сравнивая поведение наших близких родственников среди приматов и поведение маленьких детей, которым еще только предстоит ассимилировать культурные нормы.

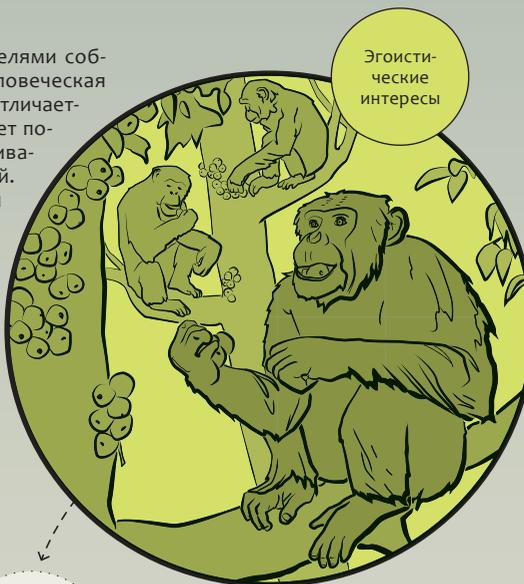
На основе этих исследований мы предположили, что первобытные люди, занятые совместной добычей пищи, обнаружили новое обоснование для объединения усилий, которое заставило их относиться к другим как к равноправным партнерам: не просто с сочувствием, но и справедливо (с чувством, основанным на осознании, что индивид и другие люди равноценны друг другу). Партнеры поняли, что в процессе сотрудничества они могут взять на себя любую роль и что им обоим требуется действовать сообща, чтобы добиться совместного успеха. Более того, когда два человека неоднократно действовали совместно во время добычи пищи, у них

Эволюция морали человека современного типа

Животные часто кооперируются с другими представителями собственного вида. Но люди объединяются по-иному. Человеческая форма кооперации — известная просто как мораль — отличается двумя взаимосвязанными особенностями. Один может помогать другому, руководствуясь неэгоистичными мотивами, ведомый состраданием, беспокойством и добротой. Кроме того, члены группы могут для обеспечения общей пользы устанавливать нормы, поощряющие честность, беспристрастность и справедливость. Эти способности развивались в течение сотен тысяч лет, когда люди начали действовать совместно, чтобы выжить. В когнитивных и социальных аспектах этого процесса можно разобраться с помощью философской концепции интенциональности: как индивиды воспринимают мир и достигают собственных целей.

Индивидуальная интенциональность

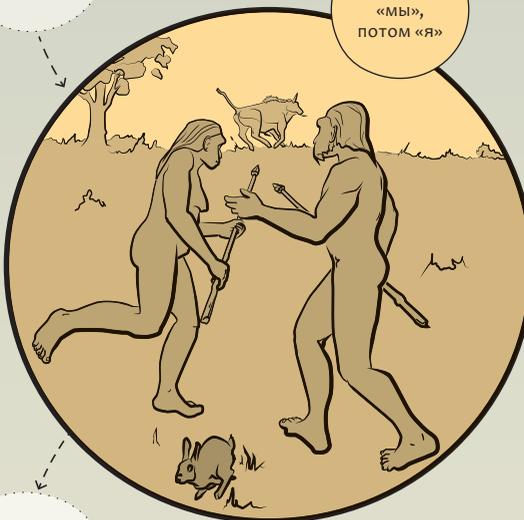
Индивидуальная интенциональность характеризуется способностью гибко менять поведение для достижения конкретной цели — обычно в рамках конкуренции с другими. Такая эгоистическая позиция в значительной степени определяет поведение шимпанзе, так же как давно в прошлом обуславливала поведение общего предка шимпанзе и человека и, вероятно, служила мотивом для первых представителей гомининов. Примеры такого поведения наблюдаются у шимпанзе при добыче растительной пищи. Небольшая группа животных ищет еду совместно, но как только фрукты найдены, каждый шимпанзе поодиночке уносит свою добычу в укромное место и съедает, не взаимодействуя с другими членами группы. Сходное, сравнительно эгоцентричное поведение проявляется у шимпанзе во время охоты на жертву.



6 млн лет назад

Совместная добыча пищи

Сначала «мы», потом «я»



400 тыс. лет назад

Совместная интенциональность

Примерно 400 тыс. лет назад прямой предок современного человека — *Homo heidelbergensis* — занялся поиском новых источников пищи. Охота на туров или другая большая охота в отличие от ловли зайцев требовала усиленной кооперации, совместной интенциональности, сконцентрированности на достижении общих целей. Подобный тип совместной деятельности отличается от поведения шимпанзе «каждый сам за себя» во время охоты на мелких обезьян. Чтобы палеолитические охотники-собиратели выжили, способ их действий при добыче пищи был не просто вопросом благоразумия, а «обязательным». Индивидов, принимавших участие в охоте, выбирали, потому что они полностью осознавали необходимость кооперации и не присваивали добычу. Появилась «мораль с точки зрения второго лица»: стало понятно, что «я» должно подчиняться «мы».

Давление, приводящее к формированию культуры

Мораль «правильного» и «неправильного»



100 тыс. лет назад

Коллективная интенциональность

Когда 150 тыс. лет назад размер групп начал увеличиваться, более мелкие подгруппы, из которых состояло племя, сформировали комплекс обычаев, представляющих формальное начало человеческой культуры. Совокупность норм, обычаев и ритуалов создавалась, чтобы выработать групповые цели и установить разделение труда, которое определяло роль каждого члена группы, — коллективная интенциональность, отличавшая племя. Эти цели каждый член племени усваивал как «объективную мораль», благодаря которой каждый знал разницу между «правильным» и «неправильным», определявшимися комплексом обычаев культурной группы.

ОБ АВТОРЕ

Майкл Томаселло (Michael Tomasello) — профессор психологии и нейробиологии в Дюкском университете и почетный директор Института эволюционной антропологии Общества Макса Планка в Лейпциге.



сформировалось представление — ментальная «общность взглядов» — об идеальном способе, которым каждый партнер должен исполнять свою роль для достижения поставленных целей. Подобные ролевые специфические стандарты сформировали ожидания: что каждый из напарников должен делать. Например, во время охоты на антилоп загонщик должен выполнять действие X, а вооруженный копьём — Y. Такие идеализированные нормы имели объективный характер, поскольку они конкретизировали, что каждый партнер должен делать, чтобы исполнить роль «должным образом», способом, обеспечивающим достижение совместных целей. В действительности роли — для каждой из которых существовали общеизвестные и объективные правила — были равноценны. Как таковой любой из партнеров — участников охоты в равной степени заслуживал получить добычу в отличие от мошенников и любителей поживиться за чужой счет, которые никак не помогли.

Выбирая компаньона для совместных действий, первобытные люди хотели избрать того, кто играл бы ожидаемую роль и справедливо делил добычу. Чтобы снизить риск, присущий выбору напарника, люди, которые вот-вот должны были стать компаньонами, могли воспользоваться новообретенными навыками кооперации для выработки совместных обязательств, обещая действовать в соответствии со своими ролями, в том числе справедливо разделить добычу. Будущие партнеры могли неявно подразумевать, что нарушивший это обязательство будет заслуживать порицания. (Далее объясняется эволюция морали в рамках философской концепции интенциональности.)

Тот, кто отступал от ожидаемой роли и желал сохранить свое положение надежного партнера, добровольно стал участвовать в акте самоосуждения — стал испытывать чувство вины. Появилась мораль «мы» важнее, чем «я». В процессе сотрудничества объединенное «мы» действовало за рамками эгоистического индивидуального уровня и регулировало поступки сотрудничающих партнеров «я» и «ты».

Результатом адаптаций к облигатному кооперативному добыванию пищи стала межличностная мораль, или «мораль с точки зрения второго лица» — стремление относиться к другим с чувством уважения и справедливости, основанным на искренней оценке себя и других как равноправных партнеров в совместной деятельности. Такое чувство справедливости усиливалось за счет чувства долга, социального давления, обязывающего кооперироваться и уважать партнера. Таким образом, в то время как все приматы ощущают давление, заставляющее их добиваться индивидуальных целей способами, которые, как они полагают, будут успешными, взаимозависимость, определявшая социальную жизнь первых людей, означала, что индивиды испытывали давление, которое ставило их перед необходимостью относиться к другим так, как они того заслуживают, и ожидать, что другие будут относиться так же и к ним. Подобная «мораль с точки зрения второго лица» не обладала всеми определяющими атрибутами морали человека современного типа, но в зарождающейся форме в ней уже присутствовали самые важные элементы — взаимное уважение и справедливость.

Рождение культурных норм

Второй критический этап в эволюции человеческой морали наступил, когда мелкомасштабное сотрудничество первых людей в процессе добывания пищи в конце концов было нарушено двумя демографическими факторами, приведшими к появлению человека современного типа более 200 тыс. лет назад. Новая эра началась из-за конкуренции среди групп людей. Борьба означала, что свободно организованные популяции сотрудничающих людей должны были превратиться в более тесно связанные социальные группы, чтобы защищаться от внешних врагов. В каждой из таких групп сложилось внутренне разделение труда, которое привело к формированию коллективной идентичности группы.

В этот же период росла численность населения. С увеличением численности в таких расширяющихся племенных группах более крупные образования разделились на более

мелкие подгруппы, которые все еще ощущали связь с супергруппой — или с тем, что можно охарактеризовать как особую «культуру». Стало необходимо найти способы распознавать членов собственной культурной группы, не обязательно принадлежащих к роду, и отличать их от членов других племенных групп. Такое распознавание было необходимо, потому что только на членов собственной культурной группы можно было рассчитывать в том, что они обладают необходимыми умениями и разделяют те же ценности, то есть могут быть надежными партнерами, в частности для защиты группы. Зависимость индивидов от группы, таким образом, вела к формированию чувства коллективной идентичности и верности. Неспособность же проявлять такую групповую идентичность и верность могла привести к изгнанию или смерти во время схватки с соперниками.

Современные люди обозначают групповую идентичность множеством разных способов, но первоначально эти способы в основном были связаны с поведением и основывались на ряде допущений: люди, которые говорят как я, готовят пищу как я и разделяют мои культурные обычаи в других отношениях, — скорее всего, члены моей культурной группы. Из таких предположений появилось стремление людей современного типа соблюдать обычаи группы. Научить детей действовать традиционным способом, определенным группой, стало необходимо для выживания.

Обучение и подчинение нормам также заложило основы для кумулятивной культурной эволюции: долго существовавшие обычаи или артефакты улучшались, и такие нововведения затем передавались новым поколениям как часть групповых обычаев, норм и ритуалов. Людям, родившимся в такой среде, не оставалось ничего иного, нежели подчиняться этим совместно выработанным нормам. Ключевой психологической характеристикой индивидов, адаптированных к культурной жизни, была заинтересованность в группе, то есть люди принимали когнитивную перспективу группы в целом, чтобы заботиться о благополучии группы и подчиняться ее правилам. Такой вывод был сделан на основе результатов исследований поведения трехлетних детей, опубликованных в конце 2000-х гг.

Индивиды, принадлежащие к культурной группе, должны были подчиняться господствующим обычаям и социальным

нормам, чтобы подчеркнуть, что они отождествляют себя с группой и ее методами действий. Некоторые социальные нормы касались не только подчинения и групповой идентичности. Они касались чувств сострадания и справедливости (унаследованных от первых людей), которые стали моральными нормами. Таким образом, так же как некоторые нормы систематизировали правильные и неправильные способы охоты или изготовления орудий, моральные нормы определяли надлежащий способ отношения к другим людям. Поскольку коллективные цели групп и общая культурная основа человеческих групп сформировали «объективную» точку зрения — «не "я", но "мы" как люди» — мораль людей современного типа стала считаться объективной формой правильного и неправильного.

Конечно, любой человек мог решиться действовать вопреки моральным нормам. Однако когда его призывали к ответу другие члены группы, выбор был невелик: индивид мог игнорировать критику и осуждение и, таким образом, поставить себя вне общих культурных обычаев и ценностей, что, возможно, приводило к исключению из группы. Люди современного типа рассматривали культурные нормы как законное средство, с помощью которого они могли регулировать свои порывы и поведение и продемонстрировать чувство групповой идентичности. Если человек отступал от групповых социальных норм, то было необходимо объяснить другим такое отсутствие сотрудничества в терминах общих ценностей группы («Я пренебрег своими обязанностями, потому что должен был спасти ребенка, попавшего в беду»). Таким образом, люди современного типа усвоили представления не только о моральных поступках, но и о моральных оправданиях и сформировали разумно обоснованную моральную идентичность внутри сообщества.

Мы, люди

В своей книге «Естественная история человеческой морали» (*A Natural History of Human Morality*), вышедшей в 2016 г., я исхожу из предположения, что психология человеческой морали в основном объясняется процессом эволюции посредством естественного отбора. Что еще важнее, отбор производился не физической средой, а, наоборот, социальной. В отличие от эволюционных подходов, базирующихся на принципе взаимности и управления репутацией человека в обществе, я подчеркиваю, что

древние люди понимали: моральные нормы превращают их одновременно и в судей, и в подсудимых. Насущной проблемой каждой личности было не просто «что "они" думают обо мне», а что «"мы", включая "я", думаем обо мне». Такой подход — это своего рода тип психологической направленности «"мы" — более важно, чем "я"», которая придает представлениям о морали особую роль закона в принятии персональных решений.

Проблемы современного мира проистекают из осознания, что биологические адаптации человека к кооперации и морали в основном ориентированы на существование в небольших или внутренне однородных культурных группах — таких, где чужаки не выступают частью морального сообщества. С тех пор как появилось земледелие, примерно 10 тыс. лет назад, сообщества людей стали состоять из отдельных личностей с разными политическими, этническими и религиозными принципами.

Как следствие, становится не совсем ясно, кто относится к «мы», а кто — чужак. В конечном итоге наличие поводов

для разногласий приводит как к социальной напряженности внутри общества, так и, на уровне стран, к открытой войне — ярчайший пример конфликтов «своих» и «чужих». Но чтобы решить самые крупные проблемы, стоящие перед нашим видом, которые представляют одинаковую угрозу для любого общества, нам лучше быть готовыми считать, что «мы» — это все человечество. ■

Перевод: С.М. Левензон

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Cooperative Hunting and Meat Sharing 400–200 Kya at Qesem Cave, Israel. Mary C. Stiner et al. in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 106, No. 32, pages 13,207–13,212; August 11, 2009.
- Why We Cooperate. Michael Tomasello et al. Boston Review Books, 2009.
- Young Children Enforce Social Norms. Marco F.H. Schmidt et al. in Current Directions in Psychological Science, Vol. 21, No. 4, pages 232–236; July 25, 2012.
- A Natural History of Human Morality. Michael Tomasello. Harvard University Press, 2016.

Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

В. И. Молодин: «Главную роль в становлении профессиональных интересов любого ученого играет учитель. Для меня таким человеком стал академик А. П. Окладников»

А. И. Соловьев:

«...Археология как наука, неотъемлемой частью которой являются экспедиции, стала, без обиняков, настоящей жизнью нашего Шефа»

«...Весь его облик говорил о личности, безусловно, волевой, целеустремленной и в то же время азартной и увлекающейся»

«...Ушел в свой поход по жизни первый состав отряда, команда менялась, но в ней по-прежнему витал дух удивительного времени того самого, незабвенного Илимского отряда»

www.scfh.ru

ЧАСТЬ II

Мы
и они

ВОЗМОЖНО,
ВОЙНА —
НЕ В ПРИРОДЕ
ЧЕЛОВЕКА

**ПОЧЕМУ
МЫ ВОЮЕМ**

Брайан Фергюсон



Существует ли у людей (или, возможно, только у мужчин) появившаяся в результате эволюции предрасположенность убивать членов других групп? Не просто способность убивать, а врожденная склонность братья за оружие, толкающая нас к коллективному насилию? Ключевое слово — «коллективный». Люди дерутся и убивают по личным причинам, но убийство — это не война. Война — явление социальное, когда одни группы организуются, чтобы убивать представителей других групп. Сегодня дискуссии о первопричинах военных противостояний сосредоточены вокруг двух полярных точек зрения. Согласно одной, война — это проявление сформировавшейся в ходе эволюции предрасположенности к устранению любых потенциальных соперников. По этому сценарию наши предки, начиная с наших общих с шимпанзе сородичей, всегда вели войны. В соответствии с другой точкой зрения, вооруженные конфликты появились только в течение нескольких последних тысячелетий, когда изменившиеся социальные условия обеспечили мотивацию и структуру для коллективного убийства. Сторонников этих двух противоположных точек зрения антрополог Кит Оттербейн (Keith Otterbein) назвал «ястребами» и «голубями». Этот спор также тесно связан с вопросом о том, можно ли определить инстинктивные воинственные наклонности у шимпанзе.

Если кровопролитие выражает врожденные наклонности, то, следовательно, в данных о доисторическом периоде должны быть свидетельства ведения войн в небольших сообществах. «Ястребы» утверждают, что мы действительно обнаружили такие факты. «Когда по данным археологии вырисовывается четкая картина существования любого общества на Земле, то почти всегда присутствуют свидетельства ведения войн <...>. По довольно консервативной оценке, в 25% всех случаев смерть людей наступала в результате военных действий», — пишут археолог Стивен Леблан (Steven A. LeBlanc) и его соавтор Кэтрин Реджистер

(Katherine E. Register). При таком количестве жертв, заявляют эволюционные психологи, война служила механизмом естественного отбора, при котором победу одерживали наиболее приспособленные, завоевывая брачных партнеров и ресурсы.

Такая точка зрения получила широкое распространение. Политолог Фрэнсис Фукуяма писал, что корни недавних войн и геноцида уходят на десятки или сотни тысяч лет назад, к нашим прародителям — охотникам-собираателям или даже к нашему общему с шимпанзе предку. Брэдли Тайер (Bradley Thayer), ведущий специалист по международным отношениям, считает,

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Действительно ли ведение войн присуще человеку как виду? Или же войны появились после того, как структура общества стала постоянно усложняться?
- Относительно этой проблемы ученые разделились на два лагеря, условно названных «ястребами» и «голубями».
- Внимательное изучение археологических и других данных показывает, что коллективное убийство стало следствием культурных условий, сложившихся в течение последних 12 тыс. лет.

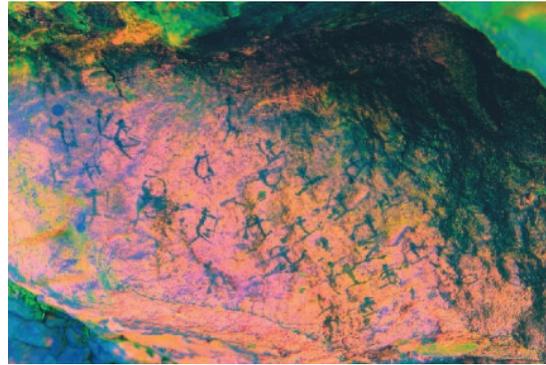
что эволюционная теория объясняет, почему инстинктивное стремление защищать собственное племя со временем трансформировалось в групповую склонность к этноцентризму и ксенофобии в международных отношениях. Если войны — это естественные вспышки бессознательной ненависти, зачем искать другие объяснения? Если стремление убивать чужаков заложено в человеческой природе, как долго мы сможем этого избегать?

Антропологи и археологи из лагеря «голубей» оспаривают такую точку зрения. Люди, заявляют они, обладают очевидной способностью вовлекаться в боевые противостояния, но в мозг человека не «вшита» программа идентификации и убийства чужаков в групповых конфликтах. Согласно этой точке зрения, смертоносные групповые нападения начались только в период, когда сообщества охотников-собирателей стали более крупными и более сложно организованными, и еще позднее — с появлением земледелия. Данные археологии, подтвержденные исследованиями культур современных охотников-собирателей, позволяют нам идентифицировать время и — до некоторой степени — социальные условия, которые привели к появлению и ужесточению военных конфликтов.

Когда это началось?

В поисках истоков кровопролитий археологи опираются на фактические данные четырех видов. Один из них — живопись на стенах пещер. В пещерах Пеш-Мерль, Коскер и Куньяк во Франции на относящихся к эпохе палеолита росписях, возраст которых составляет приблизительно 25 тыс. лет, присутствуют символы, которые ряд ученых воспринимают как изображения копий, пронзающих людей. На этом основании делается вывод, что люди вели войны уже в позднем палеолите. Однако подобная трактовка оспаривается. Другие ученые указывают, что на этих наскальных рисунках некоторые незаконченные фигуры имеют хвосты, и поэтому изогнутые или волнистые линии, пересекающие такие фигуры, скорее всего, обозначают шаманские силы, а не копья. Напротив, наскальные рисунки в пещерах Пиренейского полуострова, выполненные, вероятно, оседлыми земледельцами несколько тысячелетий спустя, явно содержат сцены битв и казней.

Свидетельством ведения войн также служит оружие, но подобные артефакты могут быть вовсе не тем, чем кажутся. Я



Свидетельства ведения войн более 5 тыс. лет назад появляются в образцах наскальной живописи, обнаруженных в пещерах на Пиренейском полуострове

воспринимал булавы как доказательство ведения войн, пока не узнал больше о каменных булавах Ближнего Востока. В большинстве из этих орудий отверстия для рукоятей такие узкие, что они не выдержали бы в битве и одного удара. Булавы также символизируют власть, а установление закона может обеспечить разрешение конфликта без войны. С другой стороны, вполне можно воевать и без традиционного оружия: на юге Германии примерно в 5000 г. до н.э. сельских жителей перебили теслами, которыми обычно пользовались для обработки древесины.

Помимо оружия и искусства, археологи также ориентируются на данные, полученные при изучении остатков поселений. Обычно те, которые боятся нападений, принимают меры защиты. Благодаря археологическим находкам мы иногда наблюдаем, что люди, ранее обитавшие в разбросанных по всей равнине отдельных жилищах, начинают селиться в укрепленных деревнях. Неолитические поселения на территории Европы окружали ограждения в виде насыпей. Но, похоже, не все подобные ограждения строились для защиты. Некоторые могли отделять определенные социальные группы.

Казалось бы, костные останки идеальны для определения времени, когда впервые начались войны, но даже такие данные требуют тщательной оценки. Только одно из трех или четырех ранений, нанесенных метательным оружием, оставляет след на кости. Каменные или костяные наконечники копий или стрел, захороненные вместе с телом, иногда имеют ритуальный характер, а иногда означают, что они послужили причиной смерти. Следы незаживших ран на костных останках могут свидетельствовать о несчастном случае, казни или убийстве. Действительно, убийства были довольно распространены в доисторический период, но это не война.



ОБ АВТОРЕ

Брайан Фергюсон (R. Brian Ferguson) — профессор антропологии в Рутгерском университете в Ньюарке. Его научная деятельность посвящена объяснению причин войн.

И не все схватки были смертельны. В отдельных захоронениях археологи часто находят черепа с вмятинами от заживших черепных травм, но только некоторые из них могли послужить причиной смерти. Подобные находки указывают, что личные конфликты разрешали с помощью дубинок или другим не смертельным способом, которые, как подтверждают данные этнографии, довольно распространены. Если же черепа преимущественно женские, то трещины могут свидетельствовать о домашнем насилии.

Кроме того, собранные по всему миру археологические данные часто неоднозначны и их трудно интерпретировать. Нередко необходимо соединить разные факты, чтобы можно было говорить о вероятности ведения войны в прошлом. Тем не менее целенаправленная археологическая работа — извлечение хорошего материала в результате проведения многочисленных раскопок — должна давать возможность хотя бы предполагать, что велась война.

И все-таки, если учитывать вышесказанное, имеются ли настоящие признаки того, что человечество вело войны на протяжении всей истории существования вида? Если в выборку включать только известные находки с высокой частотой предсмертных ран (тех, которые были получены непосредственно перед смертью или в ее момент), то ситуация выглядит довольно печально. Отсюда и возникают такие оценки, согласно которым насильственная смерть наступала в 25% случаев. Ошибочные представления появляются и из-за того, как преподносят информацию популярные СМИ. Любое открытие, связанное с убийствами в древности, выносится в заголовки. При этом в новостях игнорируют бесчисленное количество раскопок, в которых находки не содержат следов насилия. Всесторонняя проверка сведений о том, как часто в конкретных регионах в определенный период встречаются, если вообще наблюдаются, даже намеки на ведение войн, приводит к совершенно иной картине. Войны не были настолько распространены, и свидетельства их ведения не так уж часто встречаются в археологической летописи. У военных конфликтов действительно было начало.

Первые военные действия

Многие археологи выдвигают предположение, что войны впервые начались в некоторых регионах после окончания последнего ледникового периода, в мезолите — около 9700 г. до н.э., — когда охотники-собиратели в Европе перешли к оседлому образу жизни в более сложноорганизованных сообществах. Но на самом деле простого ответа нет. Войны впервые начались в разных местах в разное время. Более полувека археологи считают, что обнаруженные в Джебель-Сахабе в долине Нила на севере Судана многочисленные останки с признаками насильственной смерти относятся к еще более раннему периоду, приблизительно к 12 000 г. до н.э. К конфликту могла привести жесткая конкуренция между группами оседлых охотников-собирателей из-за снижения количества пищевых ресурсов в этом некогда богатом районе.

Относящиеся к чуть более позднему периоду стоянки, оружие и захоронения, обнаруженные на севере долины реки Тигр, указывают на то, что между 9750 и 8750 гг. до н.э. велись войны между поселениями охотников-собирателей. Недалеко найдены первые известные укрепленные поселения земледельцев, датируемые 7 тыс. до н.э., а первое завоевание городского центра произошло между 3800 и 3500 гг. до н.э. К тому времени на всей территории Анатолии война стала распространенным явлением, частично в связи с завоеванием переселенцами из северной части долины реки Тигр.

Напротив, на юге Леванта (от Синая до Сирии и юга Ливана) ни в поселениях, ни среди оружия или костных останков археологи не нашли убедительных доказательств ведения войн приблизительно до 3200 г. до н.э.

В Японии среди групп охотников-собирателей крайне редко встречались случаи насильственной смерти в период с 13 000 до 800 г. до н.э. С появлением культуры выращивания риса приблизительно в 300 г. до н.э. признаки убийства наблюдаются чаще, чем на одних из десяти останков.

В хорошо изученных археологических памятниках Северной Америки кое-какие из травм, которые обнаружили при

изучении костных останков, датированных очень ранним периодом, похоже, появились в результате личных, а не коллективных конфликтов. Археологический памятник во Флориде содержит свидетельства многочисленных кропролитий, произошедших около 5400 г. до н.э. На Тихоокеанском Северо-Западе такие же свидетельства появляются после 2200 г. до н.э., однако на юге, на Великих равнинах, зафиксирована только одна датированная до 500 г. н.э. насильственная смерть.

Почему это произошло?

Предпосылки к возникновению войн включают переход к оседлому образу жизни, рост численности населения в регионе, концентрацию ценных ресурсов, таких как домашний скот, увеличение сложности социальной организации и появление иерархии, торговлю ценными товарами, а также установление границ групп и коллективной идентичности. Эти условия иногда сочетались с серьезными изменениями окружающей среды. Война в Джебель-Сахабе, например, могла начаться из-за экологического кризиса, когда произошло понижение поймы Нила, приведшее к исчезновению плодородных заливных территорий, и люди в конце концов оставили эту местность. Позднее, столетия спустя после появления земледелия, находки неолитического периода в Европе (это только один из примеров) свидетельствуют, что когда людям есть за что сражаться, их сообщества начинают организовываться таким образом, чтобы обеспечить большую готовность для начала войны.

Археологические данные тем не менее имеют определенные ограничения, и мы должны искать ответы где-то еще. Предпосылки для возникновения войн могут проиллюстрировать данные этнографии — науки, изучающей различные культуры как в настоящем, так и в прошлом. Основные различия наблюдаются между «примитивными» и «сложноорганизованными» сообществами охотников-собирателей.

Большую часть времени, в течение которого существует человечество (более 200 тыс. лет), сообщества людей занимались простым собирательством и охотой. В общих чертах это выглядит следующим образом: такие объединенные группы людей существуют в виде небольших кочевых эгалитарных племен, которые расселяются на большой территории с низкой плотностью населения и обладают незначительной собственностью.

Сложноорганизованные сообщества охотников-собирателей, наоборот, живут в постоянных поселениях с населением из нескольких сотен человек. Они поддерживают социальную иерархию родственных групп и отдельных личностей, ограничивают доступ к пищевым ресурсам по линии родства и имеют более развитую систему политического лидерства. Признаки подобной сложной социальной организации впервые наблюдаются в мезолите. Появление сложноорганизованных сообществ охотников-собирателей иногда (но не всегда) связано со стадией, переходной к земледелию, которое служило основой для развития государственного строя. Кроме того, такие группы часто вели войны.

Однако предпосылки к возникновению войн — это всего лишь часть истории, и просто их наличия недостаточно, чтобы предсказать вспышки групповых конфликтов. В Южном Леванте, например, такие предпосылки существовали тысячи лет и при этом отсутствуют свидетельства ведения войн.

Тогда почему конфликты не возникали? Оказывается, во многих сообществах существуют также определенные предпосылки для мирного существования. Множество общественных договоренностей сдерживают войны: межгрупповые связи за счет родства и заключения браков; совместная охота и земледелие или разделение пищи; гибкость общественного устройства, позволяющая отдельным личностям перемещаться в другие группы; нормы, в рамках которых ценится мир и порицается убийство; и, наконец, признанные способы разрешения конфликтов. Эти механизмы не устраняют серьезный конфликт, но переводят его в такое русло, когда предотвращается убийство и в столкновении участвует ограниченное число людей.

Если это так, то почему более поздние археологические находки, а также наблюдения этнографов и антропологов насыщены свидетельствами смертельных конфликтов? В течение тысячелетий предпосылки для возникновения войн становились более распространенными в разных местах. Однажды появившись, война имеет тенденцию распространяться, при этом люди, склонные к насилию, замещают менее агрессивных. По всему миру основываются государства, а государства способны военизировать людей на периферии и вдоль торговых путей. Природные катаклизмы, такие как частая засуха, усугубляют

Как насчет наших родственников шимпанзе?

Антропологи выясняют, проявляют ли близкородственные приматы врожденную склонность к групповому убийству

Углубленное изучение вопроса о предрасположенности человека к ведению войн часто требует выхода за рамки нашего вида и исследования опыта родственных человеку шимпанзе. Я занимаюсь этой темой много лет и сейчас заканчиваю книгу «Шимпанзе, "война" и история» (*Chimpanzees, "War," and History*). Слово «война» я беру в кавычки, потому что у шимпанзе в межгрупповых конфликтах, которые иногда бывают коллективными и смертельными, отсутствуют социальные и когнитивные характеристики, присущие человеческим войнам.

В человеческих войнах участвуют противоборствующие стороны, часто включающие множество локальных групп, объединенных различными формами политической организации. Ведение войны поощряется особыми системами культуры — знаниями и ценностями, которые придают могущественный смысл выражению «мы против них». Такие социальные конструкции не имеют аналогов у других приматов. Несмотря на указанные различия, некоторые ученые утверждают, что шимпанзе демонстрируют врожденную склонность убивать чужаков, унаследованную от последнего общего предка шимпанзе и человека. Эта же сила, по их мнению, все еще подсознательно толкает людей к ожесточенным конфликтам с себе подобными из других сообществ.

В своей книге я оспариваю утверждение, что самцы шимпанзе обладают врожденным стремлением убивать чужаков. Наоборот, самое воинственное поведение может быть связано с особыми условиями, которые сложились в результате вмешательства людей в жизнь этих обезьян. Для разработки этой темы требовалось изучить все сообщения о случаях убийств у шимпанзе. Исходя из таких данных, можно сделать простые выводы. Критический анализ последних

подборок материалов об убийствах среди шимпанзе на 18 участках наблюдения — в сумме 426 лет полевых исследований — показывает следующее. Из 27 наблюдавшихся или предполагаемых случаев межгруппового убийства взрослых и подростков 15 стали результатом всего двух крайне неоднозначных ситуаций, которые возникли на двух участках в период наблюдений в 1974–1977 гг. и 2002–2006 гг. соответственно.

Два случая за девять лет полевых наблюдений — при подсчете получается, что в эти годы ежегодная частота убийства равна 1,67. В остальные 417 лет наблюдений этот ежегодный показатель в среднем составляет 0,03. Вопрос в том, объясняются ли выпадающие значения сформировавшимся в ходе эволюции адаптивным поведением или это результат вмешательства человека. Некоторые биологи-эволюционисты предполагают, что убийства обусловлены попытками сократить число самцов в конкурирующих группах. Однако те же данные показывают, что если из числа межгрупповых убийств самцов вычесть количество убийств внутри группы, то в результате межгруппового убийства численность самцов-чужаков сокращается на одну особь каждые 47 лет, реже, чем один раз за время жизни шимпанзе.

Сравнительное исследование конкретных примеров позволяет мне сделать вывод о том, что «война» среди шимпанзе — это не эволюционная стратегия, а вынужденный ответ на вмешательство человека. Последовательный анализ каждого случая покажет, что шимпанзе как вид — не «обезьяны-убийцы». Такое исследование ставит под сомнение теорию о том, что склонность человека к воинственному поведению может быть обусловлена древним генетическим наследием далекого общего предка шимпанзе и человека.

и создают условия, которые ведут к войне, а когда природные условия меняются к лучшему, мир так и не наступает. Особенно примечательно обострение в средневековом теплом периоде с 950 по 1250 г. н.э., который быстро сменился малым ледниковым периодом, начавшимся около 1300 г. н.э. В ту пору наблюдается увеличение числа военных конфликтов по всему миру, в том числе на территории обеих Америк и в Тихоокеанском регионе. В большинстве регионов мира к тому времени войны велись уже давно, но конфликты обострились, и это привело к резкому росту числа жертв.

Затем началась мировая экспансия европейцев, которая привела к трансформации и обострению, а иногда и к возникновению локальных военных конфликтов по всему миру. Конфронтации происходили не только в связи с сопротивлением завоеванию. Начались войны между представителями местного населения, которых колониальные власти вовлекали в новые военные действия и которые начинали враждовать из-за предлагаемых им товаров.

Взаимодействие между древними и современными расширяющимися государствами и вытекающие из этого конфликты способствовали ускоренному разделению и формированию особого племенного самосознания. Области, не подлежащие колониальному контролю, подверглись изменениям, связанным с масштабным влиянием торговли, болезней и вытеснением населения, каждое из которых вело к войне. Государства также провоцировали конфликты среди местного населения за счет насаждения политических институтов с четкими границами, которые заменяли аморфную местную самобытность и власти с ограниченными полномочиями, с которыми колонизаторам часто приходилось сталкиваться во время колониальных набегов.

Чтобы подтвердить теорию о том, что склонность человека втягиваться в смертельные групповые конфликты предшествовала появлению государства, ученые часто ищут свидетельства военных конфликтов в «племенных районах», которым, кажется, свойственны войны между

«дикарями», часто рассматриваемые как проявление человеческой природы. Но тщательное изучение зафиксированных этнографами случаев насилия среди местного населения позволяет посмотреть на ситуацию с иной точки зрения.

Примером заблуждений, связанных с проецированием этнографических наблюдений за современными людьми на далекое прошлое человечества, служат охотники-собиратели с северо-запада Аляски периода с конца XVIII в. до конца XIX в. В их устной традиции сохранились подробные предания о жестокой войне, в которой массово убивали жителей поселений. Эту историю о беспощадном убийстве приводят как доказательство ведения войн охотниками-собирающими до того, как их сообщества были разрушены расширяющимися государствами.

Однако данные археологии вместе с историей региона предоставляют основания для совершенно иной оценки. В археологических находках, связанных с примитивными культурами охотников-собирающих Аляски, датируемых ранним периодом, отсутствуют даже намеки на ведение войн. Первые признаки вооруженных столкновений относятся к периоду между 400 и 700 гг. н.э., и, вероятно, эти конфликты возникли в результате контакта с переселенцами из Азии или с юга Аляски, где войны уже велись. Однако такие конфликты имели ограниченный характер и, возможно, были не столь интенсивны.

В благоприятных климатических условиях к 1200 г. н.э. в сообществах этих китобоев сформировалась сложная социальная структура с более высокой плотностью оседлого населения и расширением зоны торговли. Спустя два века война стала распространенным явлением. Тем не менее в XIX в. война приобрела серьезные масштабы, причем настолько, что привела к уменьшению численности местного населения. Эти конфликты более позднего периода — те, которые нашли отражение в устной традиции, — были связаны с расширением государства по мере развития крупных торговых сетей из новых русских перевалочных пунктов в Сибири и привели к исключительной территориальности и централизации сложноорганизованных племенных групп вдоль Берингова пролива.

Суровая правда жизни? Вовсе нет

Спор о войне и природе человека будет разрешен еще не скоро. Теория о том, что

в доисторический период повсюду велись ожесточенные войны с большим количеством жертв, имеет много сторонников. Эта идея находит отклик у тех, кто уверен, что человечество как вид предрасположено к войне. Как сказала бы моя мама: «Просто обратитесь к истории!» Однако «голуби» получают перевес, когда во внимание принимаются все данные. В основном находки, датируемые ранним периодом, редко предоставляют свидетельства того, что война была суровой правдой жизни.

Люди есть люди. Они вступают в противоборство и иногда убивают. Человечество всегда обладало способностью вести вой-

Человечество всегда обладало способностью вести войны, если так диктовали условия и культура. Но подобные условия и порождаемые ими воинственные культуры появились только в течение последних 10 тыс. лет

ны, если так диктовали условия и культура. Но подобные условия и порождаемые ими воинственные культуры появились и распространились только в течение последних 10 тыс. лет, а в некоторых регионах — еще позже. Данные о многочисленных убийствах, о которых часто сообщается в истории, этнографии и археологии более позднего периода, опровергаются археологическими находками, датируемыми самым ранним периодом, по всему миру. Самые древние костные останки и артефакты служат подтверждением высказывания, вынесенного в заголовок вышедшей в 1940 г. статьи Маргарет Мид: «Война — это всего лишь изобретение, а не биологическая необходимость». ■

Перевод: С.М. Левензон

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- War in the Tribal Zone: Expanding States and Indigenous Warfare. Edited by R. Brian Ferguson and Neil L. Whitehead. School of American Research Press, 1992.
- Beyond War: The Human Potential for Peace. Douglas P. Fry. Oxford University Press, 2007.

ЧАСТЬ III

Кроме
нас

ЛЮДИ ИЗМЕНЯЮТ ХОД ЭВОЛЮЦИИ

**ДАРВИН
В БОЛЬШОМ
ГОРОДЕ**

Менно Шильтхейзен



М

ой приятель Франк резко вскидывает вверх руки, едва не опрокидывая стоящие на столе стаканы с пивом. Губами он при этом пытается воспроизвести свистящий звук режущих воздух птичьих крыльев. Мы мирно сидим в моем маленьком заднем дворике в Лейдене, а Франк снова и снова старается изобразить сокола-сапсана, раз-другой в день пролетающего мимо окна его врачебного кабинета в местной больнице. Птица, сжимая в лапах свежеебитого голубя, устремляется к своему гнезду, расположенному под громадной светящейся вывеской на крыше здания. А спустя несколько секунд после этого на землю начинают плавно опускаться вырванные из тела жертвы пух и перья.

Сапсан — лишь один из множества видов птиц, освоивших в последнее время городской образ жизни. В природе эти соколы охотятся на птиц средних размеров среди скал, но по мере того как люди на всей планете превращают природную среду в искусственные «горные ландшафты» из высотных жилых и офисных зданий, сапсаны охотно переселяются со скалистых уступов на карнизы небоскребов, а вместо уток и соек начинают охотиться на голубей. В некоторых частях Европы и Северной Америки большинство сапсанов сегодня гнездятся в городах.

Подобное случайное сходство между городскими и природными ландшафтами привлекает в мегаполисы все больше представителей дикой фауны и флоры. Пещерные тараканы идеально приспособлены к жизни в наших темных и сырых домах.

Прибрежные растения прекрасно себя чувствуют на обочинах городских дорог, зимой обильно обрабатываемых солью. Благодаря ловким, невероятно подвижным передним лапам еноты без труда открывают стоящие на улицах мусорные баки и контейнеры. Почти на всех континентах люди создали огромные поселения: к 2030 г. население более 600 городов планеты будет превышать 1 млн человек. Ни один вид живых существ до сих пор еще не создавал в таких огромных масштабах новые условия, пригодные для жизни других организмов.

Крупные города — с их громадными конструкциями из бетона, стекла и стали, улицами с мчащимися непрерывным потоком автомобилями, искусственным люминесцентным светом, пропитанные вредными химикатами — представляют

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Улитки, одуванчики, рыбы и многие другие живые существа приспосабливаются к городской среде самыми разными способами.
- Эволюция многих организмов протекает в городах гораздо быстрее, чем в естественной среде.
- Поскольку в разных частях света условия жизни в городах во многом схожи, со временем эволюционирующие здесь виды могут становиться в чем-то похожими друг на друга.
- Многие животные и растения никогда не смогут адаптироваться к городским условиям и всегда будут нуждаться в защите людей.



собой экстремальную, но во многом благоприятную среду обитания. Хотя условия существования здесь довольно суровые, она обеспечивает животных и растения множеством преимуществ, в частности накопленными людьми пищевыми и другими ресурсами. Как и в экстремальных видах природной среды (например, пустынях, горячих серных источниках и глубоких пещерах), эволюцией населяющих города животных и растений управляет это сочетание рисков и возможностей. С каждым годом экологам всего мира все более очевиден тот факт, что города стали своего рода «скороварками» эволюции — местами, вынуждающими живые существа быстро и основательно адаптироваться к стремительно меняющимся условиям.

Находчивые улитки и одуванчики

Признаки городской эволюции можно увидеть, едва выйдя на улицу. Неплохой пример — маленький дворик позади моего дома. Должен признаться: будучи биологом, я отлично понимаю, что мой сад представляет собой печальное зрелище и, он служит предметом постоянных насмешек со стороны Франка. Из щелей между старыми



Городские одуванчики изменяют форму своих плодиков, благодаря чему их семена падают прямо вниз на крошечный клочок драгоценной почвы. **Серые крестовики**, обычно избегающие солнечного света, в городах предпочитают сооружать ловчие сети из паутины под уличными фонарями.

садовыми плитками торчат самые разнообразные сорняки. В одном углу сада растет запущенный розовый куст, а в другом стоит горшок с неухоженной гортензией. Еще здесь растут хмель и другие вьющиеся растения, бесцеремонно оплетающие своими стеблями садовый забор.



Но эти заросли хмеля — одно из моих любимых свидетельств городской эволюции. Я осторожно отодвигаю стебли

Искусство выживания. Городские голуби совершенно не боятся автора статьи, но научились прятаться от охотящихся на них сапсанов, численность которых в городах постоянно увеличивается. Раковины живущих в городах улиток становятся все светлее: это помогает моллюскам меньше нагреваться на солнце.

растения от забора и показываю Франку лесных улиток, кормящихся его отмершими прошлогодними побегами. Лесные улитки (*Cerata nemoralis*) обитают в Центральной и Западной Европе и были завезены в Северную Америку. Их раковина может быть окрашена в различные цвета и обладать различным полосатым узором. Такие различия закодированы в ДНК животных. Раковины моих улиток светло-желтые и украшены одной-пятью черными спиральными полосами.

Почему желтые? Ответ дает так называемый эффект теплового городского острова. В городах, как правило, теплее, чем в окружающей их сельской местности, потому что здания и улицы здесь поглощают много солнечного тепла. Это тепло вместе

ОБ АВТОРЕ

Менно Шильтхейзен (Menno Schilthuis) — старший научный сотрудник Нидерландского центра биоразнообразия *Naturalis* в Лейдене и профессор эволюционной биологии в Лейденском университете.



с теплотой, порождаемой активностью миллионов людей и машин, создает вздымающийся над городом «купол» теплого воздуха. В центре даже такого сравнительно небольшого городка, как Лейден, температура воздуха в среднем на 2–3° С выше, чем в его предместьях. А в Нью-Йорке, Токио и других крупных городах эта разница может превышать 10° С. Для улиток, которые в летнюю засуху иногда вынуждены проводить целые недели, прикрепившись к заборами и стенам, чрезмерная жара может стать фатальной — особенно если их раковины имеют темную окраску, активно поглощающую тепловую энергию. Естественный отбор заставил лесных улиток, обитающих в городах, стать светлее. Но за пределами городской черты чаще встречаются улитки с красноватыми или бурыми раковинами.

Едва выйдя за ворота моего сада, мы с Франком натываемся на второй наглядный пример городской эволюции — одуванчики! На улице они растут в трещинах старых тротуаров. Одни растения щеголяют золотистыми корзинками цветков, а на других уже созрели пушистые шарики из крошечных семян, снабженных пучками длинных волосков. В природе эти плодики-парашютики разносятся ветром на значительные расстояния от материнских растений, а затем опускаются на землю, где и прорастают — подальше от своих родителей и собратьев. Такой способ распространения семян ослабляет конкуренцию между растениями. Но в городе эта стратегия почти не работает — ведь единственным плодородным местом в обозримых окрестностях нередко оказывается крошечный клочок земли, где произрастает материнское растение. Семена, подхваченные ветром, скорее всего упадут на асфальт или бетонную поверхность. А потому одуванчику выгоднее образовывать тяжелые семена, падающие прямо на землю рядом с родителем. Именно такую картину и наблюдала в 2012 г. Аратхи Сешадри (Arathi Seshadri) из Университета штата Колорадо. Исследовательница обнаружила, что парашютики городских одуванчиков отличаются более удлиненной формой и падают

на землю вдвое быстрее, чем семена луговых одуванчиков с более короткими и широкими пучками волосков.

Огни большого города

Продолжая свою познавательную прогулку, мы с Франком тем временем пересекаем улицу и направляемся к каналу Галгеватер, на берегу которого когда-то стоял дом, где родился Рембрандт. Подойдя к одному из подвесных мостов, мы замечаем висящие повсюду ловчие сети пауков. Конструкции из паутины развешаны между его бал-

Никогда прежде экстремальная среда не была представлена на планете в столь широких масштабах. Не исключено, что отважные существа, параллельно адаптирующиеся к сходным городским условиям жизни и вынужденные одинаково решать многие ее проблемы, в результате станут в чем-то похожими друг на друга

ками, опорами, перилами и даже на окнах стоящих у берега плавучих домиков. Крупные круговые сети размером от столовой тарелки до велосипедного колеса ярко блестя на солнце. Словно мрачное напоминание о некогда стоявшей здесь виселице, с нитей паутины свисают высохшие тельца бабочек, мух и прочих жертв пауков.

Но самих хозяев ловчих сетей, серых крестовиков (*Larinioides sclopetarius*), нигде не видно: эти пауки ведут ночной образ жизни. В дневные часы они прячутся в укрытиях, куда не проникает солнечный свет, а на поиски жертв, запутавшихся в их сетях, выползают только с наступлением темноты. Тем не менее свои паутинные сети серые крестовики сплетают прямо под освещающими мосты фонарями. Превратившись в горожан, они отказались от своих природных традиций, потому что свет фонарей привлекает насекомых. В 1990-х гг. австрийский арахнолог Астрид Хайлинг (Astrid Heiling) обнаружила, что городские серые крестовики обладают врожденной

ном центре Базеля и такое же количество ее личинок в темных лесах в окрестностях города. Своих питомцев он выращивал в лаборатории, а чтобы не перепутать городских и лесных гусениц, наносил им на спинки различные цветные метки. Когда гусеницы превратились в бабочек, энтомолог выпустил более 1 тыс. насекомых в просторный темный вольер, в одном углу которого находилась единственная люминесцентная лампа. Как и следовало ожидать, лесные бабочки начали порхать вокруг лампы, а их городские сородичи по преимуществу игнорировали свет и держались в основном в темных частях вольера. Алтерматт заключил, что городские моли приобрели врожденную устойчивость к искусственному свету.

Нередко живым существам удается адаптироваться к городским условиям жизни за десятилетие-другое или даже всего за несколько лет. Многие ученые сомневаются, что эволюция может протекать такими стремительными темпами. Ведь, как писал Дарвин в «Происхождении видов», «мы ничего не замечаем в этих медленных переменах в развитии, пока рука времени не отметит истекших веков»

Скоростная эволюция

Несколько примеров городской эволюции живых существ, с которыми мы с Франком столкнулись во время нашей короткой прогулки, отражают широкомасштабный процесс, бурно протекающий в городских экосистемах по всему свету. Помимо рассмотренного выше эффекта теплового городского острова, обилия непроницаемых поверхностей и светового загрязнения среды городские животные и растения постоянно сталкиваются и с множеством других проблем — сильным шумом, химическим загрязнением среды, дорожным движением и т.д. Биологи, изучающие эволюцию городских организмов, обнаружили массу примеров того, как живые существа приспосабливаются к этим стрессовым факторам.

«любовью» к искусственному свету, хотя, как и их дикие сородичи, стараются избегать солнечного света.

Любопытно, что эволюция по меньшей мере одной из жертв пауков шла в противоположном направлении. Для многих насекомых ночные источники света представляют смертельную опасность. Они гибнут от ожогов, умирают от истощения, беспрерывно кружась вокруг светильников, или запутываются в ловчих сетях пауков. По мнению многих энтомологов, влечение к свету настолько жестко «впаяно» в программу инстинктивного поведения насекомых, что они не могут отказаться от этой реакции, даже рискуя жизнью.

Данную точку зрения, однако, не разделяет швейцарский энтомолог Флориан Алтерматт (Florian Altermatt), изучающий маленькую горностаевую моль (*Yponomeuta cagnagella*). Ученый собрал несколько сотен гусениц этой бабочки в ярко освещен-

но сталкиваются и с множеством других проблем — сильным шумом, химическим загрязнением среды, дорожным движением и т.д. Биологи, изучающие эволюцию городских организмов, обнаружили массу примеров того, как живые существа приспосабливаются к этим стрессовым факторам. Так, Эндрю Уайтхед (Andrew Whitehead) и его сотрудники из Калифорнийского университета в Дэвисе установили, что фундулы (*Fundulus heteroclitus*) — маленькие рыбки, живущие у восточного побережья США, — могут вырабатывать фантастическую устойчивость к полихлорированным бифенилам (ПХБ): они выживают в воде, где концентрация ПХБ в 8 тыс. раз выше той, что обычно вызывает гибель рыбок.

Биологические факторы, похоже, оказывают на эволюцию городской жизни еще более сильное влияние, чем физические и химические. Новые обитатели городов вынуждены жить в пестрой компании

чужеродных видов, случайно или намеренно интродуцированных в города людьми (декоративных растений, сельскохозяйственных культур и их вредителей, домашних животных, разнообразных насекомых и сорняков, невольно завезенных людьми в города на своей одежде или в автомобилях). В совокупности все эти организмы образуют сообщество видов, которые волею неволей вынуждены жить бок о бок друг с другом, не имея даже возможности как следует приспособиться к своим соседям. Совместная эволюция этих разношерстных существ приводит к возникновению новых форм поведения. Так, экзотические попугаи могут приспособиться к кормежке семенами местных городских растений, а местные городские птицы — вырабатывать новые способы борьбы с чужеродными паразитами.

Все эти вызовы, риски и возможности порождают мощную силу, заставляющую городские виды стремительно эволюционировать в быстро меняющихся условиях. Нередко живым существам удается основательно адаптироваться к городским условиям жизни за десятилетие-другое или даже всего за несколько лет. Многие ученые сомневаются, что эволюция и в самом деле может протекать такими стремительными темпами. Ведь, как писал Дарвин в «Происхождении видов», «мы ничего не замечаем в этих медленных переменах в развитии, пока рука времени не отметит истекших веков». И тем не менее под сильным давлением естественного отбора эволюция может протекать гораздо быстрее, чем полагал Дарвин, — особенно организмов, способных размножаться по несколько раз в год.

Анализ данных более 1,6 тыс. исследований, проведенный группой ученых под руководством Марины Альберти (Marina Alberti) из Вашингтонского университета и опубликованный в прошлом году в журнале *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, убедительно показал, что урбанизация и в самом деле сильно ускоряет эволюцию (в некоторых случаях ее темпы увеличиваются вдвое). И один из самых мощных движущих факторов такого ускорения — интродукция в городскую среду «экзотических» видов живых существ.

Означает ли это, что все попавшие в город организмы в конце концов начинают чувствовать себя здесь как дома? Всем ли видам удастся адаптироваться к измененной людьми среде обитания, которая со временем получит на планете еще более широкое

распространение? К сожалению, нет. В городах смогут выжить и процветать лишь немногие виды живых существ. Большинству видов так никогда и не удастся приспособиться к городским условиям, и в конце концов они исчезнут из городских экосистем. А потому множество животных и растений по-прежнему будут нуждаться в заповедниках, охраняемых зонах, природоохранных законах и прочих гарантиях, которые обеспечат им выживание в первоначальной природной среде.

Тем не менее стремительное распространение по планете городских экосистем можно рассматривать как качественно новый этап развития жизни на Земле. Никогда прежде экстремальная среда не была представлена здесь в столь широких масштабах. В разных частях света города обладают рядом общих характеристик, а значит, растения и животные будут адаптироваться к их условиям сходным образом. Многие городские виды (сизый голубь, белый клевер, одуванчик и т.д.) распространены по всей планете, и мировое сообщество биологов, изучающих городскую природу, пытается отслеживать все происходящие с ними изменения.

Не исключено, что все эти отважные существа, параллельно адаптирующиеся к сходным городским условиям жизни и вынужденные одинаково решать многие ее проблемы, в результате станут в чем-то похожими друг на друга. Возможно, глобальная гомогенизация станет главной характеристикой, отличающей городскую эволюцию от естественной, и своего рода клеймом, свидетельствующим о влиянии человека на этот процесс. Поскольку такая ситуация экологически беспрецедентна, о том, какой поворот события получат в будущем, ученым остается лишь гадать. ■

Перевод: А.В. Щеглов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Darwin Comes to Town: How the Urban Jungle Drives Evolution. Menno Schilthuis. Picador, 2018.
- The Influence of Human Disturbance on Wildlife Nocturnality. Kaitlyn M. Gaynor et al. in *Science*, Vol. 360, pages 1232–1235; June 15, 2018.

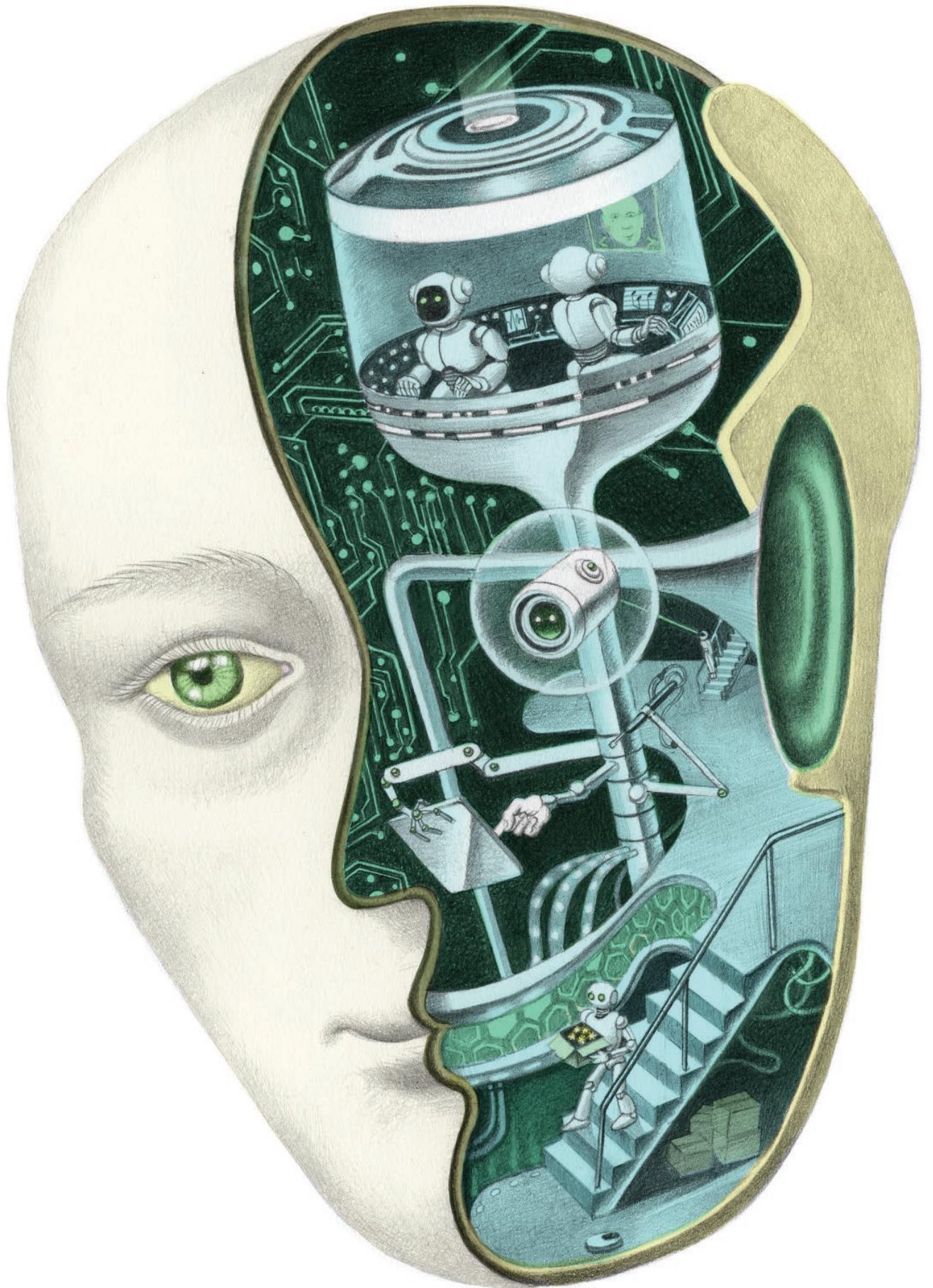
ЧАСТЬ III

Время
нас

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ — НАШ ПОМОЩНИК, А НЕ КОНТРОЛЕР

**НАШИ
ЦИФРОВЫЕ
ДВОЙНИКИ**

Педро Домингос



Ч

еловек — единственное живое существо на Земле, способное создавать машины. Но создавая их, он выходит в своих возможностях за рамки биологических ограничений. Благодаря инструментам и приспособлениям его руки могут делать гораздо больше, чем заложено в них природой. Сконструированные человеком автомобили мчат его со скоростью, недостижимой ранее, самолеты поднимают в воздух и переносят на огромные расстояния. Компьютеры «расширяют» наш головной мозг и увеличивают объем памяти, а смартфоны по-новому организуют повседневную жизнь. Разрабатываемые нами сегодня технологии способны к саморазвитию благодаря заложенной в них способности к использованию и переработке информации. Но не приведет ли это к тому, что умные машины попросту вытеснят нас? А может быть, они расширят наши возможности, доведя человеческие качества до совершенства?

Обучаемые машины появились в 1950-х гг. в результате пионерских работ Фрэнка Розенблатта (Frank Rosenblatt), который создал электронный нейрон, умеющий распознавать цифры, и Артура Сэмюэла (Arthur Samuel), снабдившего компьютер программой, следуя которой он играет с самим собой до тех пор, пока не победит некоего реального соперника. Но только за последние десять лет в этой области произошел настоящий прорыв: появились беспилотные автомобили, виртуальные помощники, которые понимают отдаваемые им приказы, и бесчисленное множество других приложений.

Каждый год разрабатываются сотни новых алгоритмов, задающих компьютеру те или иные последовательности действий. Однако принципиальная особенность обучаемых машин состоит в том, что вместо их детального программирования мы ставим перед ними глобальную цель, например: «Научись играть в шахматы». Как и человек, они начинают с приобретения «жизненного опыта». Обучающие алгоритмы распадаются на пять категорий, каждая из которых восходит к конкретной научной области. Один из примеров — обучение компьютера имитации естественного отбора через последовательное изменение алгоритмов.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Создание искусственного интеллекта можно рассматривать как часть эволюции человека. На следующем ее этапе нам понадобится так называемый универсальный алгоритм. Он объединит в себе пять основных способов, какими нынешние обучаемые машины совершенствуют друг друга.
- Любая технология расширяет возможности человека. Машины не обладают свободой воли, цели и задачи задаем мы. Нас должно беспокоить не превосходство роботов над нами, а неправильное использование технологий.
- Наиболее вероятный сценарий развития ИИ на ближайшее будущее — совершенствование наших «цифровых двойников», виртуальных моделей, способных взаимодействовать с бесчисленным числом других. Все это должно помочь нам делать ежедневно множество осознанных выборов с невероятной скоростью.

ОБ АВТОРЕ

Педро Домингос (Pedro Domingos) — профессор компьютерных наук из Вашингтонского университета, автор книги «Верховный алгоритм» (*The Master Algorithm*, 2015). Член Ассоциации по продвижению искусственного интеллекта (AAAI). Живет близ Сиэтла.



В лаборатории креативных машин в Колумбийском университете пытаются научить примитивных роботов ползать или летать, для чего периодически комбинируют и видоизменяют 3D-печать для каждой следующей генерации. Начав со случайно собранных ботов, только-только научившихся перемещаться, конструкторы получали через тысячи генераций конструкции «робот-паук» и «робот-стрекоза».

Как известно, эволюция — медленный процесс. Углубленное обучение, наиболее популярная сегодня парадигма, инспирирует работу головного мозга. Мы начинаем с простейшей математической модели, описывающей работу нейрона, затем создаем сеть из тысяч миллионов элементов и обучаем ее постепенному упрочнению связей между нейронами, которые активизируются одновременно, как только получают сигнал. Такие нейронные сети способны распознавать лица, понимать человеческую речь и переводить тексты с одного языка на другой с беспрецедентной точностью. Машинное обучение начинает проникать в область психологии. Подобно нам, людям, аналоговые алгоритмы способны решать новые задачи, отыскивая сходные ситуации в памяти.

Машины можно обучить автоматизировать научные методы. Формулируя какую-нибудь новую гипотезу, символический «учитель» инвертирует процесс дедукции: я знаю, что Сократ — человек; какая еще информация мне нужна, для того чтобы утверждать, что он смертен? Допустим, нам достаточно знать, что человек смертен; тогда эту гипотезу можно проверить, посмотрев, смертны ли все другие люди из поколения Сократа. Ева, биоробот, созданный в Манчестерском университете в Англии, использовала этот подход для создания потенциального противомаларийного средства. Исходя из данных о конкретном заболевании и знакомства с основами молекулярной биологии, она выдвинула ряд гипотез по поводу того, какие семейства лекарственных средств могли бы работать,

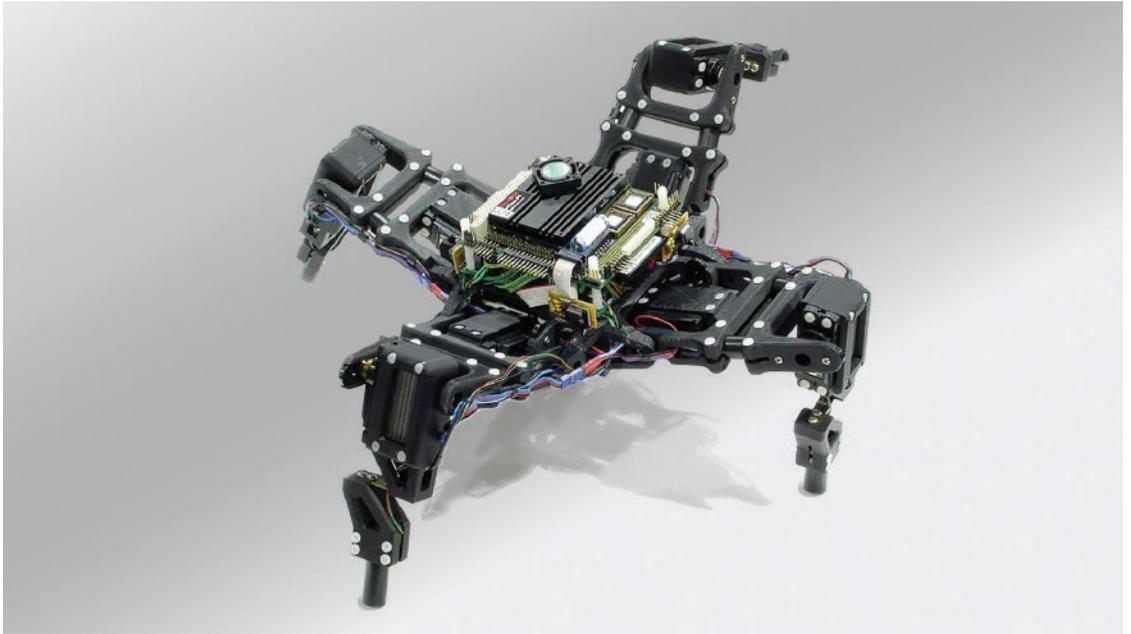
спланировала эксперимент для их проверки, провела его в роболaborатории, многократно проверила и отвергла одну возможность за другой и остановилась, только когда ее все устроило.

Наконец, обучаемые машины могут работать, полагаясь только на математику и прежде всего — на теорию вероятностей Байеса. Согласно этой теории, гипотезам, основанным на нашей информации, приписывается некая исходная вероятность, а затем та, которая лучше других согласуется с имеющимися данными, считается более приемлемой, чем все оставшиеся. Таким образом, каждой из гипотез придается определенный вес — тем больший, чем она вероятнее. Машины, сконструированные по принципу Байеса, иногда ставят бо-

Обучаемые машины могут работать, полагаясь только на математику и прежде всего — на теорию вероятностей Байеса. Сконструированные по принципу Байеса, они иногда ставят более точный диагноз, чем врачи

лее точный диагноз, чем врачи. На их основе создаются фильтры, не пропускающие спам, и системы, которые Google используют для отбора недостающей информации.

У каждого типа обучающих машин есть свои сильные и слабые стороны. Так, глубокое обучение оптимально для решения проблем восприятия, например зрения и слуха, и для распознавания речи, но не для проблем когнитивного характера, таких как приобретение обычных знаний или умение обосновывать те или иные положения. При символическом обучении все



Умный бот. Эта «морская звезда» использует эволюционные алгоритмы для моделирования самой себя. Подобные алгоритмы — один из видов машинного обучения, который в сочетании с другими позволяет создать «универсальный алгоритм», мощнейший инструмент — помощник человека.

наоборот. Эволюционные алгоритмы способны решать более сложные задачи, чем построение нейронных сетей, но для достижения цели требуют очень много времени. Аналоговые методы могут использоваться при обучении совсем небольшое число установок, но становятся в тупик, когда получают о каждой из них слишком много информации. Обучение по Байесу особенно полезно, когда вы имеете небольшой объем данных, и может быть необоснованно дорогим при работе с массивами данных.

Такое разнообразие сфер применения подталкивает разработчиков к заимствованию всего лучшего, на что способны обучаемые машины, составлению некоей компиляции. Подобно инженеру, пытающемуся изготовить ключ, который открывал бы все замки, мы стараемся разработать многоцелевой алгоритм — такой, который мог бы обучить всему, что можно извлечь из имеющихся данных, всей заключенной в них информации.

Нам нужно решить такую же задачу, как и физикам: квантовая механика успешно справляется с описанием природы вещей в микромире, а общая теория относительности — с явлениями космического масштаба, но эти две разномасштабные сущности необходимо как-то примирить. И, следуя Джеймсу Клерку Максвеллу, объединившему свет, электричество и магнетизм и создавшему

теорию электромагнитного поля, разные группы ученых, в том числе и наша из Вашингтонского университета, ищут пути к унификации двух или более парадигм обучения машин. Прогресс в науке развивается нелинейно, и мы не можем предвидеть, когда произойдет полная унификация алгоритмов. Это вовсе не обязательно приведет к появлению новой, доминирующей когорты машин. Вероятнее всего, это ускорит прогресс человечества.

Смена парадигм

Как только мы создадим универсальный алгоритм с использованием огромного массива данных, содержащихся в каждом из нас, системы искусственного интеллекта в принципе смогут построить очень точные и детальные модели любого человека: описать его вкусовые предпочтения и привычки, слабые и сильные стороны; способность к запоминанию, желания, убеждения и личностные характеристики, близких ему людей и животных, его поведение в той или иной ситуации. Подобные модели смогут предугадывать, какой выбор мы сделаем в определенных обстоятельствах.

Есть опасение, что машины с такими возможностями используют новоприобретенные знания для того, чтобы выполнять за нас всю работу, подчинить нас

себе и даже уничтожить. Однако это вряд ли случится, поскольку они не обладают собственной волей. Практически все ИИ-алгоритмы руководствуются тем, что мы в них заложили; они, например, без труда найдут кратчайший путь от отеля до аэропорта, если перед ними поставить такую цель. Отличие алгоритмов высокого уровня от обычных заключается в их изощренности в решении задачи, в поиске оптимальных путей, обычные же алгоритмы просто выполняют определенную, заданную человеком последовательность действий. Даже если они приобретают в ходе работы какие-то новые навыки, цель их действий остается прежней. Решения, которые не направлены к достижению поставленной цели, автоматически отбрасываются. Кроме того, мы всегда можем проверить, соответствует ли продукт, «выпущенный» машиной, нашим желаниям. Мы следим за тем, чтобы машина не вышла в своих действиях за рамки наложенных нами ограничений, что-то вроде соблюдения правил дорожного движения.

Однако когда мы представляем себе искусственный интеллект, мы склонны проецировать на него человеческие качества, такие как воля и сознание. Большинство из нас также больше знакомы с человекоподобными умными машинами, такими как домашние роботы, чем с множеством машин других типов, которые выполняют свою работу «за кулисами». Голливуд усугубляет это восприятие, изображая роботов похожими на людей, — понятная тактика, которая делает историю более привлекательной. Искусственный интеллект просто-напросто позволяет решать сложные задачи — те, для которых не нужна свобода воли. То, что он способен обернуться против нас, не более вероятно, чем если бы наша рука ударила нас. Как и все технологии, он лишь расширяет наши собственные возможности. И чем совершеннее он будет, тем лучше для нас.

Что же нас ждет в будущем? Умные машины освободят нас от многих видов деятельности, но результат будет сходным с тем, к которому привела промышленная революция. 200 лет назад большинство жителей Америки занимались сельским хозяйством. Сегодня почти всех их вытеснили машины, и это не привело к массовой безработице. Скептики возражают, что сейчас другие времена, поскольку ИИ-машины

замещают наши мозги, а не просто мускулы, по сути, не оставляя человеку ничего. Но до тех времен, когда ИИ сможет взять на себя абсолютно все, очень далеко, а скорее всего этого вообще не произойдет. Что касается обозримого будущего, то у ИИ и человека будут разные сферы деятельности. Самое главное, в чем обучаемые машины превзойдут человека, состоит в снижении ценности интеллекта в том смысле, что они опосредуют появление множества экономически полезных применений интеллекта, создавая новые виды деятельности и преобразуя старые так, чтобы они становились более результативными при тех же затратах человеческих ресурсов.

Описанный здесь сценарий можно назвать «сингулярным»; его поклонником и пропагандистом выступает футуролог Рэй Курцвейл (Ray Kurzweil). Это один из самых «быстрых» среди когда-либо существовавших ускорителей технологического прогресса: машины обучают создавать

Ваш цифровой двойник заменит вас практически во всех видах виртуальных взаимодействий: просмотрит все варианты покупки и расскажет вам о них, заменит вас на интервью с работодателем, проанализирует возможные способы лечения и порекомендует наиболее эффективные

еще лучшие машины, те, в свою очередь, — еще более умные, и т.д. Но, как известно, этот процесс не может длиться вечно, поскольку законы физики налагают строгие ограничения на мощность даже квантового компьютера, и похоже, мы не так уж далеки от этого предела. Прогресс в области искусственного интеллекта, как и в любой другой области, в конце концов выходит на плато.

Другая популярная среди футурологов концепция заключается в том, что компьютерные модели будут настолько совершенны, что их нельзя будет отличить от исходного объекта (или субъекта). Согласно этому сценарию, мы можем загрузить себя в определенное облако и постоянно находиться там как часть программы,

не связанные никакими ограничениями физического мира. Одна из проблем этого сценария заключается в том, что он может быть биологически несостоятельным. Чтобы загрузить себя, необходимо вначале с высокой точностью смоделировать каждый нейрон вместе с той информацией, которую он передает. Эта «копия» должна быть настолько реалистична, чтобы предсказания модели нельзя было тут же отделить от поведения настоящих нейронов, — нелегкая задача! Но даже если бы эта опция была достижима, согласились бы вы быть загруженными в программу, будь у вас такой шанс? Где гарантия, что в вашей модели не будет упущена какая-нибудь существенная часть — или что она вообще будет что-либо осознавать? Что если вирус украдет вашу идентичность в полном смысле этого слова? Мне кажется, любой из нас предпочтет остаться в своей «мягкой», углеродной ипостаси — как в шутку это называют компьютерщики, *wetware* (в отличие от *software*).

Учитывая, как быстро совершенствуются обучаемые машины, а прогнозирующие полицейские системы уже используются, можно сказать, что сценарий фильма «Особое мнение» (где людей арестовывают превентивно, когда они как бы задумывают что-то противозаконное), уже не кажется абсурдным

Ищите человека

Искусственный интеллект, в частности обучающие машины, — в буквальном смысле продолжатель эволюции человека. Ричард Докинз в книге «Расширенный фенотип» (*The Extended Phenotype*) показывает, как легко гены животных манипулируют окружающей средой — начиная с кукушечьих яиц и кончая бобровыми плотинами. Любая технология — это расширение человеческого фенотипа, и то, что мы создаем сегодня, — очередной слой нашего технологического экзоскелета. Я думаю, наиболее вероятный сценарий того, как человек

будет использовать искусственный интеллект, далеко выходит за рамки наших сегодняшних спекуляций.

В ближайшее десятилетие у каждого из нас, вероятно, будет свой «цифровой двойник», ИИ-компаньон, гораздо более полезный, чем современный смартфон. Этот двойник не должен будет находиться у вас в кармане или где-нибудь поблизости. Скорее всего он будет «жить» в облаке, так, как это происходит сегодня с большинством ваших данных. Его прообразом может служить виртуальный ассистент, такой как *Siri*, *Alexa* и *Google Assistant*. «Сердцем» двойника будет ваша модель, построенная исходя из всей информации, которую вы поставили когда-либо цифровому миру: от настольного компьютера и различных интернет-сайтов до гаджетов и сенсоров, говорящих устройств и видеокамер.

Чем совершеннее становится алгоритм и чем больше персональных данных в него заложено, тем адекватнее становится наш цифровой двойник. Создав универсальный алгоритм и соединив его с помощью датчиков с вашей чувственно-моторной системой, вы получите цифрового двойника, знающего о вас больше, чем ваши ближайшие друзья.

Сама модель и соответствующая информация будут храниться в «банке данных», сходном с обычным банком, в котором вы держите свои сбережения. Наверняка многие компании хотели бы оказывать подобные услуги. Сооснователь *Google* Сергей Брин заявил, что *Google* желал бы стать «третьей частью вашего мозга», но вы сами вряд ли согласитесь на такое замещение.

Несмотря на все сказанное выше, основная угроза человечеству от искусственного интеллекта связана не с тем, что он самопроизвольно превратится в монстра, а с тем, что человек, который им управляет, воспользуется им ненадлежащим образом. И первейшая задача банка данных будет состоять в том, чтобы вашу модель никто не мог использовать в обход вас. Вместе с банком вы должны тщательно следить за тем, чтобы к модели не получили доступа криминальные элементы. Понадобится создать ИИ-полицию (полицию Тьюринга, как назвал ее Уильям Гибсон в своей книге «Нейромант», вышедшей в 1984 г.), отлавливающую таких мошенников.

Если вы по несчастью живете в авторитарном государстве, то этот сценарий крайне опасен, поскольку власти могут следить за вами и контролировать все ваши

действия. Учитывая, как быстро совершенствуются обучаемые машины, а прогнозирующие полицейские системы уже используются, можно сказать, что сценарий фильма «Особое мнение» (где людей арестовывают превентивно, когда они как бы задумывают что-то противозаконное), уже не кажется абсурдным. Мир начинает жить с цифровыми двойниками прежде, чем все мы освоили хотя бы одного.

Наша первая задача как личностей будет состоять в том, чтобы не подлаживаться к своим цифровым двойникам и не слишком им доверять. Легко забыть, что ИИ подобен погруженному в себя ученому и останется таким и в будущем. Со стороны ИИ кажется беспристрастным, даже совершенным, но он тоже способен ошибаться, как и мы сами, хотя и по-другому. Например, у ИИ отсутствует здравый смысл и он может совершить ошибку, которую мы никогда не сделаем, скажем, принять человека, переходящего улицу, за гонимый ветром пластиковый пакет. Он склонен воспринимать наши инструкции слишком буквально, сообщая нам в точности то, о чем мы спрашивали, вместо того, что мы действительно хотели бы узнать. Поэтому стоит дважды подумать, прежде чем приказывать своему беспилотному автомобилю доставить вас в аэропорт вовремя любой ценой.

С житейской точки зрения наш цифровой двойник мог бы заменить нас во всех видах виртуальных взаимодействий. Это не означает, что он вытеснит нас из жизни, но он мог бы принимать за вас решения, если вы заняты до предела или вам не хватает усидчивости или знаний. Он читал бы все книги, доступные на *Amazon*, и предлагал вам те, которые могли бы заинтересовать вас больше всего. Вы хотите купить автомобиль — ваш цифровой двойник просмотрит все варианты и расскажет вам о них. Вы ищете работу — двойник заменит вас на интервью с работодателем и предложит наиболее подходящее место. Допустим, у вас диагностировали рак. Ваш двойник проанализирует возможные способы лечения и порекомендует наиболее эффективные. (Вы сможете также подключить свое цифровое «я» к медицинским исследованиям, если сочтете это этичным.) Если вы ищете партнера для романтических отношений, ваш двойник просмотрит миллионы виртуальных кандидатов. Выбранные им киберпартнеры вполне могут оказаться вашими спутниками в реальной жизни.

По существу, ваш двойник проживает в киберпространстве бесчисленное количество жизней, но та одна, которую проживаете в физическом мире вы, будет лучшей. Будут ли ваши смоделированные жизни хоть сколько-нибудь похожи на «реальную», а ваш кибердвойник обладать самосознанием (как персонажи в некоторых эпизодах сериала «Черное зеркало») — интересный философский вопрос.

Многих беспокоит, что мы отдадим свои жизни под контроль компьютерам. На самом же деле еще большим контролем будем обладать мы, поскольку получим возможность делать выбор, о котором раньше вообще не подозревали. Кроме того, ваша модель будет извлекать уроки из каждого своего виртуального действия, так что со временем научится лучше понимать ваши желания и предлагать варианты, максимально приближенные к тому, чего вы действительно хотите.

Вообще-то мы уже привыкли к тому, что большинство решений мы принимаем без осознанного вмешательства в работу головного мозга. Наш цифровой двойник — это подобие расширенного подсознания, но с одним очень важным отличием: в то время как ваше расширенное подсознание существует изолированно в вашей голове, цифровой двойник непрерывно взаимодействует со своими «коллегами» других людей и других систем. Двойники разных людей будут стремиться обучать друг друга, образуя сообщество моделей, живущих на компьютерных скоростях, бродящих по «саду расходящихся тропок», выясняя, что бы делали мы, оказавшись там. Наши машины будут нашими разведчиками, освещающими путь в будущее для нас как личностей и как вида. Куда они нас приведут? И куда мы сами выберем идти? ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Квон Д. Самообучающиеся роботы // ВМН, № 5–6, 2018.
- The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World. Pedro Domingos. Basic Books, 2015.
- The Digital Mind: How Science Is Redefining Humanity. Arlindo Oliveira. MIT Press, 2017.

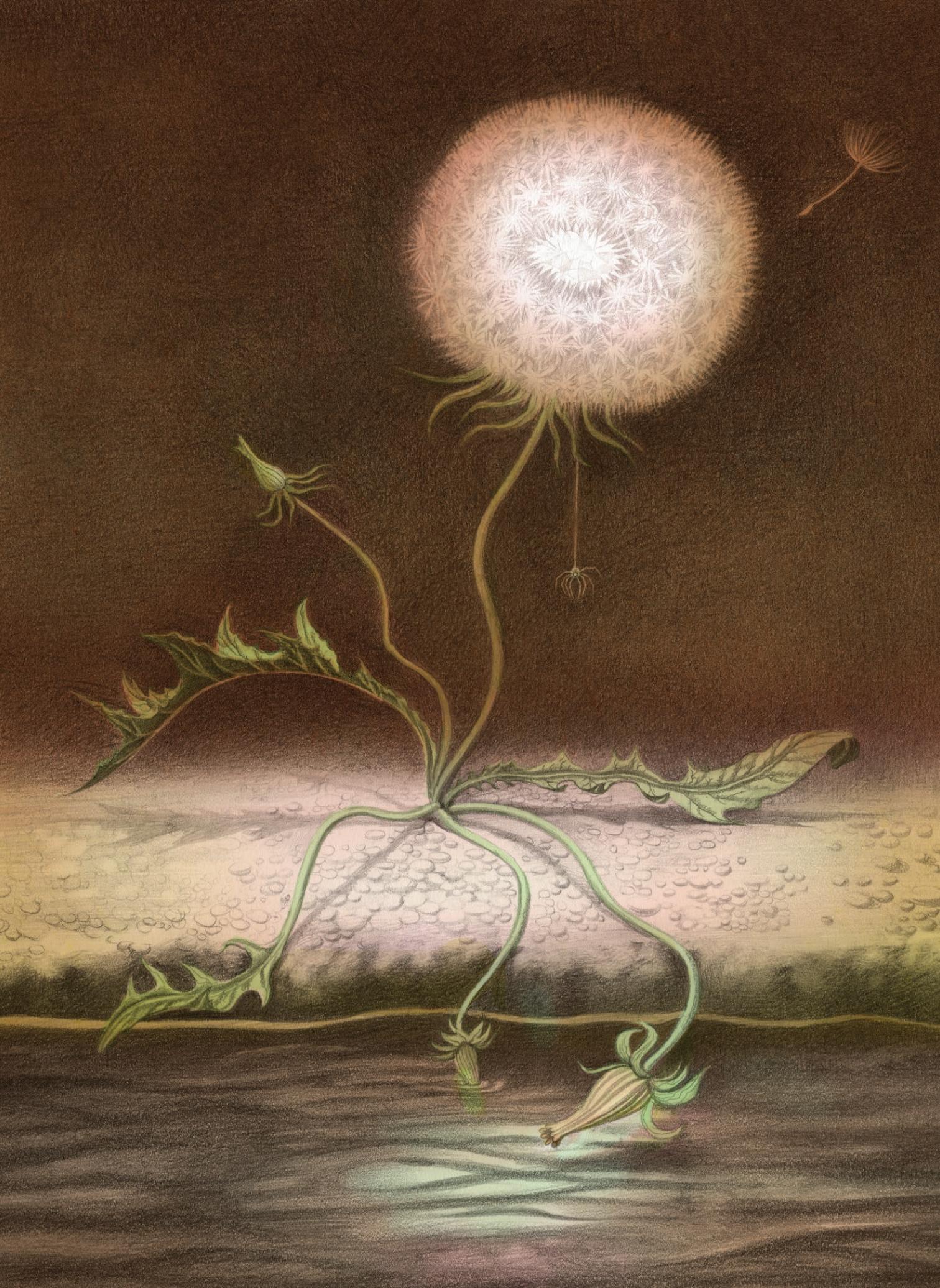
ЧАСТЬ III

Время
нас

ПОЧЕМУ МЫ —
ВЕРОЯТНО,
ЕДИНСТВЕННАЯ
РАЗУМНАЯ
ЖИЗНЬ
В ГАЛАКТИКЕ

**ОДНИ
ПОСРЕДИ
МЛЕЧНОГО
ПУТИ**

Джон Гриббин





а сегодня астрономы нашли в Млечном Пути тысячи планет, обращающихся вокруг других звезд, и еще 100 млрд звезд нашей Галактики, скорее всего, имеют собственные планеты. Принимая во внимание невероятное число звезд вокруг, ученые легко могли бы предположить, что некоторые из них стали прибежищем разумных существ. Или же среди множества других миров Земля — уникальная планета?

Не исключено. Оптимизм в отношении возможности существования разумной внеземной жизни оставляет без внимания известные нам факты, свидетельствующие о том, как появились люди. Мы находимся здесь в результате длинной цепи невероятных совпадений — множество обстоятельств, огромное их число, должны были сложиться именно так и не иначе, чтобы в конце концов возникла ситуация, в итоге которой появились мы. По сути, эта цепь настолько невероятна, что имеются веские основания, позволяющие прийти к заключению, что люди — по всей видимости, единственная технологически развитая цивилизация в Галактике. (Давайте оставим в покое другие бесчисленные галактики в космосе, поскольку, как говорится, «в бесконечной Вселенной случиться может все что угодно».)

Удачное время появления

Это случайное совпадение обстоятельств начинается с образования тяжелых элементов, которые включают все, что тяжелее водорода и гелия. Первые звезды родились более 13 млрд лет назад в облаках из этих двух самых легких элементов, остатков Большого взрыва. Около них не могли образоваться планеты, поскольку не было вещества, из которого они могли бы сформироваться, — ни углерода, ни кислорода, ни кремния, ни железа, ни каких-либо

других металлов (со снисходительным пренебрежением к химическим премудростям астрономы называют металлами все элементы, что тяжелее водорода и гелия).

Металлы образуются внутри звезд и распространяются по космосу, когда, умирая, звезды разбрасывают вещество, из которого они состоят, иногда в виде грандиозных взрывов сверхновых. Их вещество обогащает межзвездные облака, и поэтому каждое последующее поколение звезд, сформировавшихся из этих облаков, содержат больше металлов, чем предыдущее поколение. Когда примерно 4,5 млрд лет назад появилось Солнце, в нашем галактическом окружении это обогащение шло уже не протяжении нескольких миллиардов лет. Но даже в этих условиях Солнце содержит примерно 71% водорода, 27% гелия и лишь 2% металлов. Его состав отражает состав облака, из которого произросла Солнечная система, поэтому каменные планеты, включая Землю, сформировались лишь из мизерной доли того элементарного строительного материала. Звезды более старые, чем Солнце, имеют в своем составе еще меньше металлов и, соответственно, меньшую вероятность произвести каменные планеты земного типа (газовые гиганты, такие как Юпитер, сформировать легче, но вероятность, что на них есть жизнь, еще меньше). Это значит, что даже если

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- При таком большом количестве экзопланет в Галактике логичным было бы ожидать, что жизнь в ней широко распространена. Но наша развитая цивилизация возникла благодаря случайному стечению множества событий и абсолютно невероятно, чтобы такое счастливое стечение обстоятельств имело место где-нибудь еще.
- Например, время зарождения нашей Солнечной системы в истории Галактики было счастливой случайностью, так же как и наше местоположение в Млечном Пути. Более того, несколько характерных особенностей нашей планеты очень редки, а условия, способствовавшие вспышке на ней эволюции жизни, вероятно, невозпроизводимы когда-либо еще.
- Пожалуй, самым невероятным из всего стало развитие нашего технологически продвинутого вида из первых искр жизни — успех, по-видимому, уникальный.

Цепь невероятных обстоятельств

Много событий должно было сложиться необходимым образом, чтобы мы сегодня жили на Земле. Счастливая случайность во времени и месте рождения нашей звезды и планет, а также благоприятные условия на нашей планете и благоприятный ход эволюции жизни привели к появлению человеческих существ.

Время

Если бы Солнце и Земля родились раньше в галактической истории, то наша планета, вероятно, содержала бы слишком мало металлов (элементов тяжелее водорода и гелия), чтобы на ней смогла сформироваться жизнь. Эти элементы образуются во время смертной агонии звезд, и требуются миллиарды лет, чтобы достаточно звезд образовались и умерли, пополнив запасы веществ, из которых состоит наша Солнечная система.

Местоположение

Солнце расположено в Млечном Пути в так называемой зоне жизни — не слишком близко к центру Галактики, где звезды более скучены и опасные явления, такие как сверхновые и гамма-всплески, — обычное дело, и не слишком далеко, где звезды слишком редки, чтобы произвести достаточное количество металлов для формирования каменных планет.

Условия обитания на планете

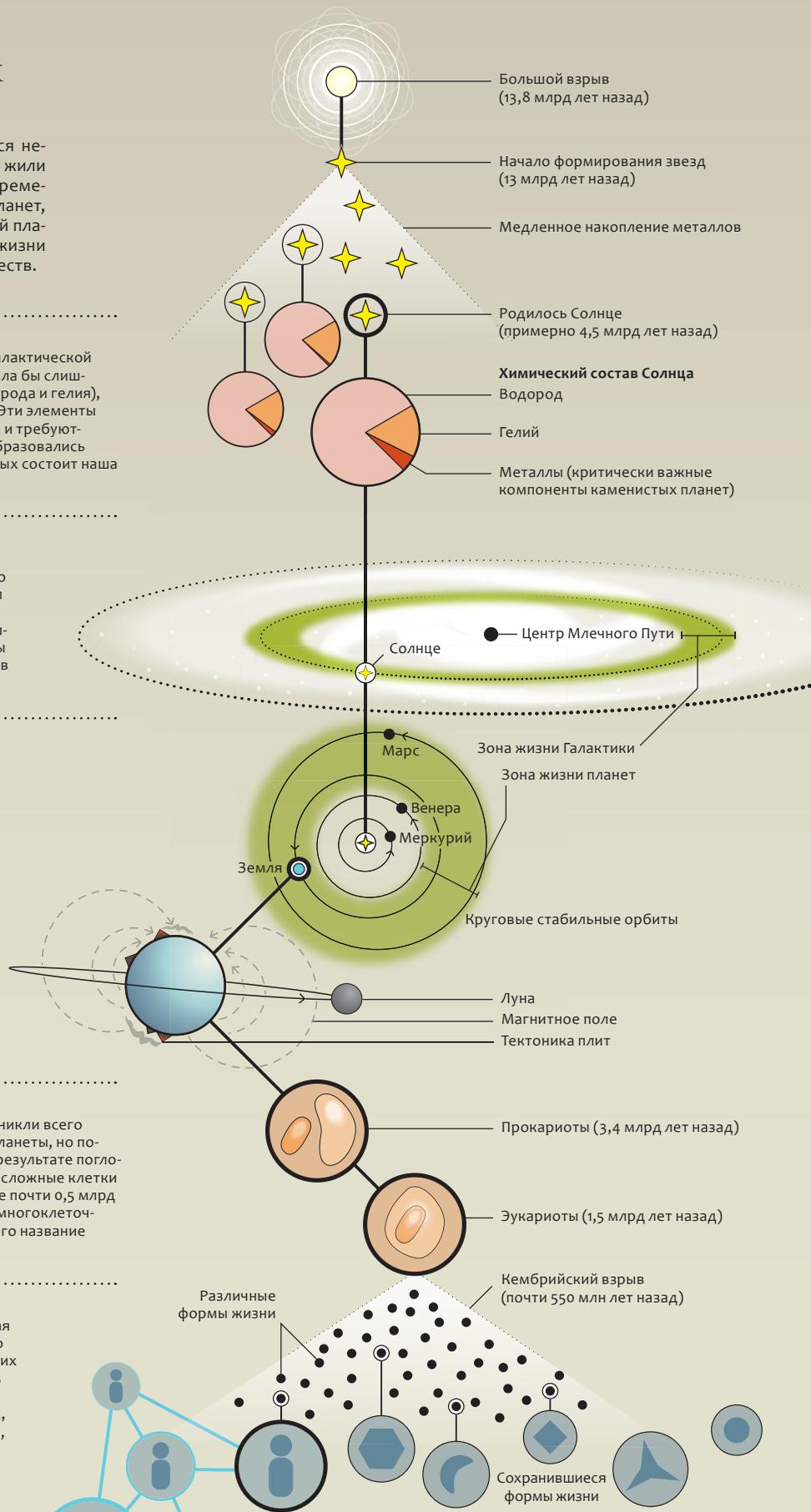
Внутри нашей Солнечной системы Земля расположена в идеальном месте для поддержания благоприятных температурных условий и существования воды в жидком виде (зона жизни для планет). Земле повезло и в том, что у нее есть магнитное поле, способное противостоять губительной радиации, и что постоянно идут тектонические процессы в литосферных плитах, благодаря которым пополняются запасы питательных веществ и стабилизируется температурный режим. Наша Луна, вероятно, способствует обоим этим благоприятным обстоятельствам; она также предотвращает слишком сильное раскачивание оси вращения Земли.

Первобытная жизнь

Одноклеточные организмы (прокариоты) возникли всего через миллиард лет после рождения нашей планеты, но потребовалось еще долгих 2 млрд лет, чтобы в результате поглощения одной клетки другой появились более сложные клетки (эукариоты). Но даже после этого прошло еще почти 0,5 млрд лет, прежде чем на Земле распространились многоклеточные формы жизни в ходе события, получившего название Кембрийский взрыв.

Технологическая цивилизация

Даже после того как возникла многоклеточная жизнь, появление в ходе эволюции разумного вида было отнюдь не гарантировано. Мы до сих пор не знаем, каким образом люди развились настолько далеко по сравнению с нашими близкими родственниками из мира животных, но, как показывает анализ ДНК, даже наш вид, возможно, несколько раз находился на грани исчезновения.





ОБ АВТОРЕ

Джон Гриббин (John Gribbin) — популяризатор науки, астрофизик и приглашенный научный сотрудник-астроном Суссекского университета в Англии. Автор книги «Одинокое во Вселенной: почему наша планета уникальна» (*Alone in the Universe: Why Our Planet Is Unique*, 2011).

мы — не единственная технологически развитая цивилизация в Галактике, то, по-видимому, одна из первых.

Удачное местоположение

Наше расположение в Млечном Пути — также благоприятствующий фактор. Солнце находится в тонком диске из звезд, диаметром примерно 100 тыс. световых лет, примерно в 27 тыс. световых лет от центра Галактики, что составляет чуть более половины расстояния до ее края. В общем и целом звезды, находящиеся ближе к центру, содержат больше металлов и там больше старых звезд. Такая ситуация типична для дисковых галактик, которые, по-видимому, растут от центра к периферии.

Высокое содержание металлов может показаться хорошим обстоятельством с точки зрения формирования каменных планет, но, возможно, это не так уж и хорошо для существования жизни. Одна из причин высокого содержания металлов заключается в том, что чем ближе к центру Галактики, тем более плотно расположены звезды, и поэтому там много сверхновых, которые испускают излучение высокой энергии — рентгеновские лучи и потоки заряженных частиц, называемые космическими лучами, — губительное для планет ближайших к ним звезд. Кроме того, центр Галактики — это прибежище очень большой черной дыры под названием Стрелец A*, которая время от времени выплескивает мощные потоки радиации.

Помимо этого, существует проблема еще более интенсивных космических катаклизмов, называемых гамма-всплесками. Используя результаты недавних исследований гравитационных волн, астрономы выяснили, что некоторые из этих взрывов вызваны слиянием нейтронных звезд. Наблюдения гамма-всплесков в других галактиках показывают, что они чаще всего происходят в густонаселенных внутренних областях галактик. Один такой всплеск мог бы стерилизовать все планеты в галактическом центре Млечного Пути (*область в центре нашей Галактики радиусом около 3 тыс. световых лет. — Примеч. пер.*), и статистика, базирующаяся на изучении других галактик, дает основания предполагать, что в нашей

Галактике такой всплеск случается в среднем раз за время от 1 до 100 млн лет.

Вдали от центра Галактики все эти катастрофические космические явления оказывают более слабое влияние, но и звезды там встречаются реже, и содержание металлов в них ниже, а значит и меньше каменных планет, если они вообще там присутствуют. Приняв все это во внимание, астрономы, в том числе и Чарлз Лайнвивер (Charles. H. Lineweaver) из Австралийского национального университета, высказали предположение, что существует «галактическая зона жизни», простирающаяся на расстоянии примерно от 23 тыс. до 30 тыс. световых лет от центра Галактики (всего примерно 7% ее радиуса) и содержащая менее чем 5% звезд ввиду того, что их плотность растет по направлению к ее центру. Эта область все же содержит в себе достаточно много звезд, но исключает возможность существования жизни для большинства из них в нашей Галактике.

Солнце расположено ближе к средней зоне жизни, но другие исключительные астрономические характеристики выделяют нашу Солнечную систему на фоне остальных. Например, существуют определенные свидетельства того, что стройная картина движения планет по почти круговым орбитам, способствующая их долговременной стабильности, достаточно редка, и хаотичность, присущая большинству планетных систем, не обеспечивает того спокойствия, которое позволило развиваться жизни на Земле.

Особенная планета

Все разговоры о планетах земного типа затуманивают еще одно критическое отличие. Астрономы обнаружили примерно 50 таких планет, но, когда они говорят «планеты земного типа», все, что они имеют в виду, — это каменная планета размером примерно с Землю, расположенная в зоне жизни своей звезды. Согласно этому критерию, самая похожая на Землю планета — это Венера, но вы никогда не сможете там жить. Да и сам факт того, что вы можете жить на Земле, — результат стечения случайных обстоятельств.

Эти две планеты отличаются несколькими важными характеристиками. На Венере толстая кора, отсутствуют признаки тектоники плит и фактически нет магнитного поля. У Земли тонкая подвижная кора, где тектоническая активность, особенно у границ литосферных плит, выносит на поверхность вещество в результате вулканических процессов. В течение длинной истории Земли эта активность вынесла руды туда, где люди могут их добывать, чтобы обеспечить сырьем нашу технологическую цивилизацию. Тектонические процессы, помимо всего прочего, подняли на поверхность питательные вещества, чтобы заменить те, запасы которых истощились в результате жизнедеятельности клеток, а это критически важно для рециркуляции углерода и стабилизации температурного режима в течение длительного периода. У Земли есть также большое металлическое (в общепринятом смысле этого слова) ядро, которое в совокупности с его быстрым вращением создает сильное магнитное поле, экранирующее ее поверхность от губительного космического излучения. Без этого щита наша атмосфера, скорее всего, была бы разрушена, а все живые существа на поверхности поджарились.

Все эти отличительные признаки нашей планеты непосредственным образом связаны с Луной — еще одним фактором, который отсутствует у Венеры и многих других планет земного типа. Наиболее правдоподобное объяснение ученых состоит в том, что Луна образовалась на раннем этапе истории Солнечной системы, когда объект размером с Марс столкнулся с зарождающейся Землей в скользящем ударе, который привел к плавлению обеих протопланет. Металлическое вещество от двух небесных тел переместилось в центр Земли, а значительная часть исходного более легкого каменистого материала выплеснулась и превратилась в Луну, оставив Землю с более тонкой, чем до того, корой. Не случись этого столкновения, Земля осталась бы стерильной каменной глыбой вроде Венеры, без магнитного поля и тектоники плит. Присутствие такой большой Луны помимо всего прочего стало стабилизирующим фактором для нашей планеты. На протяжении многих тысячелетий ось Земли колеблется во время ее движения вокруг Солнца, но благодаря гравитационному влиянию Луны она никогда не отклоняется далеко от вертикали, как это мы, по-видимому, имеем в случае Марса.

Невозможно сказать, как часто происходят подобного типа столкновения, в результате которых образуются двойные системы вроде Земли и Луны. Но понятно, что они редки, и без нашего естественного спутника нас, скорее всего, не было бы.

Особенная форма жизни

Сразу после того, как система «Земля — Луна» стабилизировалась, жизнь на нашей планете зародилась с неприличной быстротой. Если оставить в стороне сомнительные утверждения, обосновывающие существование еще более древних существ: ученые обнаружили окаменевшие останки одноклеточных организмов в горных породах, возраст которых составляет 3,4 млрд лет — всего лишь примерно на миллиард лет моложе, чем сама Земля. На первых порах это казалось хорошей новостью для всех, кто надеялся найти инопланетян, — ведь если жизнь на Земле началась так скоро, она с такой же легкостью могла возникнуть и на других планетах? Но загвоздка в том, что хотя она и зародилась, она не намного продвинулась в течение последующих 3 млрд лет. Реальность такова, что микробы, которые практически идентичны тем первоначальным клеткам бактерий, и сегодня живут на Земле — это, по-видимому, самые успешные организмы в истории жизни на нашей планете и классический пример, подтверждающий поговорку «Не пытайся чинить вещь, если она не сломана».

Эти простейшие клетки, называемые прокариотами, — не более чем крошечные пакетики с желе, содержащим молекулы жизни, такие как ДНК, но без центрального ядра и специализированных структур, таких как митохондрии, в которых химические реакции генерируют энергию, необходимую клеткам в вашем теле. Более сложные клетки, из которых состоят животные и растения, называются эукариотами, и все они — результат одного-единственного акта слияния клеток, состоявшегося примерно 1,5 млрд лет назад.

Произошло слияние первобытных одноклеточных организмов двух видов: бактерий и архей. Последние названы так потому, что раньше считалось, что они древнее бактерий. Полученные к настоящему времени свидетельства дают основания предполагать, что обе формы возникли примерно в одно и то же время, когда жизнь впервые появилась на Земле, — а это означает, что когда бы жизнь ни возникла, фактически она возникла дважды. Поселившись

здесь, они занимались своим делом практически в неизменном виде в течение примерно 2 млрд лет. Это «дело», помимо прочего, заключалось в «поедании» других прокариотов: заглатывании их и использовании их питательных веществ.

Затем случился драматический поворот: одна из архей заглотила бактерию, но не «переварила» ее. Бактерия поселилась в новой клетке — первом эукариоте — и в ходе эволюции стала выполнять в ней специфические функции, предоставив своей хозяйке свободу развиваться, не беспокоясь о том, откуда взять энергию. Затем клетка повторила трюк, став еще более сложной.

Схожесть между клетками высокоорганизованных форм жизни на Земле показывает, что все они произошли от одного-единственного одноклеточного предка, — как любят говорить биологи, на клеточном уровне нет никакой разницы между вами и грибом. Конечно же не исключено, что этот трюк случался не один раз, но даже если так оно и было, другие протоэукариоты не оставили после себя потомков (вероятно, потому что всех их съели). Показателем того, насколько невероятно одно-единственное такое слияние клеток, служит тот факт, что для того, чтобы оно произошло, потребовалось 2 млрд лет эволюции.

Но даже после этого почти ничего не происходило на протяжении последующего миллиарда лет или что-то около того. Первобытные эукариоты объединялись вместе, образуя многоклеточные организмы, но на первых порах это были не более чем плоские мягкотелые существа со структурой, напоминающей лоскутное одеяло. Быстрое распространение многоклеточных форм жизни, которое привело к нынешнему разнообразию видов на Земле, началось почти 550 млн лет назад, в ходе события, получившего название Кембрийский взрыв. Это было настолько феерическим феноменом, что до сих пор остается самой важной главой в палеонтологической летописи. Но никто не знает ни причины Кембрийского взрыва, ни того, какова вероятность повторения подобного события где-нибудь еще. В конечном итоге в результате извержения этого вулкана жизненных форм на свет появились виды, способные развивать технику и задавать вопрос, откуда они взялись сами.

Особенный вид

Продвижение от примитивных форм жизни к более развитым видам не было простым. История человечества записана в наших

генах настолько подробно, что с помощью анализа ДНК можно определить не только откуда взяли начало те или иные популяции, но и сколько всего их насчитывалось. Один из неожиданных выводов, сделанных на основе такого рода анализа, состоит в том, что группы шимпанзе, живущие рядом друг с другом в Центральной Африке, генетически отличаются друг от друга сильнее, чем люди, живущие на противоположных сторонах планеты. Это может означать только то, что все мы произошли от крошечной популяции людей, возможно, переживших какую-то катастрофу или катастрофы.

В частности, данные ДНК точно показывают два критических периода, имевших место в ходе эволюции. Чуть более 150 тыс. лет назад популяция людей уменьшилась до не более чем нескольких тысяч (возможно, всего лишь до нескольких сотен) родительских пар. А примерно 70 тыс. лет назад все человеческое население сократилось примерно до 1 тыс. человек. Хотя такая интерпретация данных была поставлена некоторыми учеными под сомнение, если все же она верна, все миллиарды людей на Земле произошли от этой группы, которая была настолько мала, что любой вид, численность которого снизилась бы до таких размеров сегодня, рассматривался как находящийся под угрозой вымирания.

То, что наш вид выжил и даже процветает, расплодившись в настоящее время до более чем 7 млрд человек и превратившись в технологическое общество, просто удивительно. Подобное развитие событий представляется далеко не гарантированным.

Если все это суммировать, то какой вывод мы сможем сделать? Велика ли вероятность, что жизнь существует повсюду в Галактике? Почти наверняка да, учитывая скорость, с которой она появилась на Земле. Велика ли вероятность, что сегодня существует другая технологически развитая цивилизация? Почти наверняка нет, если мы учтем цепь обстоятельств, приведших к нашему существованию. Такие соображения дают основания полагать, что мы уникальны не только на нашей планете, но и во всем Млечном Пути. И если наша планета настолько исключительна, становится еще более важным сберечь этот удивительный мир для нас, наших потомков и многих других существ, называющих Землю своим домом. ■

Перевод: А.П. Кузнецов



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия

<http://scientificrussia.ru>



НЕЙРОБИОЛОГИЯ

Битва МОЗГОВ

В новом исследовании
КОГНИТИВНЫХ
способностей результаты
у собак оказались выше,
чем у их домашних
конкурентов — кошек

Джош Фишман



Многое из того, что мы считаем мышлением, происходит в верхнем слое мозга. У всех животных центральную часть мозга окружает испещренный глубокими складками слой клеток. Именно эта структура занимается объединением всех видов информации, принятием решений, интерпретацией эмоций, решением задач и формированием сложного поведения. Она называется корой больших полушарий. У человека в ней около 16 млрд нейронов, и они работают как крошечные информационные процессоры, порождая мысли.

Недавно было подсчитано количество этих клеток в головах у наших питомцев, и оказалось, что собаки намного превосходят кошек. У обычной дворняжки почти 430 млн нейронов в коре, а у кошки всего 250 млн. «У собак есть все необходимое, чтобы быть умнее кошек», — говорит Сюзана Эркулано-Узел (Suzanaerculano-Houzel), нейрoанатом из Университета Вандербильта, опубликовавшая результаты исследования в декабре прошлого года в журнале *Frontiers in Neuroanatomy*. Удивительно, что среди других хищных животных не всегда больше нейронов у тех, у кого обширнее кора больших полушарий.

Чтобы идентифицировать и подсчитать эти клетки, Эркулано-Узел, работая вместе со своей бывшей студенткой Деборой Жардим-Месседер (Débora Jardim-Messeder) и другими коллегами, превратили кору в жидкую субстанцию с помощью лабораторного аналога блендера. По словам нейрoанатома, полученный результат выглядел как нефилтрованный яблочный сок: «Мои студенты сказали, что я отбила им любовь к яблочному соку». Ученые добавили в образец вещество, которое прикрепляется только к ядрам нейронов, игнорируя другие клетки мозга.

Они выяснили, что у енота кора такого же размера, как у кошки, а нейронов там почти в два раза больше — должно быть этот результат не удивит тех домовладельцев, которые изо всех сил пытаются не допустить этих созданий с маской на морде к закрытым мусорным бакам. А у медведей мозгов оказалось мало, как у Винни-Пуха: количество нейронов было такое же, как у кошки, хотя кора больше в десять раз. Небольшое количество нейронов, по-видимому, вообще характерно для крупных млекопитающих, в том числе для львов. Вероятно, причина в том, что крупным животным и так нужно много энергии, а нейроны очень жадны до нее. Этим клеткам требуется много питательных веществ, поэтому «можно ожидать, что у животных будет не больше нейронов, чем им необходимо, поскольку за них приходится платить высокую цену», — говорит антрополог Эван Маклин (Evan Maclean), директор Центра изучения мышления собак Аризонского университета. Если мощное тело помогает животному выжить, ему может не понадобиться много мозгов.

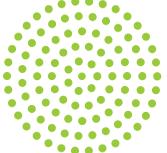
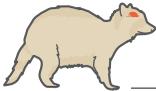
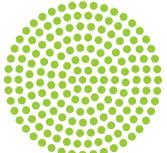
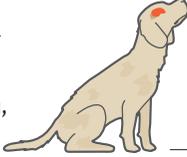
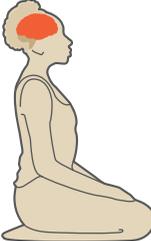
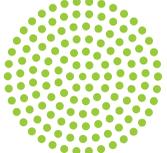
Что касается кошек и собак, то Маклин говорит, что количество нейронов в коре — не повод считать кого-то «умнее», поскольку мышление может иметь разные формы и задействовать другие отделы мозга. Он отмечает, что существуют доказательства способности собак удерживать в уме информацию дольше, чем это делают кошки, и это может быть связано с возможностями коры. Эркулано-Узел, которая держит двух собак и выслушивает от обиженных владельцев кошек, что они думают по поводу ее выводов, подчеркивает, что «любить своего питомца надо независимо от того, сколько у него нейронов в коре».

Джош Фишман (Josh Fischman) — старший редактор *Scientific American*, в декабре 2016 г. в журнале была опубликована его статья о борьбе за выживание на коралловых рифах (Фишман Д. Око в морских глубинах // *ВМН*, № 3, 2017).

Перевод: М.С. Багоцкая

Подсчет нейронов у животных

Большая кора больших полушарий или большое тело не всегда означают большое количество нейронов

ВИДЫ	Число нейронов в коре	Плотность нейронов в коре (клеток на грамм)
 <p>КОШКА Общая масса тела: 4,5 кг Масса нейронов коры больших полушарий: 24,2 г</p>	<p>Каждая черточка соответствует 50 млн нейронов</p> <p>////</p> <p>250 млн</p>	<p>Каждая точка — 100 тыс. нейронов</p>  <p>10,3 млн</p>
 <p>ЕНОТ Тело: 6,2 кг Кора: 24,5 г</p>	<p>////////</p> <p>438 млн</p>	 <p>17,9 млн</p>
 <p>СОБАКА (МЕТИС) Тело: 7,4 кг Кора: 46,2 г.</p>	<p>////////</p> <p>429 млн</p>	 <p>9,3 млн</p>
 <p>ЧЕЛОВЕК Тело: 70 кг Кора: 1233 г</p>	<p>//////////</p> <p>16,34 млрд</p>	 <p>13,3 млн</p>
 <p>БУРЫЙ МЕДВЕДЬ Тело: 350 кг Кора: 222 г</p>	<p>////</p> <p>251 млн</p>	 <p>1,1 млн</p>

ОБ АВТОРЕ

Дэвид Нунан (David Noonan) — журналист-фрилансер, пишущий на научные, в частности медицинские темы.



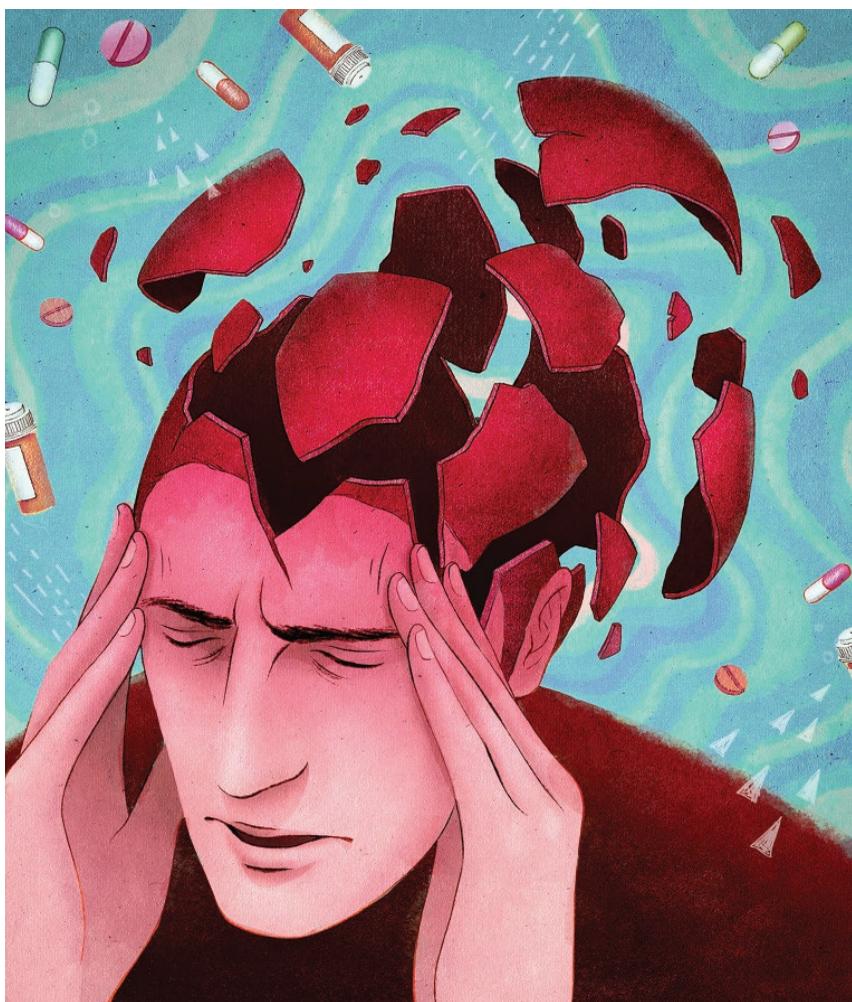
Укрощение мигрени

Природа мигрени веками оставалась для ученых загадкой. Новая теория о роли одного из черепных нервов в развитии этой болезни уже привела к созданию лекарств, предотвращающих приступы головной боли

Дэвид Нунан

63-летний президент работать не мог: его голова раскалывалась от острейшего приступа мигрени, мучившей его на протяжении всей взрослой жизни. «Лишь по утрам выпадают короткие минуты облегчения, когда я могу читать, писать или думать», — жаловался он в письме к другу. А потом страдалец до вечера запирался в темной комнате. В такой вынужденной «праздности» проводил раннюю весну 1807 г. американский президент Томас Джефферсон во второй срок своего пребывания у власти — трудоспособности его лишил недуг, и по сей день остающийся самым распространенным неврологическим расстройством в мире.

Один из авторов Декларации независимости так и не избавился от мигрени, или, как он сам называл ее, «периодической головной боли», до конца жизни, хотя после 1808 г. мучившие его приступы, похоже, ослабли. А в наши дни с мигренозными головными болями пытаются бороться 36 млн американцев. Подобно Джефферсону, который принимал от мигрени отвары из древесной коры,



содержавшей хинин, наши современники прибегают к самым необычным методам лечения — от приема сердечных лекарств до йоги и фитотерапии. Их поиски не прекращаются ни на минуту — ведь современные медики, попытки которых вскрыть причину мигрени не раз заканчивались неудачей, до сих пор не могут найти действенное средство от этой болезни.

Сегодня, похоже, длительная война с мигренью, нередко принимавшая поистине курьезный характер, вступает в новую фазу. Неврологи полагают,

Illustration by Julia Yellow

что им удалось обнаружить сверхчувствительные нервные структуры, ответственные за возникновение болей, и в настоящее время завершаются испытания препаратов, способных «успокоить» чрезмерную активность их клеток. По сути дела, эти препараты — первые лекарства в истории медицины, специально разработанные для предотвращения мигренозных головных болей. Не исключено, что уже вскоре Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) США выдаст официальное разрешение на их широкое использование. Если они окажутся при этом столь же эффективными, как и в клинических испытаниях на 1,3 тыс. пациентах, медики спасут от жутких страданий многие миллионы людей.

«Они в корне меняют привычный подход к лечению мигрени», — говорит Дэвид Додик (David Dodick), невролог из аризонского подразделения Клиники Майо и президент Международного общества головной боли. Существуют лекарства, эффективно купирующие уже начавшиеся приступы мигрени, но препарат, способный предотвращать их возникновение, и был тем святым Граалем, находки которого так долго ждали и пациенты, и врачи.

Приступы мигрени, поражающие во всем мире почти 730 млн человек, обычно продолжаются от 4 до 72 часов. Большинство пациентов подвержены спорадическим мигренозным приступам и ежемесячно до 14 дней буквально лежат пластом. Люди с хронической формой мигрени — почти 8% всех пациентов — мучаются головными болями по 15 и более дней в месяц. Приступу нередко предшествуют чувство усталости, перепады настроения, тошнота и другие симптомы. Примерно у 30% пациентов приступу предшествуют ауры — необычные зрительные ощущения в виде ярких точек, световых пятен, мерцающих зигзагов и т. д.

Методы лечения мигрени на протяжении 5 тыс. лет, то есть с тех пор, как ее симптомы были описаны в древнемесопотамских документах, свидетельствуют о едва ли не комической неосведомленности людей о природе этого заболевания. В Древней Греции и Риме мигрень обычно лечили кровопусканием, трепанацией черепа и прижиганием выбритого участка головы докрасна раскаленным железом. А в X в. н.э. выдающийся багдадский окулист, внесший огромный вклад в науку о глазных болезнях, рекомендовал во время приступа мигрени привязывать к голове мертвого кролика. В XIX в. врачи помешались на исцеляющей силе электричества и лечили своих пациентов с мигренью непрерывно появлявшимися на свет новыми изобретениями (например, гидроэлектрическими ваннами).

В начале XX в. клиницисты обратили внимание на роль кровеносных сосудов в развитии

мигрени. Отчасти их подвигли на это вид сильно пульсирующих височных артерий у пациентов, а также их жалобы на пульсирующий характер болей, облегчение которым приносило сжатие сонных артерий. Вот почему в течение нескольких последующих десятилетий главной виновницей мигренозных болей медики считали вазодилатацию — расширение кровеносных сосудов мозга.

В конце 1930-х гг. это представление подкрепила публикация об эффективном лечении мигрени тартратом эрготамина — алкалоидом, вызывающим сужение кровеносных сосудов. Несмотря на обилие побочных эффектов (в том числе рвоту и развитие зависимости), у некоторых пациентов препарат действительно облегчал мигренозные приступы.

Последующие исследования, однако, показали, что в головном мозге пациентов с мигренью отмечается не только расширение сосудов. В 1970-х гг. кардиобольные, страдавшие также и мигренью, начали сообщать своим врачам, что бета-блокаторы, которые они принимали для урежения сердечного ритма, снижали и частоту мигренозных приступов. Кроме того, ослабление мигрени отмечали и больные, принимавшие лекарства от эпилепсии и депрессии, а также пациенты, получавшие в косметических целях инъекции ботокса. В результате все эти «заимствованные» препараты врачи начали назначать против мигрени. Пять из них в конце концов были официально одобрены FDA в качестве противомигренозных лекарств. К сожалению, до сих пор неизвестно, каким образом эти препараты помогают при мигрени. По мнению Додика, возможно, они действуют на некие структуры мозгового ствола и более высоких уровней головного мозга, снижая возбудимость коры и нервных путей, ответственных за проведение болевых сигналов.

Первые препараты для специфического лечения мигрени, триптаны, появились в 1990-х гг. По словам Ричарда Липтона (Richard Lipton), директора нью-йоркского Медицинского центра Монтефиоре, они были созданы в соответствии с прежними представлениями о том, что основная причина мигрени — расширение сосудов головного мозга; предполагалось, что они угнетают этот процесс. Последующие исследования, однако, показали, что на самом деле триптаны блокируют проведение болевых сигналов в головном мозге, а сужение сосудов не играет существенной роли в развитии симптомов болезни. «Как бы там ни было, — говорит Липтон, — а триптаны работают!» По данным обзора 133 детальных исследований терапевтических эффектов триптанов, эти лекарства в течение двух часов облегчали боль у 42–76% пациентов. Люди принимают их, чтобы купировать приступы мигрени после появления первых симптомов,

и для миллионов мучеников они стали надежным средством защиты от мигренозных головных болей.

Но предотвращать приступы мигрени триптанов не могут. А о создании именно таких препаратов более 30 лет мечтал Питер Гоудзби (Peter Goadsby), директор Центра головных болей при Калифорнийском университете в Сан-Франциско. Еще в 1980-х гг. ученый сосредоточился на исследовании так называемой тригеминальной нервной системы (то есть нервных путей и структур, связанных с тройничным нервом), издавна считающейся одной из главных систем головного мозга, ответственных за болевые ощущения. Гоудзби подозревал, что именно в этом отделе нервной системы мигрень и вершит свое «грязное дело». Как известно, ветви тройничного нерва, выходящего из основания мозга, иннервируют ткани различных участков лица и головы. Эксперименты на животных показали, что в тригеминальных структурах имеются сверхактивные клетки (нейроны), реагирующие даже на слабые раздражители (свет, звуки и запахи) высвобождением химических веществ, опосредующих передачу болевых сигналов и вызывающих мигрень. Не исключено, что повышенная чувствительность данных клеток имеет наследственную природу: примерно 80% пациентов с мигренью имеют семейную историю этой болезни.

Первая работа Гоудзби, посвященная данному вопросу, была опубликована в 1988 г. Вскоре изучением роли тригеминальной системы в развитии мигрени занялись Додик и другие исследователи, задавшиеся целью отыскать способ блокады болевых сигналов. Одним из веществ, высокий уровень которых отмечался в крови пациентов с приступом мигрени, был кальцитонин-ген-связанный пептид (КГСП) — нейротрансмиттер, высвобождаемый тригеминальными нейронами и активирующий соседние клетки во время мигренозного приступа. Обуздать КГСП оказалось непросто: нужно было отыскать вещество, которое могло бы «обезвредить» нейротрансмиттер, но не затрагивало бы другие важные вещества мозга.

Благодаря достижениям современной биотехнологии и генной инженерии нескольким фармацевтическим компаниям удалось создать противомигренозные моноклональные антитела. Эти белки прочно связываются с молекулами КГСП или их

рецепторами на тригеминальных нейронах, предотвращая тем самым активацию клеток. «Новые препараты напоминают управляемые высокоточные ракеты, — говорит Додик. — Они поражают исключительно заданные объекты».

Такая специфичность препаратов и понимание учеными механизмов их действия вдохновили Додика, Гоудзби и их коллег на дальнейшие исследования. В двух плацебо-контролируемых испытаниях с участием в общей сложности 380 пациентов, страдавших сильными приступами мигрени до 14 дней в месяц, было установлено, что одна-единственная доза новых лекарств снижала количество «мигренозных дней» более чем на 60% (на 63% в одном исследовании и на 66% в другом).

Кроме того, в первом испытании, продолжавшемся 24 недели, 16% пациентов в течение 12 недель вообще не испытывали головных болей. Для подтверждения результатов в настоящее время проводится более широкое клиническое испытание препаратов. Таким образом, антимигренозные антитела предотвращают

приступы мигрени гораздо эффективнее, чем неспецифические сердечные и противосудорожные средства, и вызывают меньше побочных эффектов. Пациентам они назначаются в виде одной инъекции раз в месяц.

Для лечения мигрени специалисты используют и другие методы, в том числе хирургическое вмешательство с целью уменьшить давление на ветви тройничного нерва, а также транскраниальную магнитную стимуляцию, позволяющую изменить активность нервных клеток. Результаты таких терапевтических подходов, однако, неоднозначны.

Хотя, казалось бы, сегодня стало ясно, что причина мигрени кроется в активности тригеминальной нервной системы, говорит Гоудзби, происхождение сверхчувствительных нервных клеток до сих пор остается для ученых загадкой. «Какова природа нервного субстрата, наследуемого пациентами вместе с мигренью? — спрашивает исследователь. — Почему ты, а не я?». Только разобравшись в генетике мигрени, ученым удастся облегчить жизнь миллионам жертв Джефферсоновой «периодической головной боли». ■

Сверхактивные нервные клетки реагируют даже на слабые раздражители (свет, звуки и запахи) высвобождением химических веществ, опосредующих передачу болевых сигналов и вызывающих мигрень

Перевод: А.В. Щеглов

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



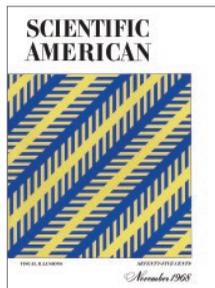
Google play



**В мире
науки**

SCIENTIFIC
AMERICAN

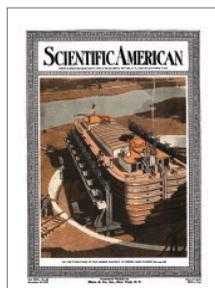
Ежемесячный
научно-информационный
журнал



НОЯБРЬ 1968

Загадка стали. Можно ли твердую сталь сделать упругой и пластичной? Одно из свойств материалов, которое наиболее важно для инженеров и исследователей, — это механическое разрушение. Диапазон проблем, связанных с разрушением, широк, начиная с обруше-

ний мостов, прорывов стен цистерн, разрывов трубопроводов, поломок деталей машин и заканчивая фундаментальными вопросами — например, как разрываются атомные связи при разрушении монокристаллов металла. И теоретические расчеты, и эксперименты показывают, что металлы, используемые инженерами, должны быть примерно в десять раз прочнее, чем сейчас. История современных сортов стали — пример исследования, помогающего открыть и обозначить верхние границы прочности и пластичности, которых, как можно ожидать с большой долей вероятности, достигнут материалы, используемые в практической деятельности, в течение следующего десятилетия.



НОЯБРЬ 1918

Мир настаёт. Волна ликования захлестнула Соединенные Штаты, когда президент объявил о подписании перемирия. Родилась убежденность в том, что с гибелью немецкого милитаризма исчезли и постоянная угроза войны, и постоянно растущее бремя вооружений. Ка-

питуляция немецкого флота и ликвидация Германии как первоклассной военно-морской державы полностью изменили картину. США снова на пути к тому чтобы занять положение второй самой мощной военно-морской державы в мире. Более того, страна оказалась приверженной благородной идее создания военного союза во имя укрепления мира путем образования великой Лиги Наций, одним из первых свершений которой станет такое ограничение вооружений, какому помешанная на войне Германия ранее была непреодолимой преградой.

Вторжение инфлюэнцы. В условиях нынешней эпидемии гриппа Службу здравоохранения США призвали провести намного больший объем мероприятий в масштабах всей страны, чем она имела возможность. Эта проблема застала Соединенные Штаты врасплох.

Корпус добровольцев медицинской службы предоставил список из тысячи врачей, которым временные назначения были переданы по телеграфу. Некоторое количество медсестер было рекрутировано с помощью Американского Красного Креста. Все эти меры, тем не менее, отдают духом импровизации, и у только что прибывших на Землю марсиан определенно сложилось бы впечатление, что никогда раньше большие эпидемии инфекционных заболеваний не обрушивались на нашу страну.



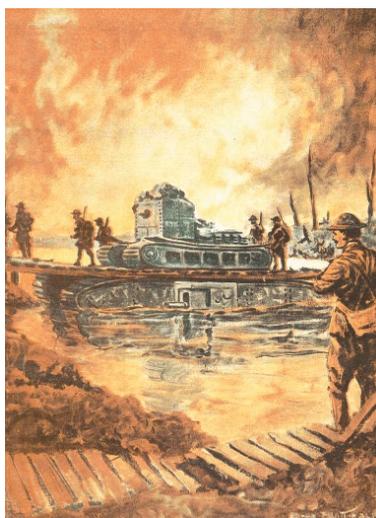
НОЯБРЬ 1868

Блюдо из комаров. Доктор Ливингстон, вспоминая о своих приключениях во время путешествия по озеру Ньяса (Малави), рассказывал: «Ежегодно обитатели северного побережья этого озера снимают урожай своеобразной пищи. Когда мы приближались к бере-

регу в этом направлении, мы заметили облака, похожие на клубы дыма над горящей травой, уходящие вдаль в юго-восточном направлении. Мы проплыли через одно из таких облаков и обнаружили, что это был не дым и не туман, а мириады крошечных комаров, называемых «кунго» («облако тумана»). Люди собирали этих насекомых по ночам и варили из них толстые лепешки, чтобы использовать в качестве специй. В одной такой лепешке спрессованы миллионы комаров. По вкусу они напоминают черную икру или соленую саранчу».

Благопристойность и увлечение. Веломания начинает охватывать все более широкие массы, и с приходом весны мы увидим, что наши парки и автострады будут заполнены этой недорогой и всегда покорной заменой лошади. Двухколесный велосипед — не совсем то, что нужно для общего пользования, поскольку новичкам будет трудно

удерживать на нем равновесие, а вот велосипед с двумя задними колесами, вероятно, будет пользоваться максимальным успехом у всех классов. Дамам потребуется что-то аналогичное по вполне понятным причинам: они не смогут ездить на двухколесной машине, если, конечно, не наденут блумеры. ■



1918 г.: солдаты с недавно изобретенным танком Whippet переправляются через Северный канал во Франции — последний рывок, чтобы закончить Первую мировую войну

Senior Vice President and Editor in Chief:	Mariette DiChristina	Contributing editors:	David Biello, W. Wayt Gibbs, Ferris Jabr, Anna Kuchment, Robin Lloyd, George Musser, Christie Nicholson, John Rennie
Executive Editor:	Fred Guterl	Art Contributors:	Edward Bell, Bryan Christie, Lawrence R. Gendron, Nick Higgins
Design Director:	Michael Mruk	Art director:	Jason Mischka
Managing Editor:	Ricki L. Rusting	Senior Graphics Editor:	Jen Christiansen
Digital Content Manager:	Curtis Brainard	President:	Dean Sanderson
News Editor:	Dean Visser	Executive Vice President:	Michael Florek
Opinion Editor:	Michael D. Lemonick	Executive Vice President,	
Senior Editors:	Eliene Augenbraun, Christine Gorman, Steve Mirsky, Clara Moskowitz, Debbie Ponchner, Claudia Wallis, Kate Wong,	Global Advertising and Sponsorship:	Jack Laschever
Associate Editors:	Sunya Bhutta, Lee Billings, Andrea Gawrylewsk, Larry Greenemeier, Dina Fine Maron, Annie Sneed, Amber Williams	Publisher and Vice President:	Jeremy A. Abbate
		© 2018 by Scientific American, Inc.	

В мире науки

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

Неразрешимая задача

Исследования показывают, что задачу первоочередной для физики важности решить невозможно, — а это означает, что и другие фундаментальные вопросы, вероятно, тоже не имеют решения.

СПЕЦРЕПОРТАЖ: СОСТОЯНИЕ МИРОВОЙ НАУКИ — 2018 Как поддержать науку

Положение научно обоснованного мышления в современном мире вызывает серьезную обеспокоенность. Необходимы повышение качества образования, разъяснительная работа, политические реформы, и в то же время наука должна решать внутренние проблемы.

Пуск, ложь и видео

Любой из нас сегодня способен манипулировать аудио- и видеoinформацией. Это положение вещей представляет собой страшную угрозу человеческому доверию.

Бешенство в мозге

С помощью модифицированных форм вируса бешенства ученые могут очень точно проследить нервные пути.

Землетрясения в небе

Самое раннее оповещение о крупном стихийном бедствии может наблюдаться на высоте 290 км над Землей.

Путь к спасению

Эвакуировать целый город в преддверии урагана практически невозможно. Однако новые карты рисков способны указать, кому именно необходимо бежать, чтобы спастись.





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

ISSN 0208-0621



18011

9 770208 062001 >