

НЕПОВИНОВЕНИЕ РОБОТОВ?

ГЕННАЯ ТЕРАПИЯ ДЛЯ СЕРДЦА

В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Ежемесячный
научно-информационный
журнал

www.sci-ru.org

3 | 2017

12+

МОЗГ В ПРОБИРКЕ

Органоиды могли бы помочь
в лечении болезни Альцгеймера,
аутизма и других недугов

ПЛЮС

НАУКА ПОБЕЖДАТЬ

Президент вручил премии
молодым физикам

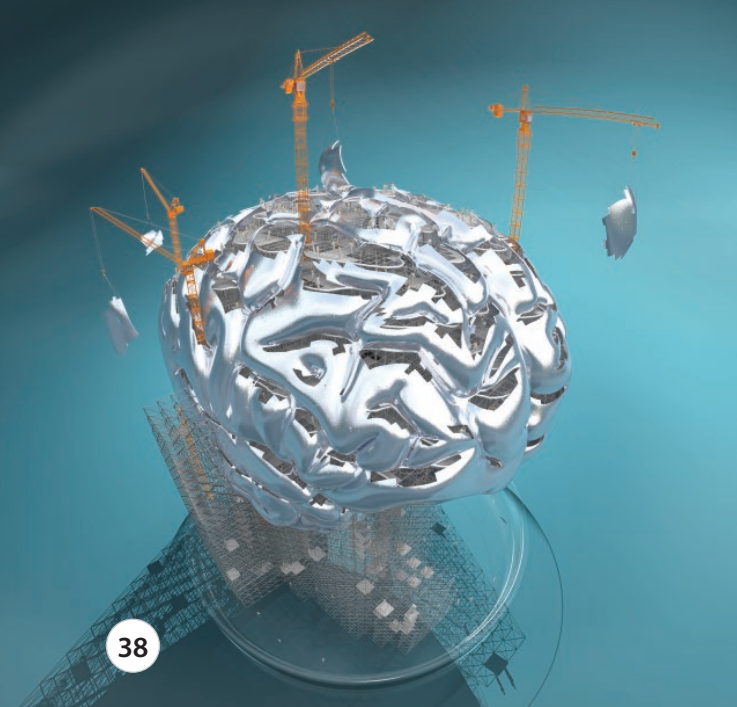
**ПРОВОДНИК
В КОСМОС**

Новый факультет в МГУ

ОБЩЕЕ СОБРАНИЕ
РАН

ВЫБОРЫ





СОДЕРЖАНИЕ

Март 2017

Темы номера

ФИЗИКА

В начале были кварки

Наталья Лескова

Лауреатами президентской премии в области науки и инноваций для молодых ученых за 2016 г. по физике стали исследователи НИЦ «Курчатовский институт» **Дмитрий Блау, Елена Луцневская и Станислав Пославский**

ЭЛЕКТРОНИКА

Наука побеждает

Дарья Дегтярева

Томский ученый **Илья Романченко** получил премию Президента РФ в области науки и инноваций для молодых ученых за 2016 г. за разработку гиромангнитных генераторов сверхмощных радиоимпульсов

КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проводник в космос

Наталья Веденеева

Факультет космических исследований МГУ впервые откроет двери студентам уже в этом сентябре. О космической науке рассказывает его научный руководитель, летчик-космонавт, член-корреспондент РАН **Владимир Соловьев**

МЕДИЦИНА

4 Олимпийский факел МГУ

Владимир Губарев

О борьбе за чистоту отечественного спорта и других достижениях, целях и задачах факультета фундаментальной медицины МГУ — его декан академик **Всеволод Ткачук**

СОЦИАЛЬНАЯ АНТРОПОЛОГИЯ

10 «Человечество живет переменами, это условие развития»

Ольга Беленицкая

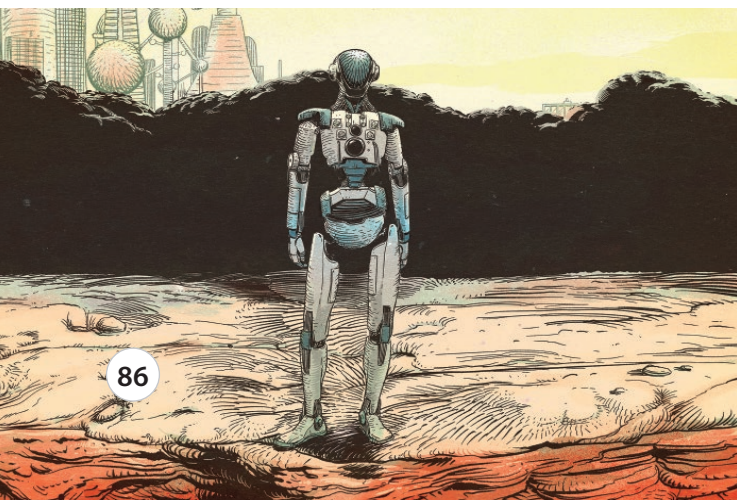
Как управлять сложным с точки зрения этнического состава государством? Какие проблемы вызывают конфликты? На эти, а также другие вопросы ответил академик **Валерий Тишков**

НЕЙРОБИОЛОГИЯ

14 Как построить мозг

Юрген Кнобlich

Ученые пытаются скопировать самый сложный орган на свете, надеясь, что это поможет разгадать тайны разных заболеваний мозга





22

АСТРОНОМИЯ

Наше место во Вселенной

46

Ноам Либескинд и Брент Талли

Оказывается, Млечный Путь — часть массивного сверхскопления галактик, образующих одну из самых больших известных структур во Вселенной, и это открытие — только начало работы по новому картографированию космоса

НАУКА И ОБЩЕСТВО

Космос становится понятнее

Валерий Чумаков

На базе Томского политехнического университета прошел первый в России «Космический урок»

ЭВОЛЮЦИЯ

Вставай на крыло

Стивен Брюсатт

Ископаемые останки динозавров, давших начало птицам, проливают свет на эволюционные процессы, приводящие к возникновению радикально новых типов живых существ

ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

Курс на активное долголетие

Владимир Губарев

Академик Рамил Хабриев — о тайнах «третьего возраста» и перспективах отечественного здравоохранения

КАРДИОЛОГИЯ

Терапия сердца

Габор Рубани

Мобилизация целительного потенциала сердца может предотвратить инфаркт и уменьшить боль при серьезном сужении коронарных артерий

РОБОТОТЕХНИКА

Дело о неподчинении роботов

Гордон Бриггс и Маттиас Шойц

Не бойтесь своевольных разумных машин. Гораздо более опасны нечестные на руку операторы и неверно понятые команды



92

УГОЛОВНОЕ СУДОПРОИЗВОДСТВО

56

Криминальная ветеринария

92

Джейсон Берд и Наташа Уитлинг

Достижения ветеринарной судебной экспертизы помогают доказать виновность людей, замеченных в жестоком обращении с животными



ЛИНГВИСТИКА

64

Язык в новом ключе

102

Пол Ибботсон и Майкл Томаселло

Многим из когда-то революционных открытий Ноама Хомского в лингвистике, в том числе и концепции того, как мы осваиваем языки, сейчас приходится потесниться

ОКЕАНОГРАФИЯ

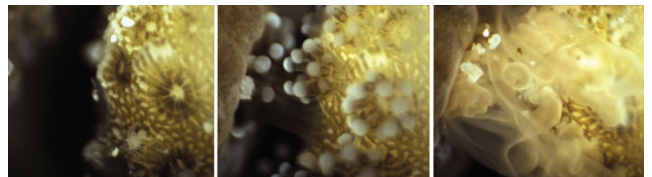
74

Око в морских глубинах

110

Джош Фишман

Подводный микроскоп, установленный на морском дне, позволяет наблюдать за битвами не на жизнь, а на смерть между созданиями толщиной не больше волоса



80

86

Разделы

От редакции

3

50, 100, 150 лет тому назад

112

В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Наши партнеры:



PETER



SERVICE



Сибирское отделение РАН



РОСАТОМ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

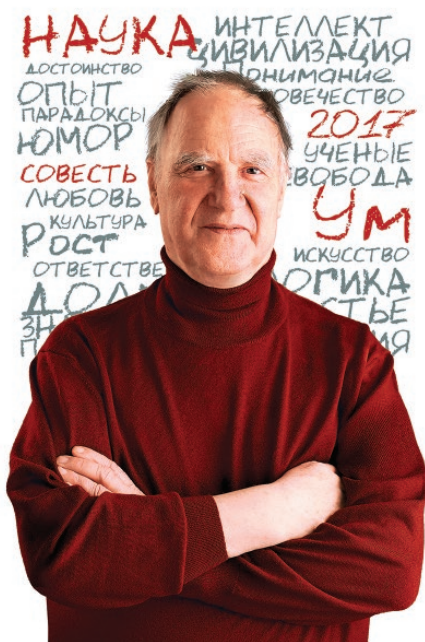


очевидное
невероятное



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. Фортвов

Первый заместитель главного редактора:

А.Л. Асеев

Заместитель главного редактора:

С.В. Попова

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, Ф.С. Капица, В.Ю. Чумаков

Администратор редакции:

О.М. Горлова

Научные консультанты:

к.ф.-м.н. Д.С. Блау; к.ф.-м.н. Е.В. Луцевская; к.ф.-м.н. С.В. Пославский; акад. Н.А. Ратахин;
к.ф.-м.н. И.В. Романченко; член-корр. РАН В.А. Соловьев; к.ф.-м.н. В.Г. Сурдин;
акад. В.А. Тишков; акад. В.А. Ткачук; акад. Р.У. Хабриев

Над номером работали:

М.С. Багоцкая, Н.В. Веденева, А.С. Григорьева, Д.А. Дегтярева, А.П. Кузнецов, Н.Л. Лескова,
А.И. Прокопенко, О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, В.В. Свечников, Н.Н. Шафрановская,
С.Э. Шафрановский

Арт-директор:

Д.В. Левин

Верстка:

А.Р. Гукасян

Корректур:

Я.Т. Лебедева

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

В.Е. Фортвов

Директор НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

С.В. Попова

Заместитель директора НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

В.К. Рыбникова

Финансовый директор:

Л.И. Гапоненко

Главный бухгалтер:

Е.Р. Мещерякова

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, автодрога «Балтия», 23-й км, владение 1, д. 1

Заказ №2 17-03-00029

© 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.



Будущее бюджет определяться наукой



резидент России ежегодно вручает молодым ученым премии в области науки и инноваций. Награда столь высокого уровня — это и большая радость, и большая ответственность. И, прежде всего, мощный импульс для дальнейшей работы.

Новые лауреаты — уже состоявшиеся ученые, они знают, почему наука так интересна, почему туда идут люди и всю жизнь занимаются, казалось бы, абстрактными вещами.

Ядерная физика и физика высоких энергий, биофизика, компьютерная алгебра, чистая математика и робототехника — вот далеко не полный перечень областей науки, в которых сделали открытия молодые ученые, ставшие лауреатами в 2016 г. Были отмечены очень сильные и значимые работы. Для нас, для нашей академии это большая гордость. Три из четырех работ выполнены в стенах РАН. С уверенностью говорю, что вся академия и молодые ученые могут гордиться этими результатами мирового уровня.

Именно в молодом возрасте делаются все значительные научные открытия. Академик П.Л. Капица говорил: «Жизнь показывает, что новое чаще всего создается научной молодежью, молодыми учеными, и, чтобы они могли успешно развивать новые направления в науке, нужно их поддерживать».

Сейчас для молодых ученых в нашей науке открывается все больше и больше перспектив, настоящих возможностей. Я надеюсь, что пройдет время и мы примем в академию наук наших молодых коллег — лауреатов, и скоро они станут профессорами РАН, членами-корреспондентами и академиками.

Новое звание — профессор РАН — появилось в нашей академии в прошлом году. Мы сразу почувствовали свежее дыхание: молодые люди оказались большими энтузиастами академии.

Недавно мы провели выборы новых членов РАН по очень жесткой схеме, ввели возрастные ограничения. Это кардинально омолодило академию. Говоря морским языком, мы держим курс на то, чтобы молодой ветер дул в наши академические паруса, и тогда у нас будут хорошие узлы хода.

Близится очередное общее собрание РАН, на котором будут избраны президент и президиум, будут приняты другие важнейшие решения. Нам предстоит масштабная работа. Не секрет, что сейчас наша наука переживает трудные времена из-за скромного финансирования, засилия бюрократии, реформы РАН. Тем не менее академия продолжает оставаться главной цитаделью российской науки: 60% самых рейтинговых работ делаются именно здесь. Мы не против преобразований, но они должны быть направлены на благо нашей науки, ориентированы на нужды ученого, на создание достойных условий, на возможность быстрого профессионального роста. И, самое главное, в этих преобразованиях мы должны сохранить базовые академические принципы: самоуправление, выборность, демократию, свободу, высокий профессионализм, преемственность и порядочность. Согласен с нобелевским лауреатом В.Л. Гинзбургом, который говорил: «Совершенно четко уверен, что будущее человечества и России будет определяться наукой».

Владимир Фортон,
президент РАН, главный редактор журнала
«В мире науки / Scientific American»



Этими статьями мы открываем цикл материалов, посвященных лауреатам премии Президента Российской Федерации в области науки и инноваций для молодых ученых за 2016 г.

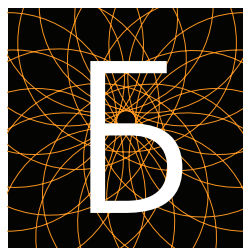
ФИЗИКА

В начале были кварки

Физики из Курчатовского института пытаются понять, как устроен мир



Президент России В.В. Путин вручил премии в области науки и инноваций для молодых ученых за 2016 г. Лауреатами по физике стали исследователи НИЦ «Курчатовский институт» **Дмитрий Сергеевич Блау, Елена Викторовна Луцевская и Станислав Владимирович Пославский**. О фундаментальном смысле и практической пользе этой работы — наш разговор с молодыми учеными.

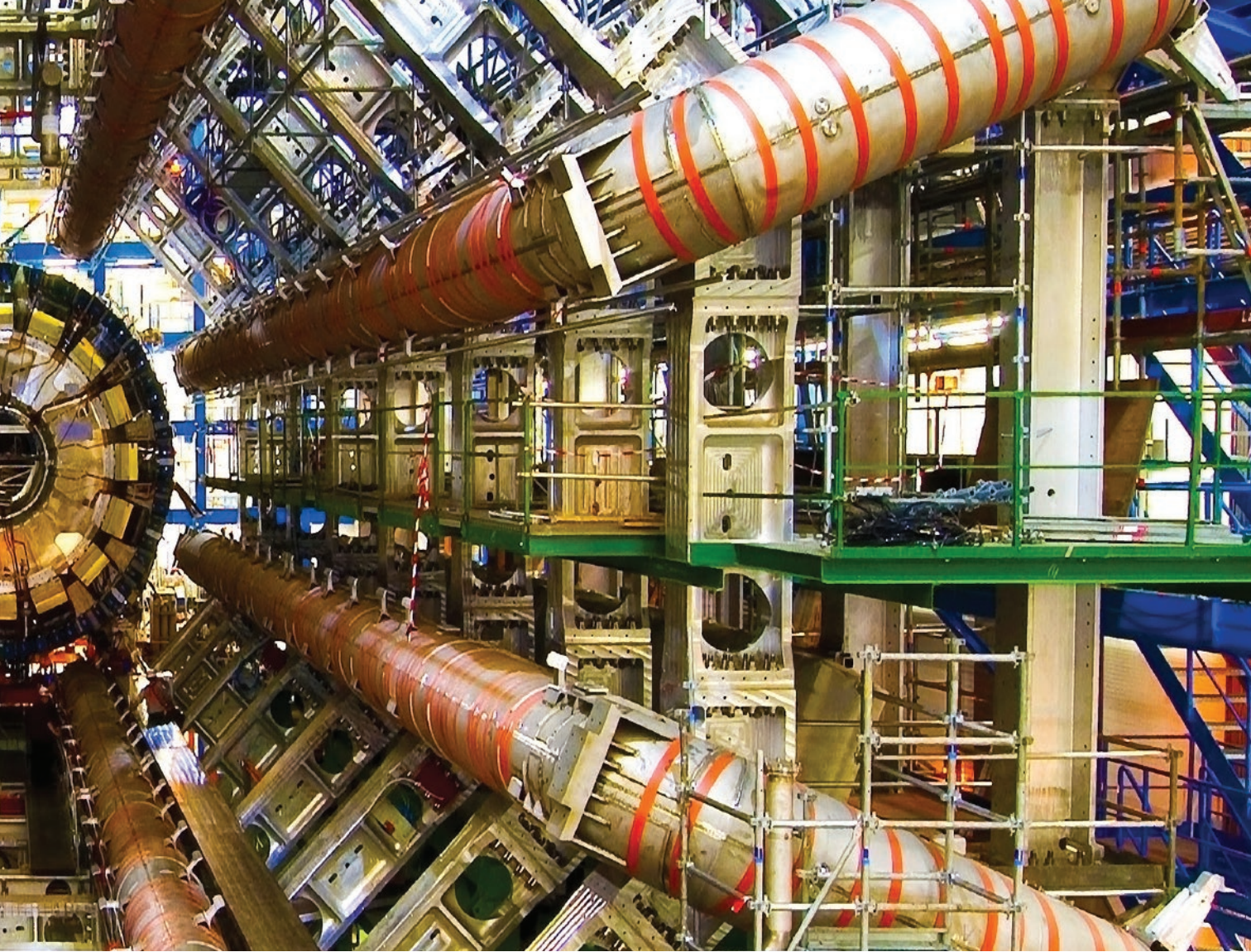


ольшой адронный коллайдер (БАК) — ускоритель заряженных частиц на встречных пучках, предназначенный для разгона протонов, тяжелых ионов и изучения продуктов их соударений. Коллайдер

построен в научно-исследовательском центре Европейского совета ядерных исследований *CERN*, это самая крупная экспериментальная установка в мире.

Ученые НИЦ «Курчатовский институт» активно участвуют во всех четырех экспериментах коллайдера — *ALICE, ATLAS, LHCb, CMS*.

На мегадетекторе *ALICE*, один из основных создателей и участников которого — Россия, ведутся исследования нового состояния вещества — кварк-глюонной материи. В этом проекте участвуют целый ряд российских научных центров: НИЦ «Курчатовский институт», ОИЯИ (Дубна), РФЯЦ ВНИИЭФ (Саров), ИЯИ РАН (Троицк), БИЯФ СО РАН (Новосибирск), СПбГУ



(Санкт-Петербург), МИФИ (Москва) и др. Этот мегапроект дает толчок развитию самых передовых технологий в области фундаментальной физики и физики высоких энергий, в медицине, материаловедении, вычислительных технологиях и др., которые позволяют создавать в России новые высокотехнологичные производства.

Летом 2006 г. под руководством сотрудников Курчатовского института и при их определяющем участии была закончена полная сборка первого из пяти уникальных модулей прецизионного фотонного спектрометра детектора *PHOS*, воплощающего в себе научную идею по наблюдению кварк-глюонной материи на супердетекторе *ALICE*. В нем использованы кристаллы вольфрамата свинца, разработанные и произведенные в России в сотрудничестве НИЦ «Курчатовский институт» с предприятием «Северные кристаллы» (Апатиты).

Институт физики высоких энергий (ИФВЭ) НИЦ «Курчатовский институт» и Институт теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ) НИЦ «Курчатовский институт» участвовали в создании других детекторов *CMS*, *LHCb* и *ATLAS*.

На НИЦ «Курчатовский институт» возложена координация участия Российской Федерации в трех из четырех экспериментов на БАК — *ALICE*, *ATLAS* и *LHCb*.

В 2015 г. по инициативе НИЦ «Курчатовский институт», осуществляющего в соответствии с распоряжением Правительства РФ научное руководство кооперацией российских организаций в международном проекте «Большой адронный коллайдер» в *CERN*, была разработана Программа сотрудничества Российской Федерации с *CERN*, включающая основные стратегические направления взаимодействия на период 2015–2020 гг.

В настоящее время на базе НИЦ «Курчатовский институт» функционирует Курчатовский центр обработки данных (КЦОД), представляющий собой компьютерный центр первого уровня *Tier-1* сети распределенных вычислений (*GRID*), который обрабатывает данные от экспериментов, выполняющихся на БАК. Центров первого уровня в мире всего 13. Ресурсы КЦОД используются для проведения исследований по следующим направлениям: атомная и молекулярная физика, биоинформатика, геофизика, материаловедение, молекулярная биология, наноматериалы, физика высоких энергий, физика плазмы, физика твердого тела, ядерная физика и др.

Дмитрий Сергеевич Блау, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт»:

— Мне очень приятно и почетно получить премию президента. Практически всю свою научную жизнь, а это порядка десяти лет, я занимаюсь этой темой — изучением свойств кварк-глюонной плазмы. Не будет преувеличением сказать, что она стала существенной частью моей жизни.

Очень важно, что мы получили премию втроем. Дело в том, что изучение этой темы происходит с трех сторон одновременно — Лена занимается компьютерными расчетами, Стас — теорией, я — экспериментальными исследованиями, обработкой данных Большого адронного коллайдера, в частности эксперимента *ALICE*.

— Расскажите, пожалуйста, подробнее, что это за работа, что за эксперименты.

— Эксперимент *ALICE* — один из четырех экспериментов на Большом адронном коллайдере, основная цель которого заключается в исследовании свойств кварк-глюонной плазмы. Это экстремальное состояние вещества, в которое переходит обычная, известная нам адронная материя при очень высоких температурах, на много порядков превышающих температуру в центре Солнца. Считается, что такие температуры и такое состояние были в первые доли секунды после Большого взрыва.

Эксперимент *ALICE* — один из четырех экспериментов на Большом адронном коллайдере, основная цель которого — исследование свойств кварк-глюонной плазмы, экстремального состояния вещества, в которое переходит адронная материя при очень высоких температурах



Кандидат физико-математических наук Д.С. Блау

Поэтому можно сказать, что мы изучаем нашу Вселенную на самых ранних этапах ее эволюции.

— Почему у эксперимента такое фантастическое название?

— Хорошее название. На самом деле *ALICE* — это аббревиатура от *A Large Ion Collider Experiment*. На логотипе изображена Алиса из Страны Чудес.

— Расскажите о вашей части работы — самом эксперименте.

— Наша лаборатория занимается созданием электромагнитных калориметров, в частности фотонного спектрометра ФОС в эксперименте *ALICE*, который предназначен для изучения фотонов и нейтральных мезонов, образующихся в результате высокоэнергетичных столкновений ядер. Мы изучаем спектры, корреляции, потоки и т.д.

— И что нового удалось узнать?

— Благодаря нашим исследованиям получены, например, важнейшие результаты по измерению спектров термальных фотонов, которые излучаются кварк-глюонной плазмой, и таким образом можно оценить температуру этого вещества. Она составляет величину порядка 170 млн эВ. Это триллионы кельвинов.

— Такое сложно даже вообразить.

— Нами были получены также результаты по измерению спектров нейтральных пи-мезонов и подавлению выхода этих мезонов. Его еще называют фактором ядерной модификации — это очень важная характеристика, которая показывает, что частицы, вылетающие из области соударения, взаимодействуют с веществом и теряют энергию. Если бы там не было кварк-глюонной плазмы, коэффициент фактора ядерной модификации был бы равен единице. Подавление в пять-десять раз в центральных столкновениях говорит нам о том, что это действительно взаимодействие с так называемым цветным веществом. Иначе говоря, теоретические расчеты подтверждаются.

— А что за потоки вы изучаете?

— Потоки — это коллективные свойства частиц. Они также очень важны. Количество частиц, вылетевших в разном направлении по азимутальному углу, различно. Его можно разложить в ряд Фурье, получить коэффициенты, и таким образом мы измеряем свойства кварк-глюонной плазмы. Выяснилось, что по своим свойствам она похожа на жидкость с очень низкой вязкостью.

— **Что нам дают все эти представления?**

— Это очень важные с фундаментальной точки зрения знания, которые говорят нам о том, как устроены сильные взаимодействия. Напомню, что известны четыре типа физических взаимодействий — гравитационные, электромагнитные,

сильные и слабые. И если электромагнитные взаимодействия хорошо изучены, вопрос о том, как устроено сильное взаимодействие, до сих пор открыт. Точной формулы нет. Но наш эксперимент может подтвердить предположения теоретических моделей.

Елена Викторовна Луцевская, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт»:

— **Елена, наши читатели знают, что есть такое агрегатное состояние вещества, как плазма, с которой, как известно, «дойдешь до марса». Действительно ли это так?**

— И так, и не так. С одной стороны, вещи, которыми мы занимаемся, очень сложны, часто кажется — недоступны. Но это очень интересно. С другой стороны, кварк-глюонная плазма — это не совсем плазма или даже совсем не плазма.

— **Тогда давайте начнем с азов. Что это за кварки и глюоны, из которых состоит «ваша» плазма?**

— Как известно, молекулы, из которых мы с вами состоим, в свою очередь состоят из протонов и нейтронов. А из чего состоят протоны и нейтроны? Из кварков. Кварки находятся в связанном состоянии внутри протонов и нейтронов. Это частички, которые их образуют, и именно они — фундаментальная составляющая нашего мира. Между собой их связывают, или склеивают, глюоны. Само слово «глюон» — от английского *glue* («клей»). При температурах нашего мира благодаря особому взаимодействию кварки не вылетают из протонов и нейтронов. Они находятся внутри, как бы запертые на особый «ключ». А если, например, подвергнуть вещество экстремальным температурам и давлениям, как

в Большом адронном коллайдере, ситуация меняется. Вещество начинает нагреваться, и на короткое время образуется кварк-глюонная плазма, когда кварки и глюоны могут свободно перемещаться внутри этого маленького объема. А протоны и нейтроны как бы растворяются друг в друге.

— **Получается такой «суп».**

— Да, именно суп. Иногда это состояние даже называют кварк-глюонным супом, кашей из глюонов и кварков.

— **Получается, Вселенная вышла из жидкости! Но если это жидкость, то почему же плазма?**

— В последние годы здесь множество открытий и достижений. До 2005 г. считалось, что это действительно плазма, поскольку кварки несут электрический заряд. Это состояние вещества казалось аналогичным обычной плазме, каковую ученые пытаются удержать в токамаках. Но в 2005 г. была построена математическая модель, согласно которой утверждалось, что это на самом деле сверхтекучая жидкость. Далее последовали дискуссии, что же все-таки такое кварк-глюонная плазма,



Кандидат физико-математических наук Е.В. Луцевская

и в 2008 г. было установлено, что это особое состояние вещества, которое действительно можно определить сверхтекучую жидкость. Она имеет самую маленькую в природе вязкость из всех, что нам известны. Даже у жидкого гелия вязкость больше.

Все это было установлено именно по тем потокам, которые оттуда вылетают и регистрируются детектором, в создании которых участвует Дмитрий. Такого состояния вещества нигде во Вселенной сейчас не наблюдается. Однако ученые уверены, что в первые микросекунды после Большого взрыва наша Вселенная находилась именно в таком состоянии. Это важный философский вопрос — что представляла собой Вселенная после Большого взрыва. Ведь это дает нам возможности для построения картины мироздания, для понимания, что такое наша Вселенная, как она образовалась, что было до Большого взрыва и что будет потом.

При температурах нашего мира благодаря особому взаимодействию кварки находятся внутри протонов и нейтронов, как бы запертые на особый «ключ»

— **Расскажите о своей части работы.**

— Я занимаюсь расчетами на суперкомпьютере. Для этого использую точную теорию, которая на сегодняшний момент существует, — это квантовая хромодинамика, единственный сейчас хороший кандидат на описание физики сильных взаимодействий. Расчеты на суперкомпьютерах воспроизводят структуру взаимодействия между кварками в протонах и нейтронах, а также в мезонах. Это считается адекватным описанием реальности. Точной теории, которая бы позволила все рассчитать, пока нет.

— **Хотите создать такую теорию? Это уже на Нобелевскую премию потянет!**

Станислав Владимирович Пославский, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт»:

— Формулировка, с которой мы получили премию, — «За исследование кварк-глюонной плазмы с использованием мегаустановок». Еще там фигурирует компьютерная алгебра. Я занимаюсь теоретическими исследованиями, и в первую очередь это исследование процессов с участием очарованных и прелестных кварков.

— **Так и называются — очарованные и прелестные?**

— Да, так и называются. В природе все многообразие частиц, которые мы знаем, — протоны, нейтроны, мезоны, барионы и т.д., — состоит из небольшого набора фундаментальных частиц — шесть кварков, шесть лептонов и несколько фундаментальных бозонов. И кваркам, когда их теоретически предсказывали, давали вот такие интересные названия — скажем, верхний, нижний кварк, странный кварк...

— **Странный, наверное, потому, что странно было его обнаружить. А почему очарованный и прелестный? Они действительно очаровывают?**

— Я бы не сказал. Хотя с точки зрения того, что заниматься этим очень интересно, наверное, да.

— **Непросто работать с такими сложными материями?**

— Для меня это обычная, рутинная работа. Просто надо делать это с утра до вечера, много часов, дней, лет. Тогда может появиться результат.

Вернемся к кваркам. Шесть базовых кварков, о которых я сказал, сильно отличаются по массе и группируются в три поколения. Интересно, что

— Конечно, хочу. Математический институт Клэя, по-моему, дает миллион долларов за решение этой проблемы. Это одна из задач тысячелетия. Но я понимаю, что это крайне трудная задача. Вообще, квантовая хромодинамика напоминает турбулентность. В турбулентности есть модели, которые все рассчитывают, но теории, которая четко бы все позволила рассчитать, нет. Так и у нас. Возможно, ее в принципе нельзя построить, вот в чем дело. Может получиться так, что ты потратишь кучу времени, а результата не будет. Но я надеюсь, что наши труды не будут напрасными. Точнее — уверена в этом.

очарованные и прелестные кварки не входят напрямую в состав известных нам частиц, таких как протоны и нейтроны, из которых состоит материя. Тем не менее они играют огромную роль в физике сильных взаимодействий: если какое-то из поколений кварков изъять, картина мира будет совершенно другой. Именно поэтому, чтобы понять физику сильных взаимодействий, нам нужно подробно изучить все многообразие частиц, понять, как они себя проявляют в той области, которая нам сейчас доступна на Большом адронном коллайдере.

— **Что все это дает человечеству? Зачем это нужно? Почему нужно выделять деньги на то, чтобы узнать, как устроена Вселенная?**

— Есть несколько аспектов. Самый первый аспект, который был двигателем научного прогресса со времен античности, — это простое человеческое любопытство: узнать, как устроена природа на самых разных уровнях. Сейчас наши знания и наше понимание природы достигли такого уровня, что для того чтобы продвинуться дальше в изучении природы, нам нужно строить такие суперустановки, как Большой адронный коллайдер.

Другая сторона медали — это «выхлоп», который такие исследования (и вообще знания об устройстве природы) дают в будущем в виде различных технических решений. Это нам наглядно показывает история развития науки. Когда люди только начинали опыты по исследованию, например, атомной физики на микроуровне, они даже представить себе не могли, во что это выльется сегодня. А это транзисторы, схемы, полупроводники — все то, что стало основой современных гаджетов. Наши мобильные телефоны напичканы



Кандидат физико-математических наук С.В. Пославский

техническими решениями, которые стали возможны именно благодаря исследованиям в квантовой механике, электродинамике и т.д. То же самое здесь: сейчас мы, может быть, не видим всех практических возможностей применения теоретических и экспериментальных исследований в физике высоких энергий, но через какое-то время это войдет в нашу жизнь. Иначе просто быть не может.

И, наконец, третье. Когда проводятся такие масштабные исследования и сложные эксперименты, всегда строятся сооружения, подобные Большому адронному коллайдеру. Для их создания применяют самые передовые технические решения. Сейчас планируется апгрейд БАК, всех его детекторов, и в планах такие технические решения, которые еще не реализованы человечеством. Иначе говоря, ставятся задачи, которые мы сможем осуществить только несколько лет спустя. Речь идет о принципиально новых технологиях. И такие задачи движут человечество вперед.

— То есть подобные исследования обеспечивают мощный технологический рывок?

— Да. Ведь для того чтобы все это создать, нужно стягивать воедино самые передовые технологии, какие только есть на Земле. А что может быть для человечества важнее, чем интеллектуальный прорыв?

Двигателем научного прогресса со времен античности было простое человеческое любопытство: узнать, как устроена природа на самых разных уровнях

— Да, тут сложно спорить. Какие у вашей группы дальнейшие планы?

— У нас есть целый ряд конкретных математических и физических задач. А если обобщать, то сейчас в физике существует такая проблема: решить задачу — легко, если есть мозги и человек хорошо учился; намного сложнее сформулировать, поставить задачу, найти проблему, которую можно решить. Очень хорошо, что у нас сформулирована задача. И есть последовательность шагов, которые мы должны выполнить. А вот какие ответы на фундаментальные вопросы дадут расчеты и анализ данных экспериментов в нашей теме, мы узнаем, только когда все завершим. Возможно, мы всех еще удивим. И очень скоро. ■

Беседовала Наталия Лескова

Из выступления С.В. Пославского на церемонии вручения премий президента в области науки и инноваций для молодых ученых в Кремле:

Уважаемый Владимир Владимирович!
Уважаемые коллеги!

От лица нашего коллектива я хочу сказать, что это очень приятно — получать такую высокую награду здесь, в Кремле, из рук президента России. И мы хотим поблагодарить совет по науке при президенте и лично В.В. Путина за высокую оценку научных результатов, полученных нашим коллективом.

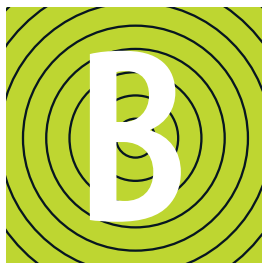
Мы также хотим поблагодарить наших научных руководителей и наших коллег — физиков Курчатовского центра. Мы хотим выразить благодарность руководству Курчатовского центра и лично М.В. Ковальчуку за его огромную работу по развитию Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», в котором работает наш коллектив.

Особенно приятно, что премия в этом году вручается за фундаментальные исследования — за исследования в области физики высоких энергий. Хорошо известно, что именно исследования в самых сложных областях науки всегда определяли и будут определять облик и путь развития всей человеческой цивилизации. И сегодняшние исследования в ускорительных центрах России и мира, в частности на Большом адронном коллайдере, при активном участии российских институтов — это острое, передовой край интеллектуального, технического и промышленного развития человечества.

И уже сегодня те технологии, которые были созданы для воплощения в жизнь этих мегапроектов, масштабно используются в самых разных технологических сферах, а потрясающие воображение научные знания об устройстве природы на фундаментальном уровне, которые мы получаем на мегаустановках, в будущем выльются в невероятные технические прорывы и до неузнаваемости изменят технологический облик мира.

Возможно, мы, конечно, не сразу увидим эти глобальные изменения, но и электричество пришло в нашу жизнь лишь через 100 лет после открытия закона об электромагнитной индукции в опытах Фарадея.

Наука побеждать



День российской науки президент России В.В. Путин вручил премии в области науки и инноваций для молодых ученых за 2016 г. Одним из лауреатов стал томский ученый **Илья Викторович Романченко**, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Института сильноточной электроники СО РАН. Награда досталась ему за разработку гиромангнитных генераторов сверхмощных радиоимпульсов, способствующих защите от террористических угроз и развитию биомедицинских технологий. После традиционных торжественных мероприятий Илья дал нам интервью, в котором рассказал о своей работе.

— **Илья, поздравляем вас с получением премии! Какие у вас ощущения?**

— Очень важно сознавать, что работа, которой ты отдаешь все свои силы и время, получает признание на таком высоком уровне. Из сотен претендентов на премию эксперты совета по науке и образованию при президенте выбирают именно тебя. Это было неожиданно. Я понял, что делаю что-то действительно важное и нужное.

Для молодых ученых такие премии имеют колоссальное значение. Они мотивируют на плодотворную работу и достижение успеха, открывают новые возможности, позволяют получать адекватную экспертную оценку в самом начале творческого пути. Кроме того, это еще и престижно. Поддержка науки государством имеет очень большое значение. Я с большим уважением отношусь к людям, которым небезразлично, чем сегодня занимаются молодые люди и чего они достигают.

— **Расскажите о вашей установке. Как вам пришла идея ее создать?**

— Идея пришла в ходе экспериментов. Мы с коллегами долгое время работали с ферритами — магнитными кольцами, чьи свойства мы изучали, то намагничивая, то размагничивая их. Мы проводили также эксперименты по формированию электромагнитной ударной волны. Работая над этой тематикой, мы выяснили, что за фронтом ударной волны образуются достаточно эффективные колебания на радиочастоте в диапазоне от 1 до 2 ГГц.

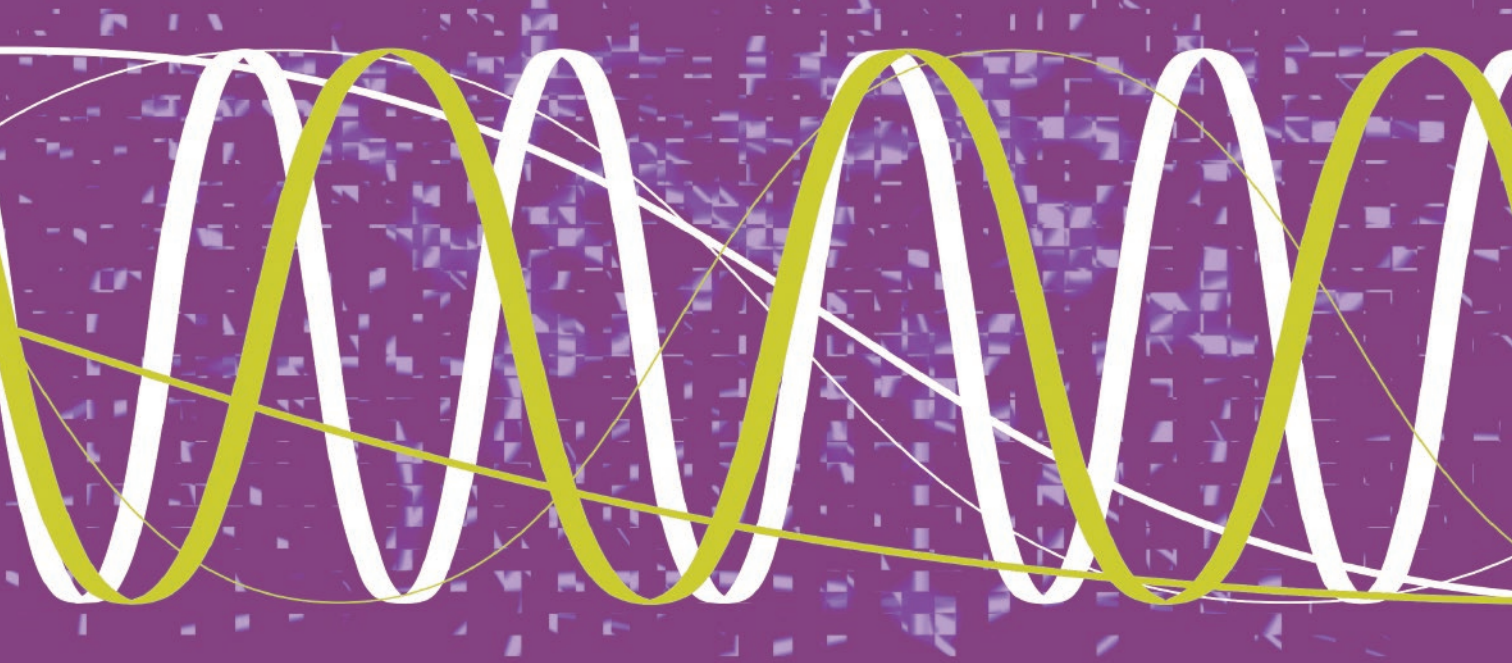
Так мы обнаружили эффект возбуждения радиочастотных колебаний и поняли, что теперь нам предстоит серьезнейшие исследования.

Это произошло в 2008 г., и тогда же к нашим исследованиям присоединился английский ученый-экспериментатор Найджел Седдон, который оказал нам колоссальную помощь в работе, — уже при первом визите он понял, что мы занимаемся действительно важными разработками. Поработав над фундаментальной и теоретической частями, мы приступили к созданию реальных устройств, излучающих электронные импульсы. Так появилась гиромангнитная установка, отвечающая за генерацию сверхмощных радиоимпульсов.

— **Каково назначение этого генератора? В каких сферах он может быть полезен людям?**

— Генератор может быть полезен в двух направлениях. Первое — это воздействие на электронику, то есть традиционное направление мощного СВЧ-излучения, влияющего на электронные компоненты различных устройств и аппаратов, которые под действием сильных электромагнитных полей начинают «слепнуть», насыщаясь по входу под действием высоких полей.

Второе направление — медицина. Здесь для борьбы с онкологическими заболеваниями мы используем мощные излучения короткой длительности. Они действительно очень короткие, измеряются в наносекундах — это надо подчеркнуть, поскольку, несмотря на то что приборы короткоимпульсные, они



В.В. Путин и И.В. Романченко на вручении премии Президента РФ в области науки и инноваций для молодых ученых

все равно очень мощные и действенные. Их основное преимущество — способность создавать пагубные условия для раковых клеток без нагрева. Именно изучение нетепловых эффектов и их воздействия на биологические объекты, в том числе на клетки, и есть основная тема наших медицинских исследований. На сегодня это очень актуально: подобные импульсы способны помочь в лечении раковых заболеваний, облегчить проникновение антибиотиков в раковые клетки. На этом мы не останавливаемся — в наших исследованиях есть и направления в изучении способов и поиске условий для электропорации клеточных мембран, доставки генов через образующиеся поры. Мы пытаемся также найти соответствующие условия для радиочастоты, обладающей проникающими свойствами, — благодаря им будет возможно обеспечить электропорацию клеточных мембран без введения электродов внутрь организма.

— **Вы упоминали, что генератор гипотетически может помочь в антитеррористической борьбе. Это так?**

— Да, как я уже говорил, одно из направлений работы — воздействие на электронные компоненты. В данном случае мы можем говорить о влиянии

на телефоны, бортовые компьютеры, различную цифровую технику. Генерируемые электронные импульсы, воздействуя на устройства, на какое-то время останавливают их работу, отключают, заставляют зависать. Зачастую даже такой остановки бывает достаточно, чтобы предотвратить террористическую акцию со стороны противника.

— **На каком расстоянии это может произойти?**

— Мы оцениваем, что уровень, на который мы сейчас вышли, позволит осуществить это на расстоянии нескольких сотен метров. Мы еще не выводили наши системы на полигон и не проверяли их реальных возможностей, поэтому пока не можем сказать точно, каким именно образом они смогут функционировать в этой области. Наши последние работы были больше фундаментальными, но мы надеемся, что уже в скором времени сможем провести испытания, проверить наши устройства в действии.

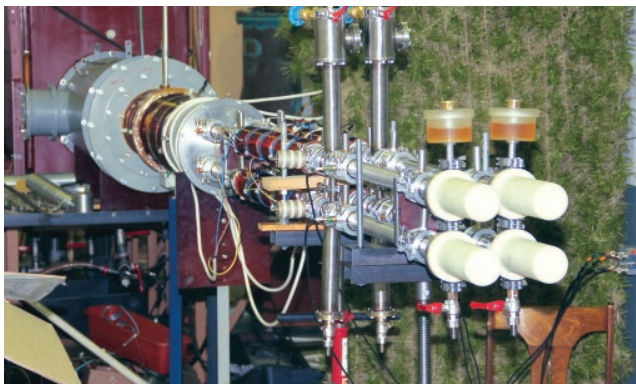
— **Вы сказали, что к вашим разработкам присоединялись и другие коллеги, в том числе иностранные. И это были не только молодые ученые, но и представители старшего поколения. Помогает ли вам сотрудничество с ними или все же есть разногласия со старшими?**

— Конечно помогает. Я начал работать в этой сфере не на пустом месте. У нас в Институте сильноточной электроники СО РАН в Томске очень сильная школа, мощная исследовательская техника, различные установки, не уступающие зарубежным. На момент моего прихода в институт научно-технический уровень в нашем отделе уже был очень высок. Мы работали под руководством академика С.Д. Коровина, сотрудничество с которым сыграло важную роль в жизни всего отдела. Сам отдел состоял из 30 человек, каждый из которых — отличный специалист. Первые несколько лет работы я перенимал у них бесценный опыт, участвуя в совместных экспериментах, много общаясь с ними. Без подобной совместной работы невозможно достичь чего-то серьезного.

— **На вручении премии президент сказал, что, по его мнению, у российской науки большое будущее. Вы с ним согласны?**

— Думаю, да. В современной науке существует огромный задел, доставшийся нам от очень сильной советской научной школы, это очень важный фактор. Хотя российская наука, да и вообще все общество в целом, сейчас проходят через трудный путь изменений, есть много людей доброй воли, которые заинтересованы в будущем науки и образования и действительно хотят улучшить сложившуюся ситуацию. Уверен, что наука совсем скоро обретет более сильные позиции, которые и определят ее дальнейшее будущее.

— **Как вы считаете, изменилось ли сегодня в обществе отношение к науке?**



Гирогенератор сверхмощных радиопульсов, созданный И.В. Романченко

— Ко всему новому всегда был и есть интерес, люди надеются на новое, на лучшее, активно обсуждают научные открытия, успешные разработки. Только нужно правильно это преподносить, тогда интерес не будет пропадать. Мне кажется, в целом у нас в стране уважительное отношение к науке.

— **В обществе распространено мнение, что наша наука сильно уступает западной. А есть ли направления, в которых мы их превосходим?**

— Безусловно, есть много научных направлений, в которых наша страна занимает в мире выдающиеся позиции. Хотя справедливо будет сказать, что уровень технического оснащения в Европе, в США намного выше. Аппаратная, измерительная часть на Западе всегда была лучше, общество там технологически более развито. С другой стороны, мы прекрасно знаем, что в таких серьезных проектах, как Большой адронный коллайдер, Международный термоядерный экспериментальный реактор, ключевую роль играет именно российская наука. И с точки зрения теории в математике и теоретической физике мы всегда занимали лидирующие позиции.

— **В заключение расскажите немного о дальнейших планах в вашей научной карьере.**

— Если говорить именно о карьере, в ближайших планах — написать и защитить докторскую

диссертацию. И, конечно, нужно как можно скорее возвращаться к научной деятельности, продолжать исследования и совершенствовать наши разработки. Хочется, чтобы они были полезны нашей стране, поэтому будем пытаться искать им достойное применение, трудиться на благо нашей Родины.

*Мы связались по телефону с директором Института сильноточной электроники СО РАН в Томске академиком **Николаем Александровичем Ратахиным**, чтобы задать несколько вопросов. Н.А. Ратахин — один из тех, кто с пристальным вниманием и интересом следил за успехами И.В. Романченко, и его помощь и руководство помогли молодому ученому стать обладателем премии президента.*

— **Николай Александрович, поздравляем вас с радостным событием! Вы были уверены в успехе? Как восприняли в институте эту новость?**

— Для нашего института это большая радость и гордость. Илья подавал заявку на премию уже второй раз. В первый раз он вошел в достаточно узкий круг кандидатов на победу, но тогда ему не удалось получить награду. В этот раз я порекомендовал ему попробовать еще — за последние год-два он серьезно продвинулся в своей работе. Стопроцентной победы мы не ожидали, но очень надеялись, что наш молодой сотрудник получит должную оценку своей работы.



И.В. Романченко со своей командой из Института сильноточной электроники СО РАН

— **Насколько важно молодым ученым получать подобные премии?**

— Я считаю, что очень важно. Это та часть жизни ученого, когда его работу оценивают по достоинству. Ученые не гонятся за престижем, не измеряют размеры премий, они в науке потому, что им это интересно. А премии — приятное дополнение, которое может открыть перед молодым специалистом новые пути. Награды помогают обратить на себя и свои идеи особое внимание, способствуют и карьерному росту: обладателю премий высокого уровня скорее дадут возможность провести какие-то серьезные исследования, позволят



И.В. Романченко во время интервью журналу «В мире науки»

зарекомендовать себя в социуме. Подобная награда — это не только радость для всех, но и мотивация на дальнейшую плодотворную работу.

— Как сегодня старшему поколению ученых работает с молодыми? Есть ли какие-то сложности, моменты недопонимания?

— Подавляющее большинство молодых ученых и их старших коллег сегодня очень дружно работают вместе. Они объединены общим делом, которое им интересно, стремятся делать его как можно лучше, отдают ему все свои силы. Между ними всегда есть диалог, мнения и идеи только приветствуются. На разногласия скорее влияют те глубинные перемены, которые происходят в нашей стране, создавая почву для недопонимания. Но это совсем не научные проблемы. Я считаю, что научное сообщество — самое демократическое сообщество из всех ныне существующих, это образец. А молодой ты или старый — не столь важно. Наука объединяет всех.

— Достаточно ли государство помогает молодым ученым?

— Кроме президентской премии Илья — еще и обладатель стипендии президента, а также грантов. Именно в таких грантах и стипендиях заключается помощь государства. Илья очень успешно начал свою научную карьеру, в молодые годы уже многого достиг на научном поприще. Мне кажется, государство сегодня очень неплохо помогает молодым специалистам. А вообще сегодня в стране ведутся реформы, и только время покажет, принесут они хорошие перемены или плохие. Нужно отметить, что базовое финансирование научных исследований не увеличивается, а наоборот падает, положение в стране не очень хорошее. Однако возможности ученого зависят не только от государства, но еще и от него самого — его активности, настойчивости. Илья в этом смысле — хороший пример. Не у каждого молодого сотрудника есть такие награды.

— Насколько направление, которым занимается Илья, перспективно и полезно для общества?

— В его разработках есть много позитивных моментов. Если говорить о борьбе с онкологическими заболеваниями, научное сообщество всегда приветствовало поиск новых способов лечения. То, чем занимается Илья, как раз претендует на успех в этой сфере. Уже были опробованы методы борьбы с раковыми клетками при помощи радиоимпульсов, медики этот способ оценили по достоинству. Нужно помнить, что такие серьезные прорывные разработки не входят в обращение быстро. Впереди совместная работа с биологами, медиками. Нашу страну часто обвиняют в неповоротливости, но в любой другой стране тоже должно пройти какое-то время, чтобы наилучшим образом протестировать и опробовать перспективные методы, и только потом применять их в серьезной практике. Любая идея без надлежащей проверки представляет собой серьезный риск, разработки Илья — не исключение.

Что касается направления исследований, связанного с борьбой с терроризмом, здесь тоже нельзя сказать, что исследования закончены и устройства ждут момента своей реализации. Успехи, конечно, есть, но еще нужны многочисленные испытания и исследования. Нужно выводить устройства на площадки, чтобы проверять их возможности, дабы они с успехом решали хотя бы часть ожидаемых от них задач. Но мы полны надежд и оптимизма, и это самое главное.

— Значит, в планы института входит продолжение этих исследований?

— Конечно, входит. Хочу отметить, что работы, связанные с высокочастотным и широкополосным излучениями, были начаты очень давно академиком Г.А. Месяцем. Затем они получили развитие под руководством академика С.Д. Коровина, бывшего директора нашего института. Сегодня это команда профессора В.В. Ростова и И.В. Романченко. Изучая использование сильноточных наносекундных генераторов применительно к конвертированию энергии этих генераторов в излучение, они развивают подход, который был инициирован их предшественниками. В этой области наш институт во многом преуспел, поэтому было бы странно не продолжать исследования. Это научное направление, которое уже ассоциируется с нашим институтом.

За последние десять лет нашими сотрудниками были сделаны замечательные открытия, например сверхизлучения, излучения на основе нелинейных эффектов на ферритах, исследованием которых занимается Илья. Мы обязательно будем продолжать наши изыскания и надеемся, что уже совсем скоро они смогут служить на пользу обществу. ■

Подготовила Дарья Дегтярева



КОСМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ

ПРО ВОДОНИК В КОСМОС

Факультет космических исследований МГУ им. М.В. Ломоносова впервые откроет двери студентам уже в сентябре этого года. Космонавтике очень не хватает научных кадров. Что включает в себя космическая наука? Ждут ли на орбите и в космических научно-исследовательских центрах химиков, биологов, других ученых? Об этом и многом другом мы побеседовали с научным руководителем нового факультета, первым заместителем генерального конструктора РКК «Энергия» им. С.П. Королева, летчиком-космонавтом, заведующим кафедрой «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов» МГТУ им. Н.Э. Баумана членом-корреспондентом РАН **Владимиром Алексеевичем Соловьевым**.



Член-корреспондент РАН В.А. Соловьев

Нестандартные решения из восьмидесятих — Владимир Алексеевич, давайте заглянем в 1980-е гг., в которые вам посчастливилось дважды слетать на орбиту. Многие наши современники считают их золотым веком отечественной космонавтики: строилась станция «Мир», создавались самая мощная ракета-носитель «Энергия», которой до сих пор нет равных, многоразовый космический корабль «Буран»...

— У нас было много проектов в то время, работали долговременные орбитальные станции «Салют», им на смену вывели «Мир»... Много получалось, но были и ошибки, аварии, правда, тогда не принято было их афишировать. И знаете, такое бережное отношение к создателям новой техники давало свою пользу — после исправления ошибок они вновь смело брались за дело.

Никогда не забуду одну очень показательную встречу с генеральным конструктором НПО «Энергия» В.П. Глушко, известным академиком, создателем ракетных двигателей, которые до сих считаются лучшими в мире. Возвращаюсь я после своего первого полета в 1984 г., и меня вызывают к нему в кабинет на доклад. Предварительно мой начальник А.С. Елисеев предупредил меня, чтобы я говорил всю правду, не скрывая даже самые неприглядные детали, мол, Глушко не потерпит никакой утайки. Ну, я все честно рассказал: о том, что



В.А. Соловьев в иллюминаторе станции «Салют-7», 1984 г.

станция «Салют-7», на которую мы летали, оказалась не слишком удачной — в жилых отсеках было довольно прохладно, плохо работала система двигательных установок и дозаправки топливом. За один полет из восьми выходов в открытый космос шесть нам пришлось выполнить только для ее ремонта. Понятно, это было не то, что хотелось услышать генконструктору, который постепенно становился суровым. Елисеев толкает меня ногой под столом, мол, хватит, достаточно, перебрал с правдой. А Глушко вдруг говорит фразу, которую я запомнил на всю жизнь: «Вот что, молодые люди, когда мы в начале войны работали в шарашке, мы верили, что скоро закончится война и мы полетим на Марс... Идите работайте, я вас понял». Космической романтикой было пропитано все в те годы. Например, в отделе, которым в начале 1970-х гг. руководил М.К. Тихонравов, тоже известный ученый, создатель первой ракеты ГИРД-10, висел лозунг: «Тем, кто не верит, что мы через три года полетим на Марс, не место в нашем отделе!»

— Во время своего полета на орбиту с Л.Д. Кизимом вы выполнили задачу, подобную которой до сих пор не повторил ни один другой экипаж, — перелет с одной орбитальной станции к другой и обратно. Как это произошло?

— Вот еще один пример того, как неприятности, как это ни парадоксально, могут стимулировать развитие космонавтики, заставляя инженерную мысль находить нестандартные решения. Перед тем нашим полетом в 1983 г. на Байконуре

произошел серьезный отказ техники: ракета-носитель «Союз-У» (11А511У) с кораблем «Союз Т-10А», в котором находились Володя Титов и Гена Стрекалов, взорвалась прямо на старте. К счастью, система аварийного спасения сработала четко и капсула с людьми была вовремя отстрелена. Но возникла проблема с нехваткой пилотируемых кораблей для доставки космонавтов на «Салют-7» (к ней как раз собирались лететь Титов со Стрекаловым). Нас с Кизимом готовили ко второму полету на новую станцию «Мир», которую нам предстояло первыми обжить и доукомплектовать. «Мир» без людей в автоматическом режиме долго летать не мог. А на «Салюте-7», также летавшем на тот момент без космонавтов, был набор дорогостоящей аппаратуры, на которой надо было провести как можно больше рабочих сеансов, а часть приборов перевезти на станцию «Мир». Возникла задача: как, имея один корабль, посетить две станции? Так и родилось решение, что мы с Леонидом облетим сразу два объекта — сначала «распечатаем» «Мир», а потом, вернувшись в корабль «Союз», перелетим на «Салют-7», выполним там все необходимое и вернемся обратно.

— Это, наверное, было очень сложно и рискованно?

— Этот метод требует серьезных запасов топлива, хорошей умственной работы на Земле и в космосе, чтобы просчитать правильную траекторию сближения. Корабль и обе станции прежде всего должны быть в одной орбитальной плоскости. А дальше, давая определенные, весьма ограниченные импульсы двигателям, вы оказываетесь либо выше, либо ниже цели. Законы баллистики весьма своеобразны: чем ниже вы находитесь, тем быстрее приближаетесь к тому объекту, который выше вас. Это будет понятней, когда вы вспомните атлетов, бегущих по стадиону: тот, кто бежит ближе к центру, опережает того, кто бежит по внешней дорожке. Что-то похожее происходит и в космосе. Чтобы оказаться на более низкой орбите, вам надо затормозиться. Вы тормозите, а скорость становится больше. Парадокс? Ровно наоборот происходит, когда вы разгоняетесь: перемещаетесь на более высокую позицию, но относительно станции, которую догоняете, ваша скорость становится меньше. Со всем не обязательно, чтобы станция эта была где-то близко. Иногда по баллистическим законам оказывается более эффективным догонять ту, которая находится на обратной стороне Земли, чем ту, которая

СПРАВКА

Владимир Алексеевич Соловьев — летчик-космонавт СССР, совершил два полета в космос на станциях «Салют-7» и «Мир» в 1984 и 1986 гг.; ученый и конструктор, специалист в области управления полетом пилотируемых космических аппаратов и комплексов. Дважды Герой Советского Союза, доктор наук, профессор, член-корреспондент РАН, первый заместитель генерального конструктора «Ракетно-космической корпорации «Энергия» им С.П. Королева, руководитель российского сегмента МКС, заведующий кафедрой «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов» МГТУ им. Н.Э. Баумана, научный руководитель факультета космических исследований МГУ им. М.В. Ломоносова.

находится близко. Наши перелеты до «Салюта-7» и обратно составили около трех суток. Методика оказалась очень удачной — мы выбрали экономный с точки зрения расхода топлива баллистический профиль и успешно вернулись назад на «Мир», перевезя с «Салюта» много полезного груза.

— Как вы думаете, ваш опыт межорбитального перелета пригодится космонавтам в будущем?

— Конечно, за этим будущее. Когда у нас орбите будет две-пять, а может и 25 станций (а я верю, что такое время наступит), такие транспортные операции будут очень актуальны. Например, для того чтобы на женскую станцию к 8 марта перевезти букеты с цветами. *(Смеется.)*

Управлять МКС — сложная наука

— Вы руководили полетом станции «Мир», вы руководитель российского сегмента МКС. Что это такое — современное управление станцией?

— Руководитель полета отвечает за многое: безопасность пилотируемых полетов, выполнение всей программы исследований, качественную эксплуатацию и сохранность космической техники.

В зале, в котором мы с вами сейчас находимся (*главный зал Центра управления полетами. — Н. В.*), никогда не гаснут экраны, не выключается свет. Здесь всегда, независимо от выходных и праздников, находятся люди — одна из четырех рабочих смен. Это команда, включающая в себя группы инженерной поддержки, которые размещаются не только в этом зале, но и в смежных комнатах. Сутки для одной команды делятся у нас не 24 часа, как у всех, а 25: дополнительный час требуется для передачи смены. Это напоминает работу диспетчерских служб атомных станций или аэропортов.

Я как руководитель обязан присутствовать при всех сложных операциях: стыковках, выходах в открытый космос, сложных динамических операциях, которые мы впервые проводим с нашими или иностранными кораблями.

— Как часты нештатные ситуации на борту МКС?

— Серьезные, к счастью, случаются редко, но более мелких проблем много: бывает, что-то ломается на станции у нас или у наших коллег, но объединив усилия, мы стремимся все нештатные ситуации разбирать, находить выходы.

— В случае непредвиденных событий вам приходится каждое действие согласовывать с центрами управления полетами других стран?

— Поскольку станция у нас единая для всех, даже неприятности партнеров всегда воспринимаются как свои собственные. При возникновении нештатных ситуаций с помощью телеконференций организуется объединенный виртуальный центр управления полетом, который совместными

усилиями старается преодолеть проблему. У нас существует так называемое распределенное управление сложным космическим объектом: есть ЦУП в Японии, два ЦУПа в Европе — в германском Оберпфаффенхофене и во французской Тулузе, есть небольшой ЦУП в Испании, два в США — Хьюстоне и Центре космических полетов им. Маршалла. И все они должны работать единым организмованным механизмом вместе с нами.

— А как же пословица про семерых нянек, у которых дитя без глаза?

— По межгосударственному соглашению у нас всегда руководящим считается тот ЦУП, чьи наиболее активные работы происходят в космосе. Это так называемый центр-мастер (по аналогии с компьютерной техникой, где есть машина-мастер — центральная, которая обеспечивает все диспетчерское управление, и машина-раб, осуществляющая вспомогательные функции). Таким образом, у нас периодически мастером становится тот или иной ЦУП. Летит к станции корабль «Союз», мы — центр-мастер, выходит в открытый космос наш экипаж, мы — центр-мастер. А если летит американский корабль *Dragon* или японский *HTV*, тогда их ЦУПы на время становятся мастерами.

Космос вносит свои коррективы

— Расскажите о недавних научных экспериментах, которые потребовали вашего присутствия в ЦУПе.

— Есть группа экспериментов, которые мы проводим в открытом космосе. Их сопровождает довольно много служб, и всегда есть риск, что где-то что-то пойдет не так. Такая неприятность произошла у нас с приборами для дистанционного зондирования Земли, которые космонавты в конце 2015 г. устанавливали на внешней поверхности станции. Они должны были включаться в определенное время и фотографировать подстилающую поверхность планеты с очень хорошим разрешением в разных диапазонах длин волн. Космонавты вынесли и установили в открытом космосе много блоков таких приборов, но в результате некоторых отказов внутри станции (как мы это позже выяснили) наружная аппаратура не запустилась. В результате пришлось дать команду космонавтам, которые уже были довольно уставшими после нескольких часов работы в открытом космосе, отстыковать оборудование и возвращать все внутрь до выяснения причин. Выяснением мы занимались в течение всех новогодних праздников. Сейчас эта система переустановлена заново и работает исправно.

— Помню, с системой автоматического причаливания «Курс» были проблемы. С ней тоже разобрались?

— С системами радиолокационного сближения космических аппаратов мы работаем очень давно, еще с 1969 г., когда первую такую стыковку

осуществили Владимир Шаталов, Алексей Елисе-ев, Борис Волюнов и Евгений Хрунов. Взаимное нахождение в космосе двух аппаратов, летящих со скоростью 8 км/с, с шестью степенями свободы — непростая задача. Наверное, сейчас можно говорить о том, что система работает надежно. Но, как вы заметили, бывают сбои. Помимо отказов это бывает связано, как у нас иногда говорят, с «божественными силами». В основном сбой связан с тем, что МКС постоянно меняет свою архитектуру. Это живой организм, в котором периодически появляются новые программы, новая аппаратура, совершенствуется интеллект. Эти изменения очень существенны для радиолокационных систем, поскольку все панели солнечных батарей, антенны, радиаторы отражают радиоволны. Мы иногда видим незапланированные волновые переотражения и всегда готовы перейти на ручные режимы стыковки. В этом случае также обязательно мое присутствие в ЦУПе, я напрямую руковожу этим процессом.

Ученые будущего

— Как пришла идея создать на базе МГУ новый факультет космических исследований?

— Это идея ректора университета В.А. Садовниченко, который в течение года ее вынашивал. Мы несколько раз беседовали на эту тему. Несмотря на то что моя альма-матер — МГУ им. Н.Э. Баумана, где я руковожу кафедрой, я уже лет семь читаю и в МГУ на мехмате лекции по баллистике, теории космического полета и небесной механике. В университете также преподается курс «Космонавтика для всех», который посещают до 100 студентов с разных факультетов: юридического, журналистики, мехмата — и я стараюсь простым языком рассказывать им, что такое космические аппараты, в чем отличия одного от другого, их достоинства. Объясняю, как проводятся некоторые научные эксперименты. И вот как-то раз В.А. Садовничий говорит: «МГУ уже запустил несколько своих спутников, а специалистов высшего класса по исследовательской космической тематике не хватает. Надо создавать отдельный факультет». С этого момента начали думать, разрабатывать учебную программу, подыскивать преподавателей.

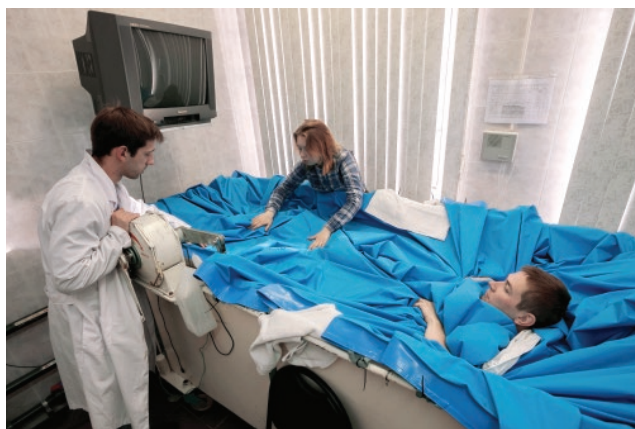
— Кто сможет стать студентом нового факультета?

— Претендовать на поступление смогут выпускники бакалавриата почти всех естественно-научных факультетов, интересующихся космическими исследованиями и их проведением на борту, внедрением результатов в нашу земную жизнь. Факультет космических исследований станет для молодежи, болеющей космосом, следующей образовательной ступенькой — магистратурой, где они смогут раскрыть свои таланты в полной мере. В конце марта факультет проведет для всех желающих день открытых дверей, а 1 сентября «космическая»

магистратура МГУ примет первых учащихся. Уже определено, что одним из вступительных экзаменов будет экзамен по математике с элементами математической физики. Кстати, набор осуществляется не только из выпускников бакалавриата МГУ — мы приглашаем студентов из разных вузов.

— Сколько лет будете обучать космических специалистов и будете ли готовить их к полетам?

— Не исключено, что кто-то из студентов в будущем станет космонавтом. Но это не прямая цель обучения на факультете. Через два года (столько будет длиться обучение) они будут подготовлены для работы в организациях космической отрасли, которые занимаются экспериментами в космосе, или в академических институтах, например таких как Институт космических исследований или Институт медико-биологических проблем РАН. Мы намерены серьезно сотрудничать с такими организациями, чтобы в процессе обучения нашим студентам предоставлялась возможность попробовать свои силы на их современных научных стендах, в настоящих лабораториях, — по-другому нельзя. Кстати, мы заинтересованы и в подготовке талантливых преподавателей — ученых из тех



Иммерсионные ванны

же институтов, которые должны уметь объяснить, заинтересовать наших студентов своими исследованиями, ведь им потом вместе работать.

— Расскажите об основных направлениях космических исследований, с которыми придется столкнуться в будущем вашим выпускникам.

— Мы ведем в космосе исследования по нескольким основным направлениям. Сегодня очень развито направление космической медицины, которая познает человека в условиях космоса, помогает ему приспособиться. После первых полетов Юрия Гагарина и Германа Титова была эйфория — они возвращались с хорошим самочувствием. Беспечность закончилась в конце 1970-х гг., после 18-суточного полета Виталия Севастьянова и Андрияна Николаева, которые вернулись в очень плохом состоянии и практически не могли

себя обслуживать. И вот в Институте медико-биологических проблем РАН, который возглавлял тогда О.Г. Газенко, задумались над системой профилактики неблагоприятного воздействия длительной невесомости на человеческий организм. Была создана целая система с набором методик предполетных, орбитальных и послеполетных тренировок, которая теперь позволяет космонавтам возвращаться на родную планету в хорошем состоянии не только по истечении 18 суток, но и после годовых и полугодовых полетов. Как вы знаете, рекорд нашего Валерия Полякова, который прожил на орбите 437 суток и 18 часов, до сих пор никем не побит. И даже после того космического марафона Валерий сразу после приземления мог передвигаться на своих ногах. Сейчас направление космической медицины возглавляет в нашей стране академик А.И. Григорьев.

Следующим очень востребованным научным направлением я бы назвал космическую биологию. Уже сегодня в невесомости создано множество белков, выведены штаммы, которые обладают удивительными свойствами для фармакологии и экологии. Например, есть белки, которые больше всего на свете любят нефть, ею питаются. Мы проверяли это их свойство, «расселяя» в местах бывших бензоколонок с нефтяными разводами. Через год их было не узнать — там росла зеленая трава. А ведь эти же белки с таким же стопроцентным успехом можно использовать и в море, в местах разливов топлива.

— Почему именно в космосе удалось создать такие белки?

— Это объясняется многими особыми условиями, например микрогравитацией. Есть кристаллы, в том числе и белковые кристаллы, которые в космосе развиваются и растут не так, как на Земле. Это удивительное свойство, которым было бы грех не воспользоваться. Еще среди важных направлений исследований я бы выделил дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ). Безусловно, для решения ряда задач можно было бы ограничиться и аэрофотосъемкой с высоты 10 тыс. м. Но леса постепенно растут, меняется природный ландшафт, увидеть подобные, более глобальные изменения можно только при помощи более панорамной съемки из космоса. Она требует расшифровки, а для этого нужны высококлассные специалисты. Недавно я разговаривал с коллегами — из Европейского космического агентства. Они рассказали мне, что для обработки спутниковой информации им пришлось создать сложную дорогостоящую наземную аппаратуру, сопоставимую с той, что отправили в космос.

Кроме всех ранее названных еще есть проблемы, связанные с астрофизикой, с космической погодой, от скачков которой страдают не только метеозависимые люди, но и животные, выходят из строя

линии электропередач и газопроводы. Можно остаться без энергообеспечения только от одной вспышки на Солнце!

Не менее важно и космическое материаловедение, позволяющее получать исходные материалы для современной микроэлектронной промышленности. Благодаря отсутствию в космосе гравитации там удается смешивать несмешиваемые на Земле вещества. Взять, например, металл с большим удельным весом, такой как золото, и более легкий алюминий, сплав которых в земных условиях получить невозможно, а в космосе, где их удельный вес исчезает, гораздо легче. Такой сплав обладает новыми физическими и электрическими свойствами — всеми качествами золота,



Лунный корабль (находится в музее РКК «Энергия»)

но при этом весит гораздо меньше, что очень ценно для многих отраслей промышленности, в первую очередь ракетостроительной. Актуальны сейчас и многослойные конструкции (из них делают, например, легкие бронезилеты). Суть их создания заключается в наиболее равномерном распылении материалов для создания идеального «пирога». И опять же в этом нам помогают невесомость и настоящий вакуум, который на Земле создать очень сложно, а на станции открыл заглушку специального резервуара, выпустил весь воздух наружу — вот тебе и идеальный вакуум.

Ученых, области интересов которых пересекались бы на стыках естественных наук и космонавтики, сейчас не хватает — не все пока почувствовали ветер новых технологических перемен, связанных с более активными работами



Слева направо: Л.Д. Кизим, В.П. Глушко, В.А. Соловьев

в космическом пространстве. Но в будущем, я уверен, это направление получит очень широкое развитие. И те немногие, которых мы сегодня обучим, будут дорогого стоить.

Лунное притяжение

— Вы, когда только начинали работать в РКК «Энергия», проектировали двигательную установку системы управления лунными модулями. Сейчас эту систему можно использовать для современной разрабатываемой техники?

— Мы так и делаем, правда, с определенной ее модернизацией и улучшением. В 1970-х гг. я принимал участие в создании системы ориентации для так называемой лунной кабины, чем-то отдаленно напоминающей спускаемый аппарат. Двигатели ориентировали кабину в полете и при заходе на посадку, эти же доработанные двигатели и другие компоненты были уже использованы на станциях «Салют», а потом и в созданной нами новой системе дозаправки топливом в космосе. Система успешно работает у нас с 1978 г., и ее до сих пор покупают у нас западные партнеры.

— Сейчас многие страны вновь направили взоры к Луне, и у нас тоже заговорили о создании станции и даже поиске ископаемых на нашем спутнике. Думаете ли вы о подготовке кадров для этой экзотической отрасли?

— Я бы так далеко не загадывал. Сейчас, спустя 55 лет после полета Юрия Гагарина, мы освоили только полеты на земную орбиту. Если двигаться вперед последовательно, то ближайшая актуальная задача — освоение транспортной системы, на которой мы могли бы уверенно добираться до орбиты Луны, существовать на ее орбитальных станциях, спускаться на поверхность и возвращаться обратно.

— Американцы, которые уже летали на Луну, наверняка находятся сейчас немного впереди в деле ее освоения?

— Я был знаком со многими ветеранами американской астронавтики, например с руководителем полета программы «Аполлон» Джинном Кранцем, который говорил, что тот проект был очень рискованным. Несмотря на то что они его успешно провели, долго еще вспоминали о неудаче, постигшей участников миссии «Аполлон-13», которые так и не смогли прилуниться и с большим трудом вернулись на Землю. Так что и они, и мы понимаем сегодня, что Луна по-настоящему еще не освоена никем.

— Какой из предлагаемых сейчас транспортных лунных проектов вам кажется более жизнеспособным: многоступенчатая сборка лунной транспортной системы на орбите и последующий ее запуск на спутник или подъем и вывод всего комплекса на супертяжелой ракете-носителе типа «Энергия»?

— Тут нет однозначного ответа. Многоступенчатость, увы, не предполагает особой надежности. Всегда есть опасность, что одна из ступенек подломится. Суперракету можно создать, но на это потребуется на порядок больше средств. Я сторонник следующей схемы: у нас есть базовая орбитальная станция, на которую могут отдельно доставляться элементы будущих космических аппаратов, их можно там собирать, заправлять, испытывать все системы и лишь после этого отправлять в пилотируемом или беспилотном варианте к Луне. Ведь для всех космических аппаратов большой риск отказов существует лишь на активном участке выведения с серьезными перегрузками и сильной вибрацией.

— В завершение нашего разговора хотелось бы задать вопрос о российской новой орбитальной станции, которая должна появиться после 2024 г. Какой вы ее себе представляете?

— Любая техническая задача может быть успешно решена, если она базируется на предшествующем позитивном опыте. У нас есть целый набор станций, от которых мы должны взять лучшее. Мы сейчас конструируем новые модули для МКС таким образом, чтобы они взяли на себя потом основные функции новой станции. Главные принципы, которые должны учитываться, поняли все: конструкция обязательно должна быть модульной, сделанной по принципу подводной лодки, все бортовые системы должны управляться бортовыми вычислительными машинами с многократным дублированием. Сейчас на МКС более сотни таких машин обеспечивают работу искусственного интеллекта с элементами нейросетей, которые которые максимально снижают риск ситуации полного выхода станции из строя. Можно сказать, что хороший задел для нового российского космического форпоста уже создан. ■

Беседовала Наталья Веденева



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

Олимпийский факел МГУ

Слава ученых МГУ растет день ото дня. Она не только заполнила аудитории самого университета, но и добралась до коридоров Кремля. Именно оттуда пришло поручение разобраться досконально с явлением, которое именуется «допинг» и которое в последнее время принесло так много неприятностей всем россиянам. Ведь среди нас нет людей, равнодушных к спорту.



Декан факультета фундаментальной медицины МГУ академик **Всеволод Арсеньевич Ткачук** сразу же уточнил:

— Это поручение президента относится к университету в целом. Мне кажется, в нем отражено доверие не только к техническим возможностям МГУ, но и к его интеллектуальному и творческому потенциалу.

— Всеволод Арсеньевич, но все-таки ответственность легла и на ваш факультет.

— В МГУ более 40 тыс. сотрудников. Есть все возможности, чтобы решить проблему допинга. Точно так же как и в ведущих западных университетах, где ею занимаются. В общем, нужна мощная научная корпорация, так как допинг — это многофакторная система. Речь идет не только о выявлении чужеродных веществ в крови, моче или других жидкостях, находящихся в организме, но и об изменении эндогенных элементов. Надо выявлять причины изменения в организме уровня гормонов, нейромедиаторов и других веществ. И необходимо определять не только метаболиты, но и состояние генома спортсмена. Проблемы наисложнейшие, требующие глубокого аналитического анализа и самой современной аппаратуры. Всем этим университет располагает.

— Но проблема достаточно узкая. Ведь речь идет о биохимии, то есть о вас...

— Да, допинг — это прежде всего молекулы.

— Вы должны не только определять, есть ли чужеродные молекулы, но и прогнозировать их появление?

— Совершенно верно. В частности, это задача и моя, так как я заведу кафедрой биохимии и молекулярной медицины. Она охватывает всю проблему,

сложную и ответственную, а потому мне это очень интересно. Не сомневаюсь, что многих молодых людей она также увлечет. Как профессиональный биохимик, окончивший биологический факультет МГУ, могу судить о нашей науке объективно. В течение 35 лет я возглавлял отдел биохимии в Российском кардиологическом научно-производственном комплексе под руководством Е.И. Чазова. Меня рекомендовал мой учитель академик С.Е. Северин. Я сконцентрировался тогда на медицинских проблемах, так как биохимия должна служить медицине.

— Но ведь и в МГУ этим занимаются.

— На биофаке есть кафедра биохимии. Ею заведует мой друг Н.Б. Гусев. На медицинском факультете биохимия другая, она должна быть связана со здоровьем человека, с выяснением причин разных заболеваний и путей их излечения. Здесь учатся врачи, именно их мы готовим. Если на биофак приходят, чтобы стать биохимиками, то к нам идут, чтобы стать врачами. Кстати, заинтересовать их биохимией очень непросто, потому что там много других привлекательных предметов. Они обратят внимание на биохимию, если увидят, что это живое, интересное дело. И проблемы с допингом, конечно же, обращают на себя внимание, так как актуальны.

— Вы не боитесь оказаться в центре внимания всех мировых спортивных акул — от чиновников до медиков?

— Нет, и вот почему. Наш факультет не будет проводить измерения каких-то веществ в моче и крови. Я не считаю, что университет должен заниматься техническим обслуживанием тех или иных групп людей. Мы должны идти впереди, разрабатывать идеологию, методологию тех рисков допинга, которые могут возникнуть через 10–20 лет. Мы



должны предсказать, предусмотреть методы контроля. Это во-первых. Во-вторых, скажу сразу: я не сторонник профессионального спорта.

— **Почему?**

— Он не свидетельствует о здоровье нации. Это эксплуатация подчас одного органа, поэтому «профессионализм» часто плохо кончается. Нужна физкультура. А профессиональный спорт — на грани надрыва, поломки прекрасной машины, которая называется организмом человека. Это моя позиция. Тем не менее профессиональный спорт дает ученым прекрасную возможность изучать, как экстремальные физические и психические нагрузки влияют на человека, как организм восстанавливается после них. Такие исследования надо проводить именно в университете, потому что в других медицинских учреждениях занимаются болезнями. Мы же изучаем здоровье человека. Профессиональный спорт — это прекрасная модель для ученого, так как организм достигает предельного состояния, а затем восстанавливается.

— **Причем эксперимент проводится добровольно!**

— Именно так. Медицина занимается болезнями, а понятие «здоровый человек» так и не определено до нынешнего дня. Нужно создавать «здоровьесберегающую медицину».

— **Термин трудноусвояемый...**

— Пока не удастся подобрать более простой и отражающий суть этих идей. А из здоровых людей нужно выявлять самых здоровых. И в этом, кстати, очень помог космос.

— **Вы ученик С.Е. Северина. Мне доводилось встречаться с ним. Он очень увлекался космической биологией и медициной. А вы?**

— Я встречаюсь и дружу со многими космонавтами. Теперь в МГУ открывается новый факультет — космический. В этом кабинете недавно побывал профессор В.А. Соловьев, его научный руководитель.

— **Тот самый Владимир Соловьев, прославленный космонавт и один из руководителей «Энергии»?**

— Да, он профессор МГУ. Мне было приятно, что первым местом, куда он пришел, оказался наш факультет. Он сказал, что создание нового факультета надо начинать отсюда. Советовался, какие именно направления по космической биологии и медицине надо развивать. Отбором космонавтов — а дело это очень непростое, ведь из здоровых летчиков для первых полетов надо было выбрать самых здоровых — занимался Институт медико-биологических проблем. Директором многие годы был академик О.Г. Газенко, потом директором стал академик А.И. Григорьев, вице-президент РАН и заведующий кафедрой экстремальной и экологической медицины. О.И. Орлов, нынешний директор института, работает на этой кафедре. Так что у нас есть космическая преемственность и традиции сохраняются.

— **В стране, особенно в столице, множество крупных медицинских центров, в которых можно решить практически любую проблему, связанную со здоровьем человека. Почему потребовался ваш факультет?**

— Это великое дело, осуществленное ректором. В.А. Садовничий создал около 30 факультетов, но он всегда подчеркивает, что одно из самых правильных решений за 25 лет его ректорства — основание факультета фундаментальной медицины. Это произошло в первый месяц после его избрания. Виктор Антонович пригласил меня



Декан факультета фундаментальной медицины МГУ им. М.В. Ломоносова академик В.А. Ткачук

на беседу и сказал: «Если удастся воссоздать медицинский факультет, то я не зря стал ректором». А потом добавил, что во всех университетах мира вокруг медицинского факультета объединяются физики, химики, биологи, гуманитарии.

— **Да и становление самого Виктора Антоновича как крупного ученого шло через медицину. Именно он принимал самое активное участие в победе над невесомостью...**

— Он понимает важность медицины для развития всей науки — от математики и физики и до гуманитарных направлений. Но медицины особенной...

— **Что вы имеете в виду?**

— Студентов нашего факультета учат восемь факультетов МГУ. Причем как учат! На физическом факультете МГУ лекции читают академики и профессора, развивающие эту науку, то есть создатели физики, а не пересказывающие учебники. На химическом факультете пять кафедр, и на каждой профессионалы самого высокого уровня. И везде практика. Студенты работают в лабораториях, решают конкретные проблемы. На биофаке семь кафедр, а не одна, как в обычных медицинских вузах. Это первая особенность. И второе: у нас всего 50 студентов на курсе. Официально МГУ разрешено — на четырех студентов один преподаватель, а в других медицинских вузах один преподаватель на 20 студентов. Это привилегия МГУ. То есть мы готовим своих специалистов так, как считаем нужным, и используем свои стандарты. Во всем мире самое дорогостоящее образование — медицинское. Оно индивидуальное. Это школа-студия, творческая мастерская. Врача надо готовить так же, как в консерватории скрипачей и пианистов. И у нас так получается! Каждого студента мы знаем не только по фамилии, но и по имени и отчеству. Нам известны способности каждого, а потому

мы можем помочь выбрать каждому свое направление, которых в медицине множество.

— **Но вы готовите из них и исследователей?**

— Конечно. В современной медицине всего около 20% болезней изучено досконально. Известны причины возникновения заболевания и возможности излечения.

— **А остальные 80%?**

— Требуют изучения. Но для этого надо понимать физические основы жизни, разбираться в химии, знать биологические процессы, философски мыслить. Наши студенты не только слушают лекции, ведут лабораторные работы, но и уже с третьего курса занимаются научными исследованиями. На четвертом курсе они делают доклады, пишут исследовательские

отчеты. На пятом — уже серьезные исследования, а на шестом — дипломная работа, которая приравнивается к диссертации.

— **Следовательно, «академический врач», то есть ваш выпускник, — это специалист, склонный к науке и идущий впереди выпускников медицинских вузов?**

— Да, это так. Прогресс в науке и искусстве обеспечивают единицы. Сошлюсь на Л.Д. Ландау. Он читал лекции студентам-физикам. Говорил так: «Вас в аудитории 300 человек. 299 зря поступили на физический факультет, так как ничего из вас не выйдет. Зря государство на вас тратит деньги. Но один из вас оправдывает все эти расходы. Я читаю лекцию этому одному. Я не знаю, кто это. И вы не знаете. Если вы не понимаете, о чем я говорю, не горюйте — он понимает». Каждый студент хотел быть тем самым «одним». Этот принцип Ландау в определенной степени используем мы. В 1990-х гг., когда мы начинали, на нас обрушились чиновники, мол, мы готовим специалистов для Запада. Но оказалось, что это не так. Подавляющее большинство наших выпускников остаются здесь, они нарасхват. Они работают в лучших медицинских центрах страны.

— **Почему вы стали заниматься медициной? Насколько я знаю, отец ваш преподавал литературу, а он для вас был безусловным авторитетом.**

— Маме не дали доучиться, она так и осталась фельдшером. Ее послали в маленькую деревушку — после войны не хватало специалистов. Она мечтала, чтобы я стал врачом. Но я попал в то время, когда наука была необычайно престижна. Наши успехи в космосе, физике, биологии во многом определили мой выбор. Я решил, что окончу МГУ, стану ученым, а потом уже врачом. Но случилось обычное: по окончании вуза женишься, потом рождаются дети, и уже жизнь не позволила стать врачом...

— Из провинциального Бийска — и сразу в МГУ. В середине 1960-х гг. конкурс был очень большим?

— Я был круглым отличником. Конкурс был тяжелым: пять письменных экзаменов. Конечно, чудо, что поступил. Однако в советские времена можно было из любой глубинки поступить в МГУ. Я ведь учился в деревне, где мой отец был учителем. А Садовничий? Он два года работал шахтером, а потом поступил на мехмат. Я учился в среде очень развитых людей, которые приехали в Москву со всего Советского Союза. Часто приезжали родители. С корзинами, с мешком картошки, с вязанками лука... Подкармливали нас в общежитии.

— А сейчас?

— У нас половина студентов москвичи, а остальные со всей России. Чтобы поступить к нам, нужен средний балл 95. По ЕГЭ 100 баллов получают всего несколько сотен человек в стране. Из пяти предметов иметь 95 баллов — это должны быть очень сильные ребята. Мне кажется, сейчас у нас сохраняется правильный прием студентов. Подбирается ровная группа, а планка очень высокая. Студенты знают: экзамен для всех одинаков, никаких послаблений, условия равные. Это очень важно. Сразу видны способности каждого. Что греха таить, мне случается рекомендовать перевести в другой вуз того или иного отстающего студента, чтобы не сорвать его нервную систему. Когда студенты сильные, естественно, педагог поднимает планку преподавания — и некоторым это уже не по силам. А в обычном вузе наш студент будет в лидерах, это проверено неоднократно.

— И вы это говорите всем?

— Всем, кто начинает отставать. Бывали среди них и дети чиновников, занимающих очень высокие посты в государстве, и дети моих друзей-академиков.

— Вольно или невольно вы ставите своих выпускников в особое положение?

— С этим мы как раз боремся. Никаких поблажек: наш врач должен вести прием пациентов, работать наравне со своими коллегами. Да, наши выпускники должны быть врачами, знающими биохимию, физику, химию, но повторю: прежде всего врачами. И если уж защищают диссертацию, то она должна быть медицинской.

— В чем же отличие?

— Он не пропустит уникальный случай, выявит нестандартность заболевания. И он начнет искать новую диагностику, новый метод лечения. Для этого у него хватит знаний, так как он получил университетское образование.

— С самого начала вы хотели создать именно такой факультет?

— Мне повезло в жизни: я всегда работал с очень умными людьми. Отец мой был очень талантливым человеком. Я уже упоминал С.Е. Северина

и Е.И. Чазова. Мы часто беседовали с Евгением Ивановичем. Он мечтал собрать ученых в экспериментальном институте — физиков, химиков, биологов, а в клиническом — врачей. И думал, что если ученые и врачи будут ходить на одни и те же ученые советы, в одну и ту же столовую, бухгалтерию, они проникнутся проблемами друг друга и начнут сотрудничать. К сожалению, его надежды не оправдались, так как экспериментаторы увлечены своими делами, а врачи — своими. Оказывается, подобные идеи можно реализовать не на ученом совете, а в одной голове. Знание организма, которое есть у врача, и понимание механизма физико-химических взаимодействий в нем, которое есть у ученого, должны быть у одного человека. Именно поэтому врача готовят в университетах. Причем не на конвейере, а сугубо индивидуально. В самых знаменитых университетах Америки на курсе 100–120 студентов-медиков. А у нас в медицинских вузах на курсе среднее количество студентов — 450, а в некоторых — по 2–3 тыс. Нужны колоссальные ресурсы для подготовки такой массы специалистов, да и база для практики огромная. Все это сделать на нужном уровне просто невозможно.

— Ваши достижения в науке связаны с человеческим сердцем, не так ли?

— Да. Мне трудно оценивать свою работу, пусть это делают другие. Отмечу лишь одно: так уж устроена фундаментальная наука, что о ее результатах подчас можно говорить лишь через десятилетия. Или об ученом забывают, или уже потомки по достоинству оценивают его деяния. Е.И. Чазов позвал к себе нашу лабораторию, потому что мы первыми начали заниматься так называемой персонализированной медициной. Я интересовался рецепторами — это молекулы, которые узнают гормоны, факторы роста и т.д. И большинство лекарств действуют через них. Оказалось, что мы различаемся не только по количеству гормонов или каких-то других молекул, но и по чувствительности рецептора. Память, характер, острота зрения и другие особенности организма связаны с рецепторами. Оказалось, что можно прогнозировать, какая доза лекарства подходит человеку, какие лекарства годятся для него, а какие бесполезны или даже вредны. Такие работы мы проводили в кардиоцентре. Но мы вели также и другие исследования. И ведем сейчас.

— Теперь мне понятно, почему МГУ, его ректору, факультету фундаментальной медицины и вам доверено столь сложное дело, как борьба за чистоту отечественного спорта...

— Речь сейчас идет не только о допинге, а прежде всего об уровне отечественной медицины, авторитете ее представителей в стране и мире.

— Справитесь?

— Будем стремиться. Нельзя не справиться.

«...И несколько слов о бессмертии»

Программа гибели заложена в каждый живой организм. В природе есть существа, которые живут один день, другие — неделю, третьи — год. Мы можем с помощью разных подходов медицины продлить жизнь, но не до бесконечности, а до ее биологического рубежа.

— Не могу не спросить, каким вам представляется будущее медицины. Вы сразу поняли, что в человеческом организме есть определенный барьер, перешагнув который, можно создавать новые органы и заменять отслужившие свой век?

— Наука развивается непредсказуемо. Что меня удивило? Стали появляться неожиданные для меня данные. Например, пересадка сердца. Оказывается, когда мужчине трансплантируют сердце от донора-женщины, то спустя годы, месяцы женские клетки в нем заменяются на мужские, о чем свидетельствуют игрек-хромосомы, причем обновление клеток сердца и сосудов очень значительно — до десятков процентов. Оказалось, что мы обновляемся фантастически быстро. В день у нас умирает килограмм клеток. И столько же, естественно, образуется. За свою жизнь мы производим десятки тонн клеток. Объяснить этот феномен обычным делением дифференцированных клеток невозможно, здесь что-то другое. Потом — как идет замена клеток женских донорских на мужские?

— Это «другое» и начали искать?

— Конечно. Оказывается, есть стволовые клетки, которые специально нужны для обновления. И это открытие сделал русский ученый. В 1908 г. генерал Санкт-Петербургской военно-медицинской академии, профессор кафедры гистологии А.А. Максимов открыл гематopoэтические клетки, из которых образуются все остальные клетки крови. Понадобилось 100 лет, чтобы стало понятно — это величайшее открытие. За жизнь у человека 3 т клеток крови образуются из гематopoэтической клетки, сидящей в костном мозге.

Оказалось, что и другие ткани нашего организма — и соматические, наружные, и висцеральные, внутренние, — тоже имеют стволовые клетки, которые участвуют в обновлении органов и тканей. Это обновление идет двумя путями.

Во-первых, есть программа обновления. Некоторые клетки обновляются каждые две недели. Те же лимфоциты или слизистая кишечника, дыхательных путей или пищеварительного тракта. Некоторые клетки обновляются раз в год, а некоторые вообще не обновляются, например нервные клетки. Когда человек болеет или стареет, уменьшается количество стволовых клеток. Значит, возможен другой механизм лечения человека. Надо просто повышать, восстанавливать потенциал стволовых клеток, обновляющих наш организм. Их можно взять у пациента, приумножить числом в сотни, в тысячи раз и вернуть в нужный орган. Можно и органы выращивать. Ведь доноров для трансплантации никогда не будет хватать, а люди живут все дольше и дольше, а потому появляется все больше пациентов, которым нужно пересаживать сердца, почки, печень, легкие. Так что рано или поздно ученые начнут выращивать эти органы вне организма.

Второй путь. Недавно было сделано одно потрясающее открытие. Выяснилось, что идет перепрограммирование многих клеток нашего организма. Оказалось, что из клеток, например, кожи можно вырастить нейроны, кардиомиоциты, легочные клетки, сперматозоиды, яйцеклетки. Можно выращивать целые организмы из любой клетки нашего тела. Запрещено клонировать людей, но прекрасно стали клонировать животных. И как пройти мимо этого?



— «Ремонт организма», «запасные части человека» — звучит фантастично...

— Конечно. Для продления жизни нужно по-настоящему разобраться, как включаются программы гибели клеток. По разным причинам в разных тканях разные факторы вызывают гибель клеток. Как это происходит? Как идет обновление? Как организм узнает погибшую клетку и как из стволовой образует новую — с определенными морфологией и функцией? Как она вступает в те же контакты с соседями? Как она без всякого сбоя продолжает функционировать? Можно сравнить с машиной, которая едет на большой скорости, а мы в ней на ходу меняем карданный вал, шестеренки, подшипники... Такое направление в науке появилось в конце XX в.

Большую роль в появлении Института регенеративной медицины сыграл В.А. Садовничий. Наш ректор обладает прекрасным качеством — видеть и предугадывать будущее, к тому же очень любит медицину. Медицинский центр как клиническую базу нашего факультета начали создавать в 2005 г. Нас поддержал бывший мэр Москвы Ю.М. Лужков. Идею такого центра высказал великий хирург Майкл Дебейки. Он много раз прилетал из США в Москву и каждый раз говорил о том, что надо восстановить медицинское образование в МГУ.

Мы стали строить больницу. Вместе с ректором каждую субботу ходили сюда в сапогах и телогрейках. Обсуждали, что эта клиника не может быть рядовой больницей. Московскому университету такое не пристало. На каком-то этапе я рассказал



Молодые исследователи в поисках новых способов сохранить здоровье до старости



Самый ответственный момент — планирование эксперимента

Виктору Антоновичу, что клинике нужна база регенеративной медицины. Для этого надо было остановить стройку на полтора года, потому что потребовался новый проект. И Садовничий стройку остановил, Лужкова убедили, что необходимо все перепроектировать. Сделали самое чистое помещение в Москве, а может и в России.

— Так называемую чистую комнату?

— Да. 400 м. Класс чистоты самый высокий, выше, чем в хирургических, чем в обычных «чистых комнатах». Особенность в том, что генные и клеточные препараты нельзя стерилизовать, их надо производить в абсолютно чистых условиях. И оборудование соответствующее необходимо, и специалисты нужны. В эту лабораторию, которая теперь называется институтом, пришли работать выпускники нашего факультета. Это 30-летние молодые люди, которые прошли хорошую подготовку, стали кандидатами медицинских наук, все имеют право врачевания, терапевты, кардиологи. Но при этом они занимаются клеточными и генными технологиями.

— Особая квалификация?

— Судите сами. Они стали кардиологами или терапевтами, для этого после шести лет обучения надо было еще два-три года учиться. Потом они пошли в аспирантуру или по биохимии, или по клеточной биологии. А уж потом пришли в этот институт. Последние 15 лет мы работали в этой области. Государство выделяло деньги, мы вели исследования. И сейчас ведется испытание трех

препаратов — двух ангиогенных в кардиоцентре Е.И. Чазова и одного препарата по реиннервации пальцев или кистей. Завершено создание еще трех препаратов. Они проходят предклинические испытания. Мы пока не лечили с помощью стволовых клеток, так как не было соответствующего закона. Теперь Госдума его приняла, президент подписал, так что с января он уже действует.

— Можно лечить стволовыми клетками?

— По тому закону, который сейчас принят в нашей стране, предусматривается, что эти клетки должны пройти предклинические и клинические испытания. Это делается для того, чтобы не навредить человеку. Это правильное решение. Многие врачи со мной не согласны, говорят, что без закона было бы лучше. Но это ошибочная позиция. Клеточные технологии — это оружие большого калибра, оно может иметь и нежелательные последствия. У нас пока нет сведений об отдаленных эффектах. Поэтому нужно быть очень осторожными.

— Всеволод Арсеньевич, вам не страшно? Вы же работаете над бессмертием.

— Нет, человек смертен и должен быть смертен, иначе наступит конец человечеству. Я думаю, программа гибели заложена в каждый живой организм. В природе есть существа, которые живут один день, другие — неделю, третьи — год. И, конечно же, такая программа заложена внутри нас. Мы можем с помощью разных подходов медицины

Регенеративный потенциал человека

Каждый день в теле взрослого человека гибнет и образуется около



В течение жизни в организме человека образуется около



Механизмы образования клеток

1. Деление терминально дифференцированных клеток
2. Дифференцировка стволовых клеток
3. Перепрограммирование дифференцированных клеток



В чистых комнатах института созданы особые условия для работы

продлить эту жизнь, но не до бесконечности, а до ее биологического рубежа. Я не знаю, это 120, как в Библии, или 150 лет. Можем продлить срок жизни за счет того, что будем исключать гибель из-за случайностей или маленьких поломок, которые часто приводят к разбалансировке всего. Это просто продление жизни. Но еще важно, думаю, сохранение высокого качества жизни.

— **Ваш учитель академик С.Е. Северин говорил, что хорошо бы жить 250–300 лет.**

— Он дожил до 92 лет. С очень светлым разумом. За месяц до кончины (мне кажется, он ее чувствовал) мы с ним беседовали, и я спросил, какой возраст у мужчины лучший. Ему было 92, мне 46 тогда. И он ответил, что не хотел бы меняться со мной возрастом. Он сказал: «Мне нравится мой возраст. У вас столько суеты, все от вас чего-то ждут, требуют, а я наконец могу жить так, как я хочу, читать что хочу, встречаться с кем хочу». Ну, может, это шутка была, но он так сказал... И когда я смотрю на 20–30-летних, мне тоже с ними не хотелось бы меняться, ведь для этого придется расстаться с тем, что понял и узнал во второй половине жизни. Конечно, хотелось бы, чтобы нигде ничего не болело, чтобы зрение и мозги оставались такими же, как в молодости. Но что делать? Может быть, мы найдем способ просто продлить дееспособное состояние человека до его биологического рубежа.

— **С теми людьми, которых вы называли, я встречался, с некоторыми дружил. В вас есть что-то от каждого из них. Но самое главное, у вас есть общая уверенность в том, что у науки, которой вы занимаетесь, — блестящее будущее.**

— Да, это увлеченные люди. И когда ты хочешь поймать жар-птицу, у тебя могут оказаться в руках две синицы. Не горюй, а продолжай мечтать о жар-птице.



Создание клеточных препаратов требует аккуратности и дисциплины

— **Почти сказочное завершение нашей беседы.**

— Хотел бы сказать еще добрые слова о Московском государственном университете. Мы с вами вели разговор о генетике, о сохранении жизни. Должен сказать, что сейчас благодаря регенеративной медицине появилась возможность восстановить из любой клетки животного целое животное, целый вид. В египетских пирамидах находят семена и выращивают то, что росло тысячи лет назад. Наш ректор обратился в Российский научный фонд с предложением создать депозитарий под названием «Ноев ковчег». Мы собираем клетки всех исчезающих видов растений, животных, микроорганизмов, уникальных пациентов. В Медицинском центре МГУ есть банк, где они хранятся. Это очень важно для сохранения биоразнообразия на Земле. Каждый вид животного, насекомого или рыбы — результат эволюции. Раньше в том экологическом окружении оно имело преимущество перед другими, поэтому и выжило. Сейчас мы изменили среду, и оно исчезает. Но это же работа природы в течение миллионов лет! Потеря каждого вида и его генов — это огромная утрата для человечества. Мы не сможем жить без насекомых, без растений, без птиц. Считается, если на Земле исчезнут пчелы, то человек умрет от голода, потому что некому будет опылять растения.

В создании «Ноева ковчега» участвует весь университет. Мы сейчас собираем клетки тысяч видов растений и животных, замораживаем их. Надо разработать методы криоконсервирования клеток и затем возвращения их к жизни. Сохранение биоразнообразия Земли, мне кажется, — одна из главных задач современной науки.

— **Это и есть бессмертие человечества.**

— Согласен! ■

Беседовал Владимир Губарев



Академик Валерий Тишков:

«Человечество живет переменами,

Как современная наука объясняет такие понятия, как «нация», «народ», «этнос»? Каким образом изменялись эти категории в исторической перспективе? Как управлять сложным с точки зрения этнического состава государством? Какие проблемы вызывают конфликты? На эти, а также другие вопросы ответил академик-секретарь отделения историко-филологических наук РАН, научный руководитель Института этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая РАН **Валерий Александрович Тишков.**

— Валерий Александрович, что такое нация? Это социальная или этническая группа?

— Это не группа, а форма самосознания, идентичности, на основе которой формируется общность, а точнее — чувство принадлежности к общности. Применительно к нации таких вариантов два. Один вариант — общность по государству, то есть согражданство с общим отечеством, его историей, ценностями и общей культурой. Второй — по этнической принадлежности: люди, говорящие на одном языке или же имеющие общие традиции, верования, системы хозяйствования, то, что мы в широком смысле обозначаем понятием «этническая культура» или «этнос».

— А как исторически менялся этот термин?



ЭТО УСЛОВИЕ РАЗВИТИЯ»

— Начиная с XIX в. термин «нация» стал обозначать не просто людей, рожденных в одном месте, или студенческие земляческие сообщества, как это было в средневековых университетах, а представителей той или иной этнической общности или этнической группы. Такая трактовка появилась в Восточной Европе. Карл Каутский, Отто Бауэр, а потом уже В.И. Ленин и И.В. Сталин заимствовали это понятие. Затем советская этнография взяла на вооружение тезис, что нация — это высшая стадия развития этноса, этнической группы. Представление о нации в этническом смысле до сих пор присутствует в нашей науке, общественном сознании. Хотя в науке уже и не преобладает, потому что есть другое представление о нации, которое родилось во времена

Французской революции: нация — это равноправные суверенные граждане под одной суверенной властью, объединенные лояльностью к стране, государству, конституции, ценностям, обладающие общей культурой, исторической памятью.

Представление о гражданской или политической нации стало доминирующим в мире, поэтому и возникла Организация Объединенных Наций, а не этнонаций, и мы вошли в нее именно как государство-нация.

— Как с термином «нация» обстоит дело в Советском Союзе?

— Понятия нации как гражданского и политического сообщества в Советском Союзе не было. В СССР место концепции нации занимало понятие «советский народ». Советский народ — это общность

и по государству, и по культуре, ценностям, самосознанию. Идентичность «мы — советские люди» существовала в реальности и сохранялась еще долго после распада СССР в сознании общества. Так что в СССР были «социалистические нации», включая русскую, и они составляли советский народ, который фактически и был гражданской/политической нацией, одним из создателей ООН.

Надо сказать, СССР очень много сделал в национальном вопросе, будучи скорее не тюрьмой народов, а колыбелью наций. Сконструировал много наций из разрозненного, разноплеменного населения начиная с туркмен и кончая алтайцами, где до этого не было представления о единой общности. И только после образования союзных или автономных республик появились соответствующие общности, названные нациями.

— **В понимании этого термина есть какие-то споры, дискуссии? Или все едино?**

— Конечно, есть проблемы. Разные людские социальные группировки борются за обладание этим термином. Термин очень мощный, влиятельный, эмоционально нагруженный. Одни говорят: мы — нация. Другие говорят: а мы что, народность? Третьи — а мы община? Многие аборигенные группы или меньшинства, даже в развитых странах, борются за то, чтобы называть себя нацией. Я когда-то занимался Канадой, и, можно сказать, на моих глазах родилась организация *Assembly of First Nations*, Ассамблея первых наций. Все индейские общности называли себя первыми нациями, то есть они были первыми на этом континенте. И, наоборот, тогдашний премьер Пьер Трюдо в разгар квебекского сепаратизма утверждал и не без успеха, что есть только одна канадская нация.

В Испании хотели запретить каталонцам писать в Каталонском статуте о каталонской нации, потому что есть только испанская нация. Верховный суд Мадрида проиграл этот иск, каталонцы доказали, что имеют право называть себя нацией, будучи при этом частью испанской нации.

Мы видим эти проблемы и в Европе, и в странах Азии, где термин «нация» используется и племенными группами, и крупными меньшинствами, а не только государствами. В Китае словом «нация» обозначаются все граждане страны, а не только ханьцы, и для 55 народов используется термин



Всесоюзная перепись населения на Кавказе



Фонтан «Дружба народов» и Главный павильон на ВДНХ

«национальности» (*nationalities*). Есть мнение, что и у нас стоит попробовать разделить эти понятия, но я не сторонник этого. Нельзя сказать татарам, чеченцам или кому-то другому: «Вы не нация». Этот термин у нас присутствует, его невозможно и не нужно упразднить. В то же самое время мы говорим «национальная команда», «национальные интересы», «национальный доход», «здоровье нации» и т.д. Значит, надо обозначить это понятие — «русская нация». У него есть противники. Некоторые думают, что признание этой формы нации означает отрицание другой. Как будто мы теперь всех упраздним и у нас будет одна большая нация вместо нынешних 193. Однако если понимать нацию как форму идентичности, которая не имеет взаимно исключающего характера, то можно считать себя как русским, так и россиянином, как татарин, так и россиянином. Такая практика существует во всех крупных странах мира — от Китая и Индии до США и Канады.

— **«Новая историческая общность» — как в советское время?**

— В советском общественном сознании ни в политическом, ни в доктринальном языке термин «нация» по отношению ко всей стране, к советскому народу не использовался. Отсюда и родилась формула «многонациональный народ». Когда составлялась конституция 1993 г., я предлагал, чтобы она начиналась со слов: «Мы — многонациональная нация». Не многонациональный народ, а многонациональная нация. Этот термин использовался Г.Н. Трубецким, П.Б. Струве, многими другими мыслителями до 1917 г. Но тогда монархия не позволила утвердиться понятию русского народа как нации. А в Советском Союзе, где категория нации была



Праздник солнца Ысыах в Якутии

отдана в пользование этнических общностей, нужно было сформулировать что-то другое, общее для всех. И место нации заняла категория «советский народ», который на самом деле был не новой, а старой исторической общностью людей — продолжением русского народа, существующего уже

Если люди, имея русские корни и относясь лояльно к России, считают себя русскими, исповедуют православие или сохраняют язык, то понятие русского народа выходит за пределы российской гражданской нации

много веков. Государство не может существовать, если нет каждодневного референдума среди каждого нового поколения на лояльность этой стране: что это моя страна, мой народ.

— **Нация российская, а граждане нашей страны — россияне?**

— Да, россияне. По всем опросам, не только отечественным, но и зарубежным, при ответе на вопрос «Кем вы себя считаете прежде всего?» именно вариант «Я — россиянин, гражданин России» стоит на первом месте по сравнению с этнической, религиозной и регионально-местной идентичностями. В республиках меньше, там на первом месте

может быть «Я чеченец», а потом «Я россиянин». Но в целом по России на первое место ставят «Я россиянин» 60–70% граждан. Некоторые говорят: «У нас только 70% считают себя россиянами». Но это не означает, что 30% отказываются от российскости, просто они по степени важности для своего самосознания на первое место ставят этническую или религиозную принадлежность, а на второе — страновую.

— **Как соотносятся понятия «нация» и «народ»?**

— Мы используем слово «народ» применительно и к толпе — «сколько народу собралось», и к этнической группе — «народы России». Понятие «народ» может быть использовано и в других смыслах. Это понятие совпадает и с пониманием этнической группы, и с пониманием гражданской нации. Есть понятие «русский народ», но есть и понятие «русский народ».

И пытаться здесь противопоставить или встроить одно в другое трудно. Какая категория шире? К русскому народу себя относят и многие, проживающие за пределами России. Если люди, будучи членами гражданских наций, скажем, французской или американской, но имея русские корни и относясь лояльно к России, считают себя русскими, особенно если исповедуют православие или сохраняют язык, то понятие русского народа выходит за пределы российской гражданской нации. Я уже не говорю о постсоветском пространстве, где после распада СССР осталось 25 млн русских. Так что здесь одно с другим никак не совпадает, хотя определенная строгость быть должна. У нас есть противники гражданской российской нации, которые говорят: «А как же тогда быть с русскими? Мы же их оставляем за пределами». Но есть, например, русские, которые живут в Эстонии, приняли гражданство и даже служат в ватовских войсках. Поэтому понятие нации более строгое, оно связано с гражданством.

— **То есть понятие гражданства — ключевое?**

— Оно ключевое для гражданской нации, но не единственное. Российский народ как гражданская нация многоэтничен, но имеет мощный пласт общей культуры. Это историческая память, все, что связано с представлением о России, образы России, общероссийский патриотизм, ценности, культура. Вы же не будете выяснять, какой национальной культуры композитор Альфред Шнитке, певица Анна Нетребко, дирижер Валерий Гергиев. Они все россияне, это российская культура.



Б.П. Виллевалде. Открытие памятника 1000-летия России в Новгороде в 1862 г.



Л.С. Миропольский. Портрет М.В. Ломоносова

Русский язык — это тоже общий культурный капитал. 99,4% граждан Российской Федерации владеют русским языком. Это не исключительная собственность русских, больше половины нерусских считают его родным. Это первый, выученный в детстве язык, основной язык их знаний и общения. Поэтому понятие родного языка современная наука трактует более гибко, чем старое советское понимание: родной язык — это язык твоей национальности. Если я, например, бурят, но с детства выучил русский и говорю на русском, это мой родной язык.

— **А как исторические корни влияют на формирование государства?**

— Рождение российской государственности — это определенный симбиоз трех культурных компонентов: восточнославянского, финно-угорского и отчасти скандинавского. Последние раскопки в районе Новгорода и Северо-Запада говорят о том, что невозможно разделить на три слоя — где скандинавские находки, где финно-угорские, а где славянские. Изначально это был симбиоз, но при определяющей роли — демографической, политической, культурной — славянского компонента. Особенно он стал доминирующим после принятия христианства на Руси. Финно-угры, скандинавы ассимилировались в пользу общерусской, славянской культуры. Потомки скандинавской знати стали затем древнерусскими князьями.

— **Можно ли назвать точное число этносов, проживающих в России?**

— Это зависит от переписной процедуры. Наш институт составляет перед переписью служебный документ для Росстата: «Примерный перечень возможных ответов на вопрос о национальности

в ходе переписи». Каждому из возможных ответов присваивается шифр, чтобы полученные более 140 млн анкет можно было обсчитать на машине. В этом списке больше тысячи возможных самоназваний. Но это не означает, что столько народов живет в России. Это значит, что люди могут по-разному называть свою национальность. Например, один может сказать: «Я саха», другой — «Я якут». А ведь это один народ и равноправные названия. И внутри одного народа бывают культурно отличные группы. Если вы посмотрите российскую перепись, увидите несколько групп грузин, евреев, татар и т.д.

Это подвижная, сложная вещь, мы ее отражаем в переписи пока лишь на уровне групп и подгрупп. Но, наверное, мы идем к тому, чтобы предоставить людям право называть и сложную этническую принадлежность. Это, кстати, рекомендация ООН, которая координирует переписи населения по всему миру и составляет общую статистику. Например, у кого-то мама украинка, папа русский. Человек знает оба языка, ту и другую культуру. Почему он должен обязательно быть или русским, или украинцем? Почему нельзя указать две свои этнические принадлежности? Таких россиян — меньшинство, но они есть.

— **А как в других странах решается эта проблема?**

— Во многих странах более важно деление населения по расовым, кастовым, религиозным группам и общинам, а не по этнической принадлежности, в некоторых странах даже нельзя спрашивать об этнической принадлежности не только при переписи, но и при приеме на работу или на обучение.

Вообще составить мировую этническую карту, как это делали мои предшественники, сегодня сложно. Во-первых, большинство населения живет в городах, поэтому определить этническую территорию той или иной группы сегодня невозможно — даже в Африке, не говоря уже о Европе или Евразии. Во-вторых, сложные идентичности. Много смешанных браков в результате миграции. С ростом самосознания или в силу профессиональной деятельности люди вбирают в себя не одну, а две, даже три культуры и, соответственно, несколько языков. Сегодня норма — это культурная сложность (*cultural complexity*). Не осталось монокультурных наций, все — культурно сложные. Даже французы, итальянцы и немцы, которые считаются классическими гражданскими нациями, сегодня представляют собой уже далеко не монокультурные сообщества. И это по причине не только иммиграции, но и роста самосознания среди малых этнических и региональных сообществ.

— **Вы часто говорите о культурном многообразии. Что входит в это понятие?**

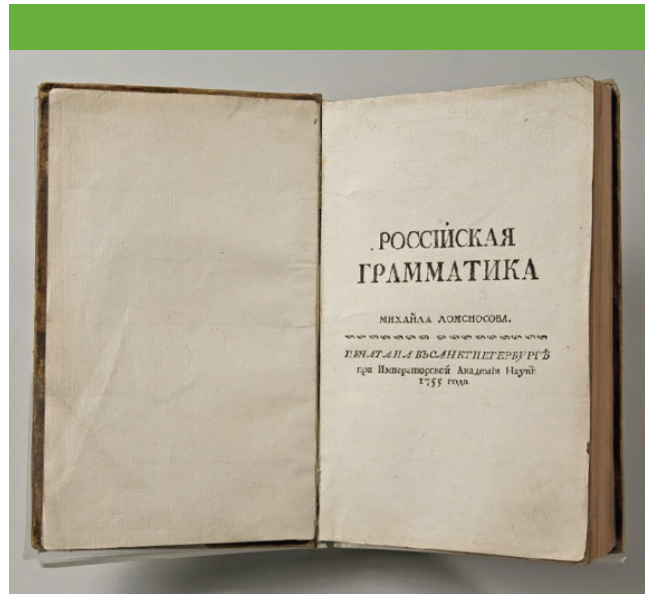
— С одной стороны, мир движется в сторону глобальной культуры. Сегодня у всех одинаковые гаджеты, пища, одежда, жилище, средства передвижения и т.д. Материальная культура действительно стала у всех очень схожей. Но значит ли это, что мы стали одинаковыми?

Моя точка зрения, и многие ее разделяют, состоит в том, что есть закон человеческой эволюции, и человечество воспроизводит разнообразие как условие своего существования. Культурное разнообразие когда-то сложилось под влиянием разных факторов: климата, среды обитания и т.д. Где-то жилища строят из камня, где-то из снега, где-то из дерева. То же с системой хозяйствования: кто-то занимается земледелием, кто-то — животноводством, охотой... Ну и другие вещи определяли культурные различия — распространение верований, различных языков. Языковое разнообразие — это одна из самых ранних форм культурной дивергенции. Сегодня оно сохраняется и, может быть, усложняется — в сфере духовной культуры, представлений, ценностей, установок.

На мой взгляд, в культуре ничего не исчезает. Сегодняшняя традиция когда-то была инновацией, сегодняшняя инновация завтра будет традицией. Человечество живет переменами, это условие развития. Мы говорим, что инновации нужны в науке и экономике, но они нужны и в культуре. Наша задача — не только осознавать современную культурную сложность, но и понимать, как ею управлять.

— **Может быть, было бы меньше различий — не стало бы противоречий и конфликтов?**

— Если мы будем одинаковыми, мы перестанем быть интересными друг другу. Для нас будет не так



Сочинения М.В. Ломоносова по российской грамматике

значимо общение друг с другом, если вы мыслите так же, как я, говорите, то же самое делаете и производите. Мне интересно, что вы сделали такого, что я не умею, или такого, чего у меня нет.

Интерес к иному иногда связан с опасениями, иногда говорят, что в человеке заложено отторжение чужого: «мы и они». Современная наука гово-

Когда мы говорим об управлении сложными странами, такими как Россия, сразу возникают вопросы, как понимать идею нации, идею общности

рит о том, что не всегда внешнее воспринимается как враг. Чаще внешнее воспринимается так: «Почему мы не такие, как они?» Во многих меньшинствах есть это чувство: «В России надо было бы родиться русским».

Престижность доминирующей культуры всегда есть и остается. Или же той культуры, которая обладает политическими предпочтениями. В Татарстане сегодня выгоднее или престижнее быть татаринном, но уже во всей России русским, наверное, быть престижнее. Это означает больше возможностей в жизни, больше комфорта. Хотя человек, который знает и русский, и татарский языки, богаче, чем тот, кто знает только русский. Поэтому когда мы говорим об управлении сложными странами, такими как Россия, сразу возникают вопросы, как понимать идею нации, идею общности.



Мечеть Кул-Шариф в Казанском кремле



Празднование 200-летия крепости Форт-Росс в Калифорнии в 2012 г.

— Поиск национальной идеи?

— Я как раз не одержим поиском национальной идеи, потому что не знаю, что такое национальная идея в Италии, в Польше... Есть определенный набор ценностных вещей, которые создают нацию. Что объединяет россиян? Очень многое. Прежде всего, историческая память. Вот 9 мая 1945 г. — разве это не общая наша символическая дата? Образ страны как самой большой страны в мире с точки зрения пространства, природы, культуры. Общие истории, которые невозможно разделить, пантеон героев, набор символов, образов: гимн, герб, флаг, другие важные вещи. Почему во многих странах по утрам школьники поют гимн? Или вывешивают в праздники на домах флаги? Так воспитываются, формируются национальное самосознание и патриотизм. У нас в России чувство российскости очень окрепло и заметно выросло по всем показателям после сочинской Олимпиады и присоединения Крыма.

Есть такие мощные культурные или духовные скрепы, как язык, литература, словесность. Я имею в виду всю литературу на русском языке, а не то, что писатели все русские. Абхазский писатель Фазиль Искандер — мой любимый.

Можно ли придумать какой-то лозунг или идею? Некоторые говорят: соборность, коллективизм. Была уваровская триада — самодержавие, православие, народность. Но вот эта формула единства в многообразии, которая сегодня у нас отражена и в стратегии, и в других документах, что мы единый, но многонациональный российский народ (в скобках мы теперь пишем «российская нация»), — она очень хороша.

Должен сказать, что важный объединяющий момент, несмотря на поликонфессиональность нашей страны, — это христианство в форме русского православия. Оно объединяет не только русских, у нас много и других народов обращены в православную веру. Поэтому православие как доминирующая традиционная религия играет важную объединяющую роль в нашей стране, пусть и не 100% всех россиян.

Страны со сложным составом, которые отрицают федерализм, например Украина, Грузия, могли бы давно понять, что федерализм и двуязычие спасли бы их целостность

— Как управлять многоэтничностью?

— Фактически все большие страны имеют сложный состав населения, их государственное устройство должно отражать этот факт. Федерация — это ведь не случайно. Страны со сложным составом, которые отрицают федерализм, например Украина, Грузия, могли бы давно понять, что федерализм и двуязычие спасли бы их целостность. В России очень правильно сделали, избрав после распада СССР федерализм как форму государственного устройства.

Помимо федеративного устройства нужна еще одна форма внутреннего самоопределения. В начале 1990-х гг. я был одним из инициаторов

введения в России института национально-культурной автономии, то есть экстерриториальной, не связанной с территорией. У нас представители многих национальностей дисперсно расселены — например, украинцы, евреи, российские немцы, корейцы и многие другие. Поэтому национальная культурная автономия экстерриториальная, не привязанная к территории, — одна из форм внутреннего самоопределения. Поэтому еще один механизм, как можно управлять, — то, что называется *good governance*, справедливое или хорошее управление. Есть культурная политика, языковая. Что спасло Канаду от развала в результате возможного выхода Квебека? Официальное двуязычие, закон 1968 г. об официальном двуязычии и особый статус этой провинции. Что спасло Бельгию? Опять же официальное двуязычие и деление страны на автономные образования. Швейцария на этом держится. В Финляндии шведский — второй официальный язык. В таких странах, где половина или большая часть населения столицы, той же Риги, говорят на одном языке, а образование и госслужба — на другом, конечно, это аномалия, дискриминация, постоянный источник конфликта. Можно заставить подчиниться, но это, во-первых, не навсегда, во-вторых, есть сочувствующие извне: мы вполне справедливо боимся и переживаем за русскоязычное население и поддерживаем его. А уж если они подвергаются физическому насилию или какой-то явной дискриминации, то здесь больше, чем просто сочувствие.

Ну и, конечно, все, что связано с государственной поддержкой этнокультурной жизни и противодействием ксенофобии и конфликтам. В большой сложной стране думать, что всегда будут межнациональные гармония и мир, наивно. Молодежная драка на танцплощадке, политическая или бизнес-конкуренция могут легко обрести этническую окраску.

— **Есть мнение, что если бы после Октябрьской революции страну не стали делить по национальному принципу, а оставили губернии, то не было бы многих проблем, не взрывались бы мины, которые тогда были заложены. Вы согласны с этим?**

— Это важный и актуальный вопрос, и у меня есть на него ответ. Во-первых, то, что уже есть, и то, что во время советского периода было сделано, я имею в виду форму территориального самоопределения в виде внутренних автономий, забрать назад очень сложно. Это уже нагружено эмоциональным, политическим смыслами, определенными интересами. Советская система устройства по национально-территориальному принципу была не такая уж негативная, она сыграла и позитивную роль. Мы сегодня переводим многие книги американских, вообще западных авторов

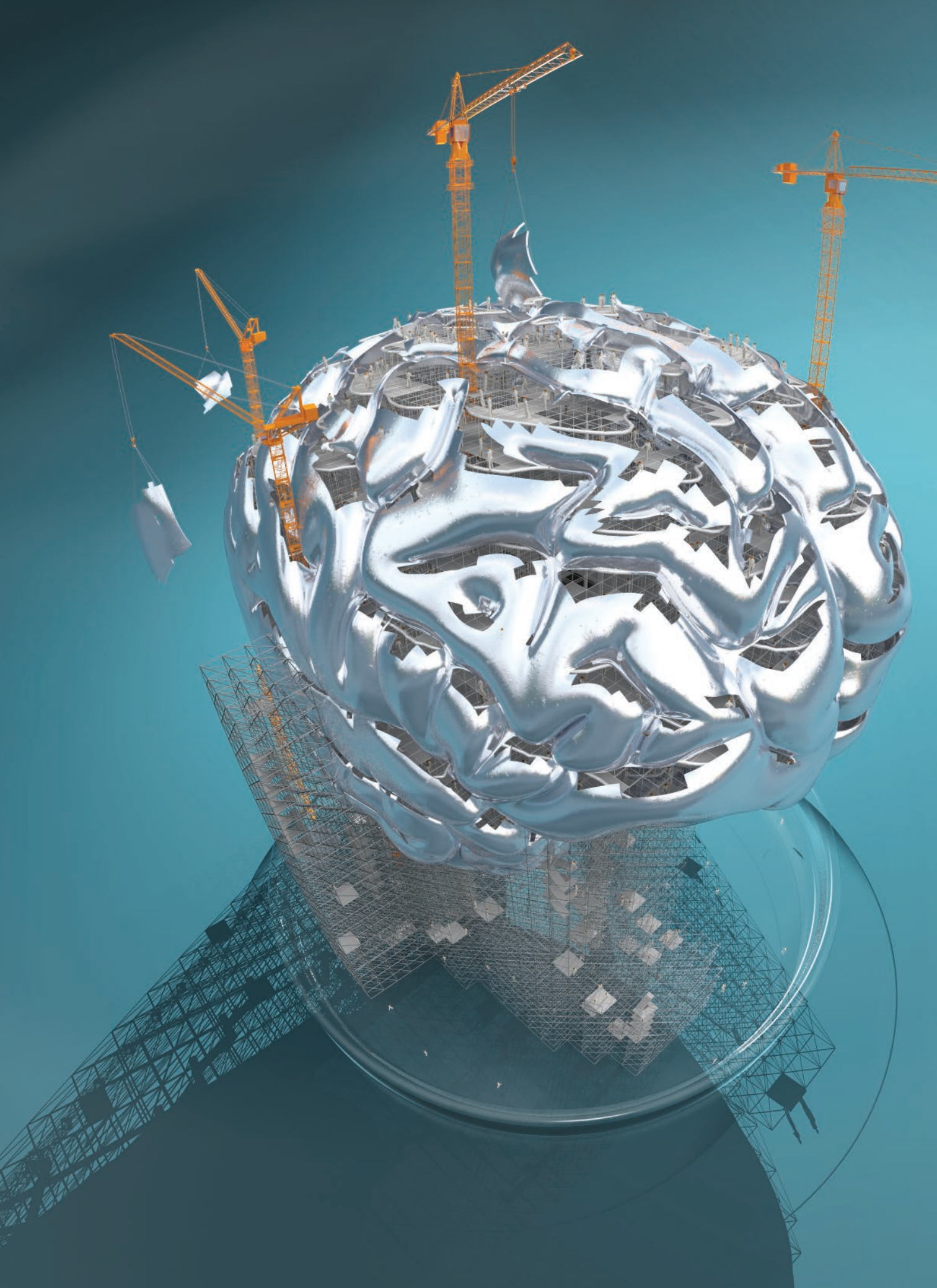


В.А. Тишков, Кижы

о национальном вопросе в СССР в 1920-е, 1930-е гг. В них приводятся такие данные: из 70 новых письменностей, которые были созданы в мире, 50 возникли в Советском Союзе. Были открыты профессиональные театры, появились творческие союзы, академии наук, наконец, была достигнута практически всеобщая грамотность. Это мировое достижение. Поэтому я говорю о том, что опыт Советского Союза в национальном вопросе имел противоречивый характер. Были безобразия и даже преступления в виде депортаций, была дискриминация по этническому принципу, скажем, в отношении евреев был почти официальный антисемитизм. Однако даже если не все этнические общности в равной мере признавались, поддерживались, все основные народы имели так называемую свою государственность. И это дало мощный толчок. Это в какой-то мере и создало основу для распада. Но при распаде СССР конфликт за власть в центре был важнее, чем конфликт по линии «центр — периферия».

Надо сказать, что форма этнотерриториальных автономий была не таким уж уникальным советским изобретением. Это не только в СССР существовало, оно и сегодня существует. Например, в Китае, Канаде, Испании. В России 85 субъектов Федерации, из них 22 республики, одна автономная область и пять округов. Я бы сказал, что это, во-первых, не аномалия, а доставшееся нам наследство. Не такое уж оно разрушительное, только надо уметь с ним обращаться. А во-вторых, это часть мировой практики устройства крупных государств. Поэтому я не вижу ни возможности, ни смысла возврата к губерниям. ■

Подготовила Ольга Беленицкая



*Чего не могу воссоздать,
того не понимаю.*

Ричард Фейнман, 1988 г.

НЕЙРОБИОЛОГИЯ

КАК ПОСТРОИТЬ МОЗГ

Ученые пытаются скопировать самый сложный орган на свете, надеясь, что это поможет разгадать тайны разных заболеваний мозга начиная от аутизма и заканчивая болезнью Альцгеймера

Юрген Knoblich

ОБ АВТОРЕ

Юрген Knoblich (Juergen A. Knoblich) — старший научный сотрудник и директор по научным исследованиям в Институте молекулярной биотехнологии Австрийской академии наук, изучает стволовые клетки нервной ткани и развитие нервной системы у дрозофилы.



То, что делает нас людьми, находится среди 1,4 кг желтоватой ткани человеческого мозга. Здесь рождаются наши мысли, здесь мы ощущаем любовь или ненависть и отсюда появляются самые творческие и самые злые человеческие идеи. Эта структура, по форме похожая на грецкий орех, — самый сложный орган из когда-либо созданных природой. В мозге содержится около 86 млрд нервных клеток (нейронов), которые должны родиться в определенное время, мигрировать в нужное место и образовывать правильные связи, чтобы мы были живыми и здоровыми.

Сложнейшая задача для современной биологии — понять, как развивается человеческий мозг и как он работает. Более чем за столетие, прошедшее с момента появления нейробиологии, основную часть того, что мы узнали об этом органе, мы почерпнули из экспериментов на животных. Ученые оправдывают такой подход тем, что у мышей и людей одинаковое устройство мозга: он состоит из тех же типов клеток, а общие для этих видов нервные процессы происходят в одних и тех же структурах. Но есть одно принципиальное различие между людьми и грызунами: мышинный мозг имеет гладкую поверхность, а у человеческого — много складок.

Со стороны такое различие может показаться незначительным. Но нейробиологи считают, что складчатость имеет принципиальное значение для работы человеческого мозга. Она позволяет в том же объеме разместить значительно большее количество нейронов, что характерно для всех умных животных, таких как обезьяны, кошки, собаки и китообразные. Специалисты по эволюционной биологии показали, что складчатость обусловлена еще одним различием между мышинным

и человеческим мозгом: во многих его областях нейроны образуются из определенных клеток-предшественников, которых у мышей крайне мало.

Когда исследователи пытаются изучать механизмы человеческих заболеваний на животных, то воспроизводят у мышей распространенные генетические мутации, связанные с серьезными неврологическими расстройствами у людей. Однако из-за различий в устройстве мозга у грызунов подобные мутации могут почти не вызывать нарушений. Если мутации влияют на развитие или поддержание структур, свойственных именно человеческому мозгу, или на работу тех типов клеток, которые характерны для человека, то эксперименты на животных будут обречены на провал. Действительно, уникальность свойств человеческого мозга — одна из причин, почему исследования на грызунах не дали никаких эффективных методов лечения таких заболеваний, как шизофрения, эпилепсия и аутизм.

Осознание, что мозги мыши и человека различаются, побудило искать более информативные пути для проведения нейробиологических экспериментов. Недавно в моей лаборатории возник

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

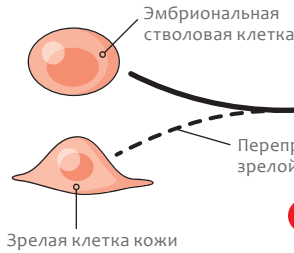
- Информацию о человеческом мозге обычно получают из экспериментов на мышах, крысах и других животных. У таких животных мозг похож на человеческий, но у него нет большого количества складок на поверхности, что влияет на особенности работы нервной системы.
- Из-за уникальности строения человеческого мозга, если ограничиваться исследованиями на грызунах, не удастся найти новые пути лечения многих заболеваний начиная от шизофрении и заканчивая болезнью Альцгеймера. Поэтому ученые ищут другие способы проведения нейробиологических экспериментов.
- Один из возможных вариантов — вырастить крупный фрагмент развивающегося мозга в лаборатории. С помощью таких органоидов ученые, по-видимому, смогут добыть информацию, которую нельзя получить в экспериментах на мышах. Этот подход уже был использован при исследовании вируса Зика.

ВЫРАЩИВАНИЕ ФРАГМЕНТОВ МОЗГА

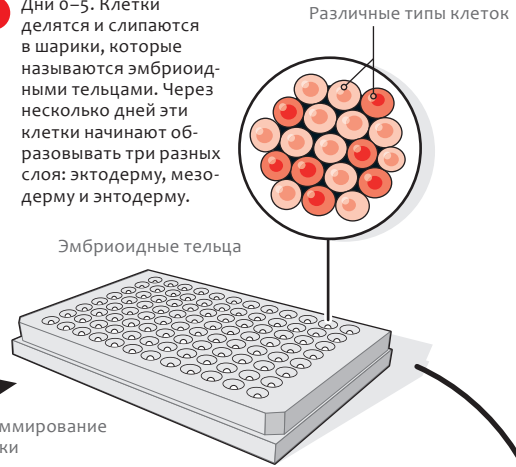
Сделай сам

Технологию, заставляющую стволовые клетки образовывать различные типы биологических тканей, сейчас используют для выращивания фрагмента мозга, состоящего из коры и других структур. Кора отвечает за высшие когнитивные способности, такие как обработка информации из внешнего мира, формирование воспоминаний и принятие решений. Чтобы создать такой мини-мозг, ученые берут маленький шарик из клеток и дают ему питательные вещества и подложку, на которой он будет расти, а затем клетки воспроизводят основные этапы развития, происходящие у эмбриона на ранних сроках.

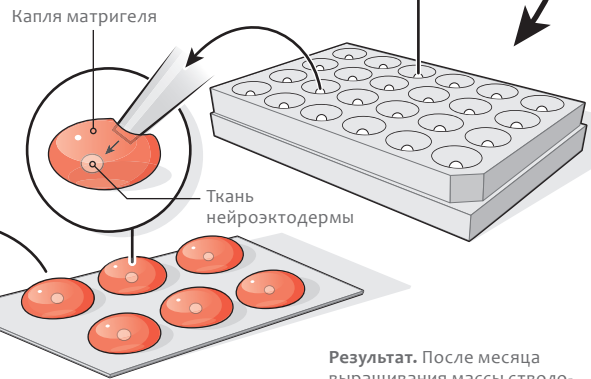
1 Для процедуры используют эмбриональные стволовые клетки или индуцированные плюрипотентные стволовые клетки, которые могут превратиться в клетку любого типа. Индуцированные плюрипотентные стволовые клетки можно получить из зрелых клеток кожи или крови с помощью генной инженерии.



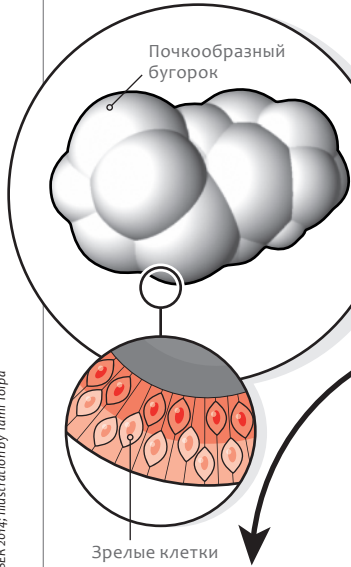
2 Дни 0–5. Клетки делятся и слипаются в шарики, которые называются эмбрионидными тельцами. Через несколько дней эти клетки начинают образовывать три разных слоя: эктодерму, мезодерму и энтодерму.



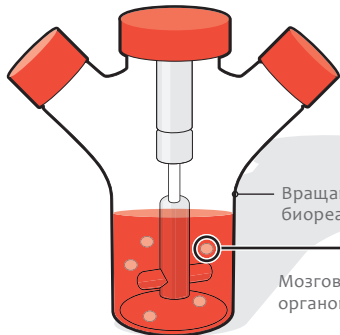
3 Дни 6–10. После того как эмбрионидные тельца помещают в жидкость с питательными веществами, необходимыми для той части плода, которая станет нервной системой (нейроэктодермы), там начинают выделяться слои, образующие ткань, из которой вырастет человеческий мозг.



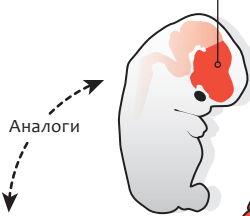
4 Дни 11–15. Крошечные шарики нейроэктодермы помещают в матригель, который содержит химические вещества, стимулирующие клетки к делению, защищает клетки от гибели и создает среду, удобную для роста почкообразных бугорков — предшественников настоящих мозговых структур.



5 Дни 15–30. Капли матригеля переносят во вращающийся биореактор или в устройство, известное как орбитальный встряхиватель. В геле эмбрионидные тельца вырастают в мозговые органоиды — объемные белые шарики ткани, похожие на конечный мозг растущего человеческого зародыша. Органоиды можно использовать при изучении развития мозга и заболеваний, которые возникают в раннем возрасте.



Конечный мозг десяти-недельного зародыша



Результат. После месяца выращивания массы стволовых клеток она стала поразительно похожа на конечный мозг десятинедельного зародыша. Эта часть мозга состоит из коры (большой морщинистой внешней структуры) и сосудистого сплетения (области, в которой образуется спинномозговая жидкость).



SOURCE: "GENERATION OF CEREBRAL ORGANOID FROM HUMAN PLURIPOTENT STEM CELLS," BY MADELINE A. LANCASTER AND JUERGEN A. KNOBELICH, IN NATURE PROTOCOLS, VOL. 9, OCTOBER 2014. Illustration by Tamara Poppe

интересный подход: выращивание больших фрагментов развивающегося мозга «в пробирке». Такие структуры (органойды) стали для нейробиологов моделью человеческого мозга, с чьей помощью можно добыть информацию, которую не удастся получить, проводя исследования на мышах. Ученые обретают возможность наблюдать, что происходит, если на такой «мозг в пробирке» (его еще называют мини-мозгом) воздействует, например, вирус Зика, способный нарушать развитие мозга плода, когда беременная женщина заражена. Или же с помощью методов геной инженерии исследователи могут смоделировать на этом органойде влияние на мозг неврологических заболеваний.

Мозг в пробирке

В моей лаборатории работа над созданием органойдов началась в 2012 г., когда Мэдлин Ланкастер (Madeline Lancaster) придумала способ воспроизвести «в пробирке» основные процессы развития мозга, происходящие у человеческого зародыша в течение первых десяти недель. Мы использовали человеческие стволовые клетки, обладающие замечательным свойством плюрипотентности. Плюрипотентные стволовые клетки — это однотипные клетки, характерные для эмбриона на ранних сроках. При соблюдении определенных условий из них можно получить любой тип тканей: нервную, мышечную, кровь, костную ткань или любую другую. У плода такие клетки сохраняют плюрипотентность всего несколько дней. Но, работая с культурой клеток в лаборатории, исследователи могут поддерживать их в этом состоянии, а потом получать из них любой нужный тип клеток.

Для начала мы поместили клетки в жидкость, содержащую все вещества, необходимые для выращивания нейроэктодермы — той части плода, из которой потом формируется нервная система. Когда клетки образовали шар, называемый «эмбриоидное тельце», мы поместили его в удивительную субстанцию — матригель. Данный гель получают с помощью культуры клеток, выделенных из опухоли хрящевой ткани мыши, и он похож на мембрану, на которой располагаются клетки у плода. Матригель в изобилии содержит факторы, которые одновременно стимулируют клетки делиться и не дают им погибнуть, обеспечивая достаточно жесткий каркас, чтобы удерживать клетки, но и в меру гибкий, чтобы клетки могли его преобразовывать и в свою очередь сами изменять свою форму.

Эксперименты привели к поразительным результатам. После того как эмбриоидные тельца были оставлены в геле, они выросли в трехмерные белые шарики из ткани, похожей на эмбриональный человеческий мозг. Под воздействием соответствующих химических сигналов, запускающих развитие мозга у плода, стволовые клетки

образуют точную копию конечного мозга человека — области, отвечающей за высшие психические функции. Он состоит из коры (крупной складчатой внешней структуры) и сосудистого сплетения желудочков мозга (там образуется спинномозговая жидкость). Кроме того, мы обнаружили другие структуры, которые в процессе развития мозга руководят миграцией клеток. Такую функцию выполняют медиальный и латеральный ганглиозные бугорки, участвующие в образовании тормозных клеток (интернейронов) и гиппокампа.

Клетки в растущем органойде располагаются так же, как в мозге восьми-десятидневного человеческого плода. В некоторых случаях у органойдов даже вырастают маленькие глазные бокалы — вогнутости в ткани, содержащей пигменты, так бывает, когда начинает формироваться человеческий глаз. Клетки делятся, и образуются разные виды нейронов, такие же как в мозге эмбриона. От нервных клеток идут аксоны — длинные «провода», создающие контакты с другими нейронами и образующие активную нервную сеть. Перед тем как сформируется сеть, нейроны мигрируют из одного места в другое, в основном таким же образом, как они перемещаются в мозге плода. Соответственно, можно выяснить, что произойдет, если нейроны окажутся в неправильном месте, как это часто бывает при психических заболеваниях.

На плечах гигантов

Идея самоорганизации ткани в культуре клеток не нова. Как и большинство научных открытий, сегодняшний прорыв в создании органойдов стал возможен благодаря многолетним исследованиям, которые начались более века назад. Еще в 1907 г. зоолог Генри Уилсон (Henry Wilson) показал, что некоторые примитивные животные, такие как губки, могут собирать сами себя после того, как их разорвали на отдельные клетки. Это позволяло думать, что и мозг наделен программой для сборки своих многочисленных деталей.

В 1939 г. Иоганнес Хольтфретер (Johannes Holtfreter) обнаружил, что если эмбрион лягушки разделить на отдельные клетки, то они будут искать друг друга и восстановят форму. Это привело к бурному расцвету исследований «реагрегации» в 1980-х гг., когда пытались получить в лаборатории сложные органы животных, такие как сетчатка и даже кора, объединив разные типы клеток.

Опираясь на ранние эксперименты по реагрегации, в 2006–2010 гг. покойный японский ученый Йошики Сасаи (Yoshiki Sasai) из Центра биологии развития Института физико-химических исследований RIKEN первым использовал плюрипотентные стволовые клетки для выращивания нервной ткани и особенно человеческой сетчатки. На самом деле, в нашей технологии выращивания мозгового органойда объединены методы Сасаи и открытие

Ханса Клеверса (Hans Clevers) из Утрехтского университета. Клеверс посадил стволовые клетки в матригель, чтобы получить систему, которую можно использовать для выращивания тканей кишечника, желудка и даже печени и поджелудочной железы.

Помимо методов из предыдущих исследований мы используем недавно разработанную технологию, которая совершила кардинальный переворот в биомедицинских исследованиях. Это метод перепрограммирования клеток, автор которого — японский нобелевский лауреат Синъя Яманака (Shinya Yamanaka) из Киотского университета. С помощью простой последовательности генетических манипуляций производят перепрограммирование уже взрослых клеток организма обратно в плюрипотентные стволовые клетки, и так можно сделать практически с любой клеткой, будь это кожа или кровь. Стволовые клетки, полученные из образца кожи или крови, можно превратить в разные типы клеток мозга и вырастить из них органоид. При таком подходе нет необходимости использовать клетки, полученные из эмбрионов. С помощью перепрограммирования можно вырастить органоид из клеток пациента, имеющего генетическое заболевание, и сравнить его со здоровым, чтобы выяснить причины болезни, поскольку генетическое нарушение в клетках пациента повлияет на органоид так же, как на развивающийся плод. И мы уже использовали данную технологию, чтобы изучить микроцефалию — заболевание, при котором люди рождаются со значительно уменьшенным мозгом. Мы обнаружили, что органоиды, выращенные из клеток больных с микроцефалией, значительно меньше нормы. Поскольку возможно выращивать клетки пациентов в неограниченном количестве, мы можем детально проанализировать последовательность молекулярных событий, приводящих к микроцефалии у плода. Это применимо и для других заболеваний мозга: используя клетки пациентов для выращивания органоидов, нейробиологи смогут лучше понять, какие нарушения в развитии мозга приводят к шизофрении, эпилепсии и другим нарушениям, которые сложно или невозможно изучать на животных.

Могут пригодиться и органоиды, полученные из перепрограммированных клеток здоровых людей. Например, их уже эффективно использовали во время нынешней эпидемии, вызванной вирусом Зика. Предполагалось, что из-за него у женщин, зараженных вирусом во время беременности, родилось много детей с микроцефалией. Благодаря исследованиям с использованием органоидов, сначала в Бразилии, а затем в США, установлено, что вирус действительно может вызывать микроцефалию. Если бы не новые технологии, это так и оставалось бы просто предположением. При заражении вирусом Зика нервные клетки умирали,

и в результате органоиды оказывались значительно меньше, чем незараженные, совсем как те, что выращены из клеток наших пациентов с микроцефалией.

Органоиды, скорее всего, помогут и в других исследованиях вируса Зика. Можно вырастить много органоидов и заразить их разными штаммами вируса из разных частей света, чтобы попытаться понять, почему в одних регионах он вызывает микроцефалию, а в других — нет. Мы можем использовать их и для того, чтобы выяснить, почему только у некоторых людей он вызывает развитие этой болезни. Органоиды можно применять для поиска мест присоединения вируса к клетке (рецепторов), которые вирус использует для проникновения в клетку. Органоиды могут пригодиться и чтобы протестировать на них будущие лекарства от вируса Зика прежде, чем проводить клинические испытания на пациентах.

Второе направление, которое очень выиграет от применения органоидов, — это геновая инженерия, то есть совокупность методов, позволяющих ученым изменять гены в клетках. Создав органоиды с мутацией, предположительно вызывающей заболевание, исследователи выяснят, действительно ли это генетическое изменение приводит к болезни. В итоге ученые смогут оценить, получится ли здоровый органоид, если исправить мутацию, и если да, то новые способы лечения будут направлены именно на противодействие ее влиянию.

Нейробиологи надеются использовать такой мини-мозг еще и для разработки лекарственных средств. С помощью данной технологии можно оценить, оказывает ли лекарство нужное влияние на ткани мозга. Это избавит от необходимости проводить тесты на животных и позволит сэкономить средства, затрачиваемые на разработку препаратов. Используя органоиды, ученые смогут выявить нежелательное влияние лекарств на формирование мозга и предотвратить их назначение беременным женщинам. Если бы печально известный талидомид, нарушающий развитие мозга плода на ранних сроках беременности и вызывающий другие врожденные дефекты, был бы протестирован таким образом, его, вероятно, не использовали бы для борьбы с утренней тошнотой при беременности в конце 1950-х — начале 1960-х гг.

Органоиды — бесценный инструмент для специалистов в области эволюционной биологии. Их можно использовать для выявления генов, отвечающих за увеличение размера мозга человека по сравнению с другими приматами. Благодаря сравнению геномов человека и приматов уже выявлены гены, которые, возможно, отвечают за уникальные для человека когнитивные способности, такие как язык. Но пока предположения о механизме работы этих генов остаются

умозрительными. Теперь ученые могут заменить в органоиде некоторые человеческие гены обезьяньими и увидеть, как они влияют на развитие мозга. Или, наоборот, в органоид, полученный из клеток обезьяны, можно ввести человеческий ген или даже большой фрагмент генома, чтобы заставить органоид работать более человеческим способом.

Есть ли основания для беспокойства?

Я уверен, что идея выращивания мозга в пробирке вызовет чувство брезгливости у многих людей. После фильмов вроде «Матрицы» возникает подозрение, что выращенные в лаборатории мозги смогут думать или даже быть личностью. Это пустые страхи. Вероятность того, что у подобного мозга возникнет собственное мышление, равна нулю. Органоид — это не гомункулус в колбе и не будет им никогда даже в далеком будущем. Чтобы сформировать собственную мысленную модель реальности, любое сознание должно иметь возможность обрабатывать информацию от органов чувств. Органоиды не способны ни видеть ни слышать, они не получают никаких сенсорных сигналов. Даже если бы мы подключили к ним камеру и микрофон, входящую зрительную и слуховую информацию нужно было бы перевести в форму, понятную клеткам мозга в пробирке, но, судя по всему, это нерешаемая техническая задача.

Органоиды — это не работающие мозги, а только куски ткани, в которых на молекулярном и клеточном уровнях детально воспроизводится работа органа. Они похожи на фрагменты ткани, удаленные во время хирургической операции, а не на сознательных существ.

Однако выращивание органоидов поднимает некоторые этические и правовые вопросы. Все органоиды получены из клеток, взятых у лиц, обладающих определенными юридическими правами. Поэтому при проведении подобных исследований в любой цивилизованной стране должен выполняться единый порядок правовых процедур, принятый для работы с биологическими образцами, полученными от пациентов. Конечно, пациенты должны дать свое согласие, прежде чем их клетки будут использованы для исследований. Те же правила применяют и при работе с органоидами. Но даже тогда, когда донорам подробно объяснили полезность экспериментов, им может быть некомфортно от мысли, что из их клеток вырастили мозгоподобные структуры.

Что дальше?

Преимущества этой клеточной технологии перевешивают любые возможные недостатки. Мозговые органоиды дают возможность проводить реалистичные медицинские и токсикологические эксперименты с человеческими тканями, не занимаясь опытами на животных. И все же мы с коллегами

хотели бы улучшить получаемые структуры. Например, сейчас у органоидов нет кровеносных сосудов. Для ранних стадий развития это неважно, но со временем клетки начинают погибать от недостатка кислорода и питательных веществ. Теоретически можно было бы сделать кровеносные сосуды с помощью новых технологий 3D-печати или выращивая их из стволовых клеток. Известно, что кровеносные сосуды вырастают в мозге. Возможно, данный процесс удастся воспроизвести в трехмерной клеточной культуре.

Кроме того, нам хотелось бы, чтобы органоид, подобно настоящему мозгу, имел верхнюю, нижнюю, переднюю, заднюю, правую и левую стороны. В отличие от настоящего эмбриона, у которого есть явно выраженные оси тела, у органоида их нет. Поэтому он развивается в случайных направлениях и отдельные его части по-разному ориентированы. В развивающемся мозге сложные системы сигналов создают мозгу ощущение верха и низа, и те же химические вещества могли бы оказать схожее влияние на органоид. С помощью современных методов биотехнологии можно создавать культуры тканей, в которых есть химические вещества, необходимые для стимуляции развивающихся клеток. Благодаря таким технологиям можно было бы в итоге получить органоиды, где был бы передний мозг с одного конца и задний — с противоположного.

Пытаясь найти пути преодоления этих преград, мы уже начали продвигаться вперед. Мы достигли того, о чем несколько лет назад можно было только мечтать. Органоиды уже используются для выявления механизмов заболевания и помогают при разработке лекарств. Возможность выращивать фрагменты мозга и работать с живыми образцами открыла совершенно новую страницу в биологических исследованиях, создав культуры клеток, значительно более похожие на настоящий орган, и предоставив в некоторых случаях разумную альтернативу опытам на животных. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Сакаи Й. Вырасти свой глаз // ВМН, № 1, 2013.
- Organogenesis in a Dish: Modeling Development and Disease Using Organoid Technologies. Madeline A. Lancaster and Juergen A. Knoblich in Science, Vol. 345, page 283; July 18, 2014.
- Generation of Cerebral Organoids from Human Pluripotent Stem Cells. Madeline A. Lancaster and Juergen A. Knoblich in Nature Protocols, Vol. 9, pages 2329–2340; October 2014.
- Dishing Out Mini-Brains: Current Progress and Future Prospects in Brain Organoid Research. Iva Kelava and Madeline A. Lancaster in Developmental Biology. Опубликовано онлайн 09.07.2016.
- Интервью с Юргеном Кноблихом см. по адресу: ScientificAmerican.com/jan2017/mini-brain




НАУКА
ТЕЛЕКАНАЛ

СМОТРИТЕ НА NAUKATV.RU


ЯВЛЯЮЩАЯСЯ ОФЕЦА

С АЛЕКСАНДРОЙ ГОВОРЧЕНКО

 vk.com/tv_nauka

 facebook.com/nauka20

 youtube.com/c/naukatv

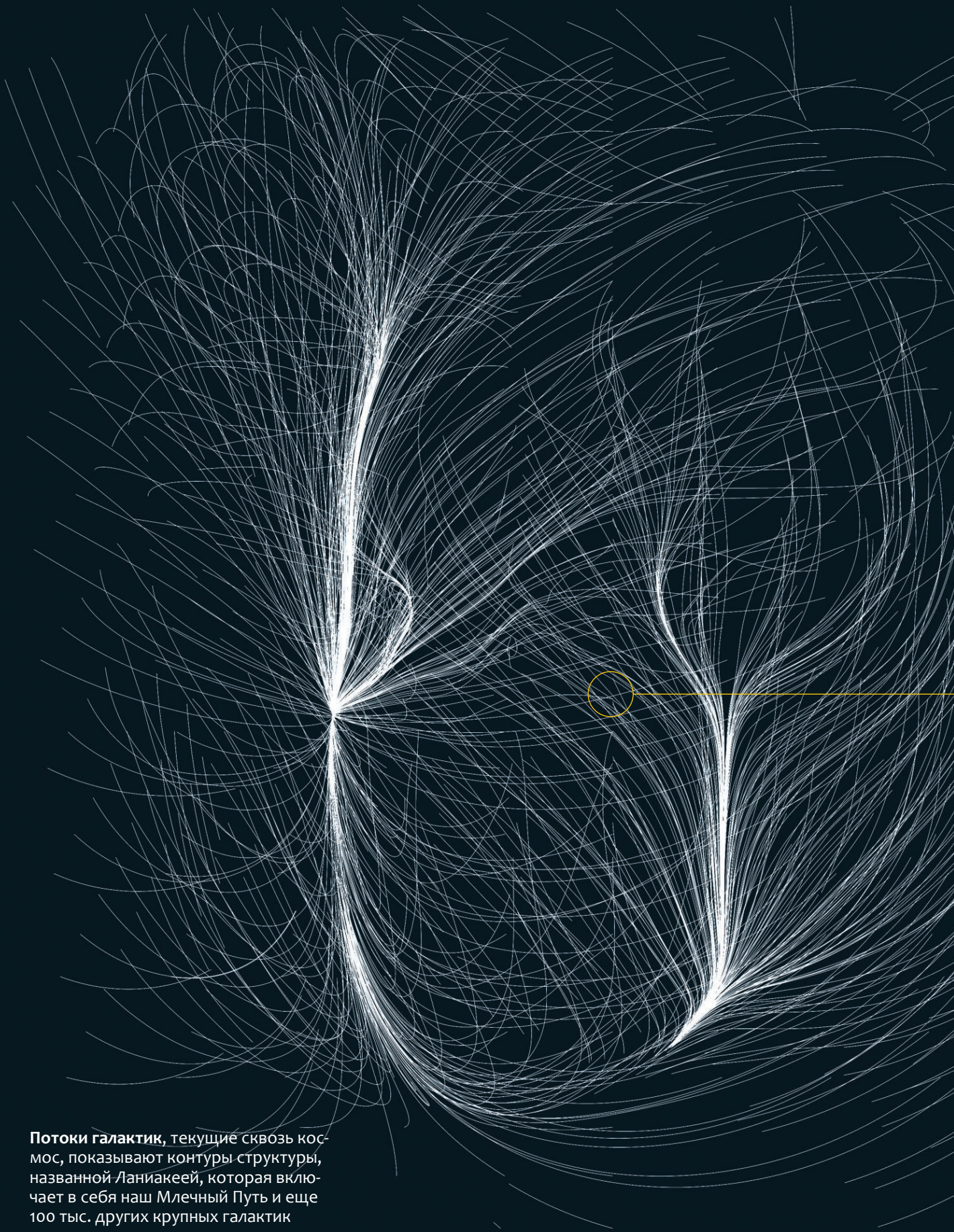
 naukatv.ru

СПРАШИВАЙТЕ У ОПЕРАТОРОВ ПЛАТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

ЦТ

ПОЗНАНИЕ

12+



Потоки галактик, текущие сквозь космос, показывают контуры структуры, названной *Ланиакеей*, которая включает в себя наш Млечный Путь и еще 100 тыс. других крупных галактик

Наше место во Вселенной

Оказывается, Млечный Путь — это часть массивного сверхскопления галактик, которые образуют одну из самых больших известных структур во Вселенной. Это открытие — только начало новой работы по картографированию космоса

Вы
НАХОДИТЕСЬ
ЗДЕСЬ

Ноам Либескинд и Brent Талли

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Аналогично тому, как звезды собираются вместе в звездные скопления и галактики, сами галактики объединяются в скопления, а те группируются в сверхскопления.
- Эти сверхскопления галактик служат строительными блоками гигантских нитей, листов и пустот, которые образуют самые крупные поддающиеся измерениям структуры во Вселенной.
- Проведенные недавно работы по изучению движения тысяч близлежащих галактик показали, что материнское

сверхскопление Млечного Пути намного больше, чем предполагалось ранее. Астрономы дали этому недавно обнаруженному колоссальному по своим размерам сверхскоплению имя Ланиакея.

- Более подробное картографирование Ланиакеи и сверхскоплений-соседей, возможно, откроет новые детали процесса образования галактик и поможет решить двойную космологическую загадку о природе темной материи и темной энергии.

ОБ АВТОРАХ

Ноам Либескинд (Noam I. Libeskind) — космолог Института астрофизики им. Готфрида Вильгельма Лейбница в Потсдаме (Германия). Он использует суперкомпьютеры для моделирования эволюции Вселенной и образования галактик, уделяя основное внимание Млечному Пути, Местной группе галактик и карликовым галактикам, которые нас окружают.

Брент Талли (R. Brent Tully) — астроном Гавайского университета, который вот уже 40 лет измеряет расстояния до галактик и картографирует их расположение и пути движения в космосе. Его «Атлас соседних галактик» (*Atlas of Nearby Galaxies*), созданный в соавторстве с Ричардом Фишером (J. Richard Fisher) и опубликованный в 1987 г., до сих пор остается самым обширным печатным атласом структуры нашего космического окружения. Талли гордится тем, что проделал всю эту работу, не используя систему глобального позиционирования.



Представьте себе, что вы прилетели в одну из далеких галактик и собираетесь отправить открытку своим близким. Вероятно, вы начнете с номера дома на улице в вашем городке, что находится где-то на Земле — третьей планете от нашего Солнца. Далее в адресе, возможно, вы укажете расположение Солнца в рукаве Ориона, отроге основного спирального рукава в нашей окрестности Млечного Пути. Затем вы укажете расположение Млечного Пути в Местной группе галактик — скопище более чем 50 ближайших галактик, раскинувшихся на протяжении около 7 млн световых лет. Местная группа, в свою очередь, расположена на краю скопления Девы, содержащего более чем 1 тыс. галактик на расстоянии в 50 млн световых лет от нас. А само это скопление — лишь небольшая часть Местного сверхскопления галактик, объединяющего сотни подобных скоплений, разбросанных в пространстве на 100 млн световых лет. Считается, что такие сверхскопления — самые большие компоненты крупномасштабной структуры Вселенной, образованной гигантскими нитями и листами, между которыми расположены пустоши, где вряд ли есть какие-либо галактики.

До недавнего времени Местное сверхскопление было бы конечным пунктом в вашем космическом адресе. Считалось, что вне этого масштаба дальнейшие уточнения адреса становятся бессмысленными, по мере того как границы между ясно очерченной, окаймленной сверхскоплениями структурой галактических листов (или стен) и пустот уступают место в пределе однородной Вселенной, в которой не существует структурных элементов большего размера. Но в 2014 г. один из нас (Брент Талли) руководил группой, которая обнаружила, что мы — часть еще более крупной структуры, что полностью разрушило эту точку зрения. Местное сверхскопление, как оказалось, — всего лишь один из лепестков намного большего сверхскопления, сосредоточия 100 тыс. крупных галактик, простирающегося на 400 млн световых лет. Группа, открывшая это гаргантюанское сверхскопление, назвала его в честь первых полинезийцев, которые,

ориентируясь по звездам, осваивали на утлых лодках необъятные просторы Тихого океана. Ланиакеей, что в переводе с гавайского обозначает «необозримые небеса». (Название «Ланиакеея» предложил Нава'а Наполеон (*Nawa'a Napoleon*), доцент Общинного колледжа Капиолани Гавайского университета в Гонолулу. Оно составлено из двух слов гавайского языка: *lani* — «небеса» и *akea* — «огромный, необозримый». — Примеч. пер.). Млечный Путь расположен далеко от центра Ланиакееи, на самой его периферии.

Ланиакеея — это не просто еще одна строчка в нашем космическом адресе. Изучая архитектуру и динамику этой гигантской структуры, мы сможем больше узнать о прошлом и будущем Вселенной. Составление карты населяющих ее галактик и изучение их поведения может помочь лучше понять, как образуются и растут галактики, а также расскажет новые подробности о природе темной



Скопления галактик, подобные этому скоплению Волос Вероники, — строительные блоки еще более крупных структур Вселенной. Расположенное от нас на расстоянии более 300 млн световых лет и состоящее примерно из 1 тыс. крупных галактик, скопление Волос Вероники служит частью еще более крупной структуры — сверхскопления Волос Вероники, расположенного за границами Ланиакеи.

материи — невидимой субстанции, которая, как полагают астрономы, составляет примерно 80% вещества Вселенной.

Ланиакея, вероятно, поможет пролить свет и на темную энергию — мощную силу, открытую в 1998 г., которая каким-то образом управляет ускоренным расширением Вселенной и этим определяет ее окончательную судьбу. Действительно, обнаруженное сверхскопление вовсе не обязательно окажется конечной строчкой в нашем космическом адресе; на самом деле оно, возможно, представляет собой часть еще большей структуры, которую только предстоит открыть.

Исследование загадок с помощью галактических течений

У научной группы, открывшей Ланиакею, не было задачи ее обнаружить. На самом деле Ланиакея была найдена в ходе поиска ответов на фундаментальные вопросы о природе Вселенной.

В течение уже почти 100 лет ученые знают, что космос расширяется, отдаляя галактики одну от другой, подобно тому как удаляются друг от друга точки на поверхности воздушного шарика, когда его надуют. Однако в последние

десятилетия выяснилось, что большинство галактик разлетаются не так быстро, как можно было бы ожидать, если бы расширение Вселенной было единственным влияющим на них фактором. В этом процессе участвует сила, имеющая локальный характер, — это гравитационное притяжение со стороны других, расположенных поблизости сгустков материи, которые способны противостоять разбеганию галактик в результате расширения космоса. Разность между движением галактики, связанным с расширением Вселенной, и движением, вызванным ее ближайшим окружением, называется пекулярной скоростью.

Если взять все звезды во всех галактиках, которые мы наблюдаем, и добавить весь газ и другие объекты из обычного вещества, о существовании которых мы знаем, то их общей массы не хватит на порядок величины, чтобы объяснить источники гравитационных сил, необходимых для разгона до наблюдаемых пекулярных скоростей. Не найдя иного разумного объяснения, мы, астрономы, называем то, чего недостает, темной материей. Мы предполагаем, что эта темная материя состоит из частиц, которые взаимодействуют с остальной Вселенной почти исключительно посредством

Космический ландшафт

Содержащие сотни миллиардов звезд галактики — не самые крупные объекты во Вселенной. Прикованные друг к другу гравитацией, сотни галактик могут группироваться в виде скопления галактик. Гравитация может концентрировать вместе и эти скопления, образуя сверхскопления, состоящие из сотен тысяч галактик. В этой иерархии адрес нашей Солнечной системы традиционно был такой: галактика Млечный Путь, Местная группа галактик, скопление Девы и, наконец, Местное сверхскопление. Однако новые исследования выявили, что наше Местное сверхскопление — лишь часть сверхструктуры, которая еще в 100 раз крупнее. Это гигантское сверхскопление — Ланиакя, что на гавайском языке означает «необозримые небеса».

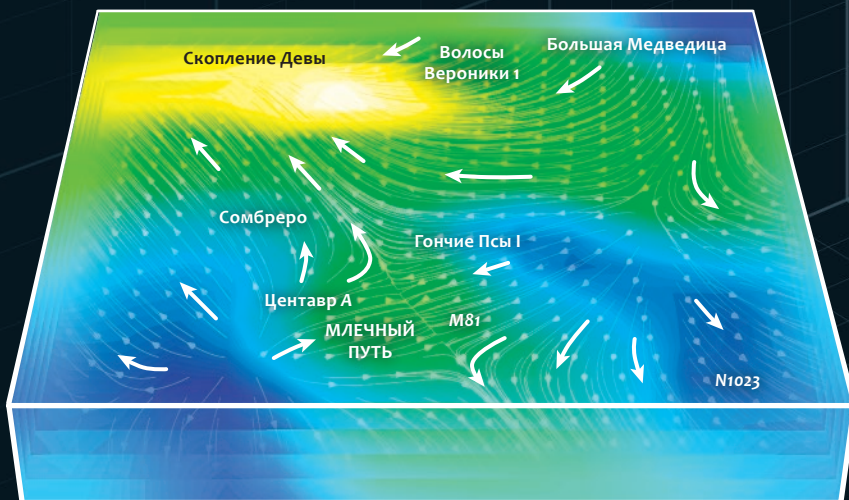
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СВЕРХСКОПЛЕНИЯ ЛАНИАКЕЯ

Если рассматривать в совокупности положения и характер движения галактик, то можно заметить, что они расходятся в результате расширения Вселенной и сходятся вместе под действием силы гравитационного притяжения. Границы сверхскопления можно очертить, когда объединяющая сила гравитации начинает значительно ослаблять вызванное расширением Вселенной разбегание галактик. На рисунке отмечены разными цветами положения более чем 8 тыс. галактик, они окрашены в соответствии с характером их относительного движения (их скорости и траектории показаны с учетом обоих процессов — разбегания и объединения). Очертания структур, окрашенные более теплыми тонами (желтый и розовый), представляют собой скопления галактик, с большой скоростью слетающихся друг к другу. Контуры Ланиакея, изображенные более холодным голубым цветом, очерчены там, где скопления сближаются с минимальной скоростью. Простирающаяся почти на полмиллиарда световых лет, Ланиакя охватывает объем пространства, в котором скопления галактик при отсутствии расширения Вселенной были бы связаны гравитацией в единую структуру. За границами Ланиакея можно узреть сверхскопления Шепли, Геркулеса, Персея — Рыб и другие близлежащие структуры подобного масштаба.

ЛАНИАКЕЯ

ПЛЫВЕМ ПО ТЕЧЕНИЮ

Изучение более мелких деталей Ланиакея может дать новое представление о распределении темной материи и процессах эволюции галактик. Например, рассмотрим трехмерный срез Ланиакея, включающий Млечный Путь и объемлющую его Местную группу галактик (внизу). Стрелками отмечены скорости движения галактик, текущих как вода в направлении областей, где высока плотность материи и велико гравитационное притяжение (окрашены более теплыми тонами), из областей с низкой плотностью материи (более холодные тона). Мощные течения галактик проливают свет на распределение материи в космосе (как обычной, барионной, так и темной). Измерение характера потоков, проведенное Ноамом Либескиндом, показало, что Местная группа утекает вдоль нити темной материи длиной в 50 млн световых лет в направлении скопления Девы (желтый), скопища более 1 тыс. галактик в объеме диаметром 13 млн световых лет. Такие нити, как предполагается, играют важную роль в образовании и эволюции галактик.



SOURCES: "PLANES OF SATELLITE GALAXIES AND THE COSMIC WEB," BY NOAMI LIBESKIND ET AL., IN MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, VOL. 452, NO. 1, SEPTEMBER 1, 2015 (Inset star); DANIEL ROMÁN-REBE, HELENE M. COURTOIS, YEHUDA HOFFMAN AND BRENT TULLY (Data for Laniakea illustration)

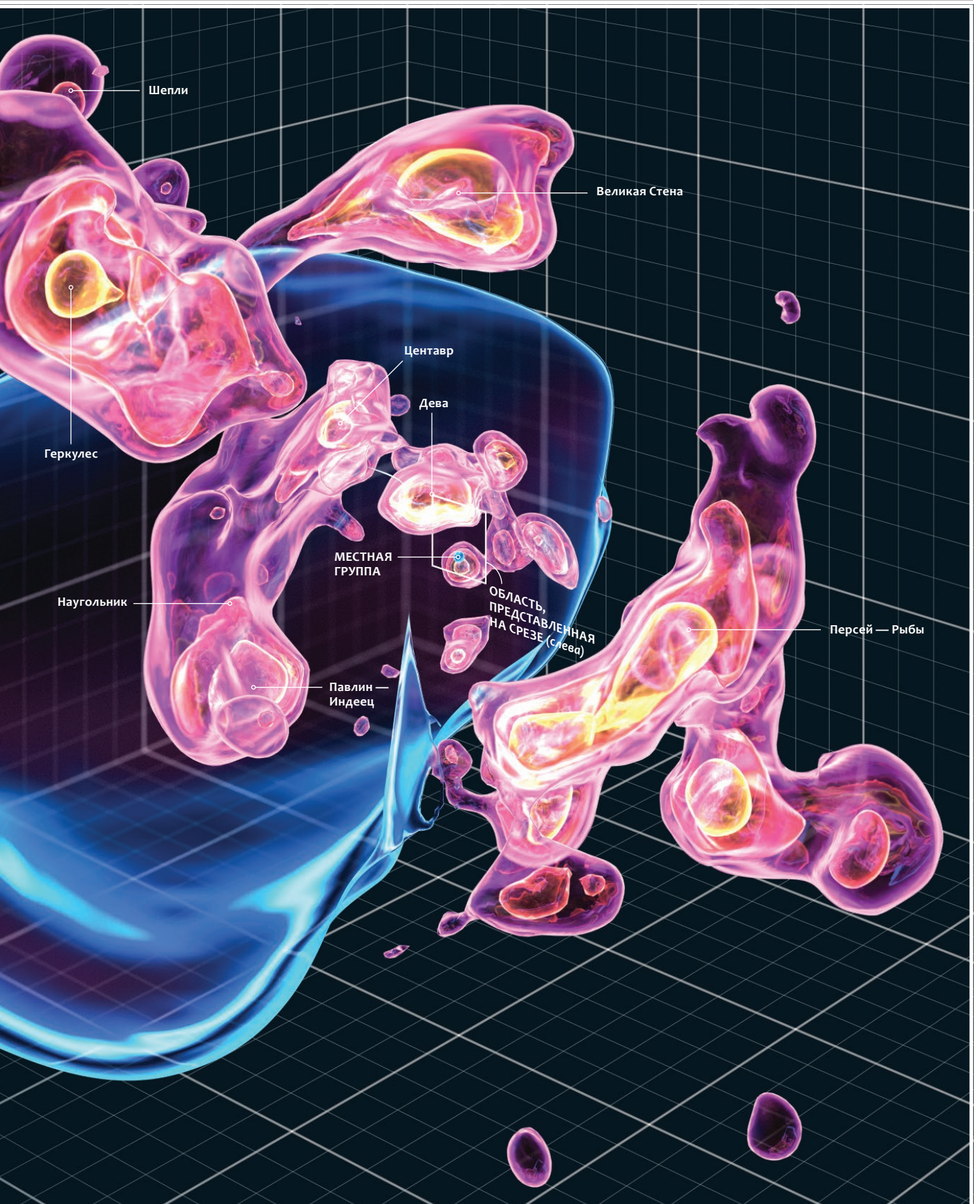


Illustration by Bryan Christie

гравитации, а не других сил, таких как электромагнетизм, и что темная материя — источник «недостающих» гравитационных сил, необходимых для объяснения наблюдаемых скоростей. Ученые полагают, что галактики расположены внутри глубоких резервуаров темной материи, служащей как бы строительными лесами, с помощью которых формируются галактики.

Группа Талли и другие астрономы пришли к выводу, что создание карты течений и пекулярных скоростей галактик поможет узнать распределение в космосе невидимой темной материи и выявить места максимальной концентрации этой загадочной субстанции по ее влиянию на движение галактик. Если, скажем, все потоки галактик движутся по направлению к данной точке, то можно предположить, что их притягивает туда область с высокой плотностью материи.

Астрономы также поняли, что определение плотности и распределения всех форм материи во Вселенной, возможно, поможет решить и другую, еще более сложную загадку: почему космос не просто расширяется, а делает это с ускорением? Подобное его поведение так же противоречит интуитивным представлениям, как если бы камень, подброшенный вверх, не упал обратно на Землю, а устремился бы с нарастающей скоростью к небесам. Что бы ни питало это странное явление, названное темной энергией, оно оказывает сильнейшее влияние на будущее Вселенной. Из этого ускоренного расширения следует, что космос в конце концов ждет холодная смерть, когда большинство галактик разлетятся прочь друг от друга с возрастающими скоростями, пока мгла окончательно не опустится на Вселенную, все звезды в каждой галактике погаснут и вся материя охладится до абсолютного нуля. Но чтобы знать наверняка, как именно все закончится, необходимо не просто выяснить, что такое эта темная энергия, но и узнать, сколько всего материи во Вселенной: если плотность вещества достаточно высока, в далеком будущем процесс расширения нашей Вселенной, возможно, сменится на сжатие вследствие взаимного притяжения составляющей ее массы. Или же, если на самом деле Вселенная имеет сбалансированную плотность вещества, это приведет к бесконечному, но все замедляющемуся ее расширению.

Именно с помощью схемы галактических течений удалось картографировать космическую плотность обычной и темной материи, что в конечном итоге привело к открытию Ланиакеи.

Как нашли Ланиакею

Для построения схемы течений галактик требуется знать движение галактики в результате расширения космоса и ее динамику под воздействием находящегося поблизости вещества. В качестве первого шага астрономы измеряют красное смещение линий в спектре излучения галактики, вызванное ее удалением от нас в результате расширения Вселенной. Звук свистка или сирены движущегося к нам источника звука имеет более высокий тон, чем в том случае, когда он движется от нас, поскольку испускаемые им звуковые волны сжимаются, становятся короче, то есть частота звуковых колебаний увеличивается. Аналогично световые волны от галактики, движущейся

Астрономы поняли, что определение плотности и распределения всех форм материи во Вселенной, возможно, поможет решить и другую, еще более сложную загадку: почему космос не просто расширяется, а делает это с ускорением? Из этого ускоренного расширения следует, что космос в конце концов ждет холодная смерть

ся от нас, сдвигаются в сторону более низких частот, то есть более длинных, красных волн. Чем быстрее галактика удаляется от нас, тем больше красное смещение ее спектра. Это позволяет астрономам измерить полную скорость галактики и приблизительно оценить ее расстояние от Земли.

Долю скорости галактики, связанную с локальным гравитационным притяжением, астрономы могут оценить, измерив расстояние до нее не с помощью красного смещения, а другими методами. Например, если измеренное независимым методом расстояние до галактики составляет 3,25 млн световых лет, то, согласно точным оценкам скорости расширения Вселенной, она должна удаляться со скоростью около 70 км в секунду. Если же красное смещение дает скорость 60 км/с, то астрономы могут заключить, что концентрация вещества вблизи этой галактики сообщает ей пекулярную скорость 10 км/с. Методы, используемые для измерения расстояния без красного смещения, строятся в основном на том факте, что интенсивность света убывает обратно пропорционально квадрату расстояния до источника. То есть если вы видите два одинаковых маяка,

но яркость одного из них в четыре раза меньше, чем другого, то это значит, что более тусклый находится в два раза дальше. В астрономии такие одинаковые маяки называются стандартными свечами, это астрофизические объекты, которые всегда сияют с одинаковой светимостью, независимо от того, где во Вселенной они находятся. В качестве таких стандартных свечей могут служить определенные типы сверхновых или пульсирующих звезд — или даже массивные галактики, впервые предложенные Талли и астрономом Ричардом Фишером (J. Richard Fisher) в 1977 г. Эта так называемая зависимость Талли — Фишера основывается на том факте, что массивные галактики сияют ярче и вращаются быстрее, чем малые, — они состоят из большего числа звезд и должны вращаться быстрее, чтобы поддерживать свою стабильность в более сильном гравитационном поле. Измерьте скорость вращения галактики, и вы узнаете ее светимость; сравните ее с видимой яркостью галактики, и вы получите ее расстояние от Земли.

Каждый тип стандартной свечи имеет собственный диапазон расстояний, на которых он работает наилучшим образом. Пульсирующие звезды, называемые цефеидами, можно хорошо наблюдать, только если галактики расположены близко к Млечному Пути, и, следовательно, они не годятся для измерений на дальних расстояниях. Зависимость Талли — Фишера можно использовать для многих спиральных галактик, но оценка расстояния, которую она дает, имеет погрешность до 20 %. Взрывающиеся звезды, называемые сверхновыми типа Ia, дают погрешность измерений в два раза меньшую, и их сияние можно наблюдать с огромных космических расстояний, но они достаточно редки — в галактике крупного размера случаются лишь раз в столетие.

Если удастся измерить пекулярные скорости большой выборки галактик во Вселенной, астрономы смогут картографировать течения галактик в самых больших масштабах. В таких масштабах течение галактик можно сравнить с реками, чье извилистое русло проложено через то, что мы называем космическими водоразделами, движение в которых определяется не топографией, а гравитационным воздействием со стороны расположенных поблизости структур. На этих «космических картах» галактики плывут по течениям, крутятся в водоворотах и собираются в резервуары, чтобы по косвенным признакам открыть нам структуру, динамику, происхождение и будущее самого крупного скопления материи во Вселенной.

Построение карты в масштабе необходимо, чтобы обратиться к вопросам о темной материи и темной энергии, требует каталогизации всех наиболее точных данных множества

исследовательских программ по наблюдению космоса, имеющихся в нашем распоряжении. В 2008 г. Талли, Элен Куртуа (Hélène M. Courtois), в настоящее время работающая в Институте ядерной физики в Лионе, и их коллеги опубликовали «Каталог космических течений», содержащий многочисленные данные, проливающие свет на динамику 1,8 тыс. галактик, расположенных в пределах 130 млн световых лет от Млечного Пути. Группа расширила рамки своих исследований, выпустив в 2013 г. «Каталог космических течений — 2», в котором отражено движение уже примерно 8 тыс. галактик внутри сферы радиусом 650 млн световых лет. Один из членов группы, Иегуда Хоффман (Yehuda Hoffman) из Еврейского университета в Иерусалиме, разработал методы точного расчета распределения темной материи исходя из пекулярных скоростей, содержащихся в «Каталоге космических течений».

Когда каталог разросся, мы изумились, неожиданно обнаружив прятывшуюся в массе данных картину — очертания новой, ранее не замеченной космической структуры. Скопления галактик, занимающие пространство размером более 400 млн световых лет, все вместе движутся к небольшой «области притяжения» наподобие водных потоков, сливающихся к самой низкой точке ландшафта. Если бы не расширение Вселенной, эти галактики в конце концов слились бы в одну компактную структуру, связанную гравитационным притяжением. Вся эта гигантская совокупность галактик и есть сверхскопление Ланиакее.

Исследования галактик Ланиакее показали, что они ведут себя в точности так, как и следовало ожидать исходя из ведущих моделей космического распределения темной материи: хотя мы и не видим ее, но можем довольно точно предсказать, где аккумулируется невидимое вещество Вселенной. Более того, плохо ли, хорошо ли, суммарная плотность наблюдаемой (барионной) и темной материи в Ланиакее дает основания полагать, что, как и предполагали астрофизики-теоретики, Вселенной суждена холодная смерть от ускоряющегося расширения.

Все эти выводы пока еще предварительные. Чтобы выполнить чрезвычайно сложную задачу по составлению карты галактических течений, предстоит пройти долгий путь. На сегодня только у 20% галактик внутри сферы радиусом 400 млн световых лет определены пекулярные скорости, а многие измерения расстояний по стандартным свечам пока еще имеют большие погрешности. Но даже при всем этом начинающая прорисовываться картина того, что расположено по соседству с нами, дает новое представление о нашем месте в космографическом резервуаре и границах Вселенной.

Наше космографическое окружение

Давайте совершим экскурсию по текущим, стремительно несущимся компонентам нашего только что открытого дома, Ланиакеи, и начнем с самого знакомого — с вас. Независимо от того, как быстро или медленно вы путешествуете по Земле, читая эту статью, вы обращаетесь вокруг Солнца вместе с нашей планетой со скоростью около 30 км/с. Солнце в свою очередь обращается по орбите вокруг центра Галактики со скоростью примерно 200 км/с, а вся Местная группа галактик, включая Млечный Путь, спешит к загадочной концентрации массы в направлении Центавра со скоростью более 600 км/с (подробнее об этом позже). Вы, вероятно, никогда не предполагали, что можете перемещаться так быстро, просто читая статью в журнале — или не делая вообще ничего. Уводя взор от Млечного Пути, наше путешествие через просторы Ланиакеи мы начнем с двух небольших галактик, Малого и Большого Магеллановых Облаков, удаленных «всего» на 180–220 тыс. световых лет. Вы можете взглянуть на Магеллановы Облака из южного полушария Земли, но, чтобы разглядеть их как можно лучше, вам нужно будет проделать путь до самой Антарктики, причем зимой. Единственная другая галактика, видимая невооруженным глазом, — это гигантская спираль Андромеды, хотя она кажется просто размытой заплаткой на темном как сажа небе.

Андромеда находится от нас на расстоянии 2,5 млн световых лет и несется по направлению к нам со скоростью около 110 км/с. Примерно через 4 млрд лет она лоб в лоб столкнется с Млечным Путем, и это превратит обе галактики в единый, ничем не примечательный эллипсоид из старых красных звезд. Маловероятно, что наша Солнечная система будет затронута этим космическим столкновением: расстояния между звездами настолько велики, что никакие две звезды, скорее всего, не сблизятся настолько, чтобы столкнуться. Млечный Путь, Андромеда и четыре десятка других галактик — это члены Местной группы, области Вселенной, в которой гравитация выиграла битву с космическим расширением и которая находится в процессе сжатия. Подобно Млечному Пути с его Магеллановыми Облаками, все крупные галактики имеют собственные свиты спутников.

Сразу же за галактиками Местной группы внутри слоя в 25 млн световых лет на наших картах появились три явно выраженных особенности. Большинство находящихся здесь галактик, включая нашу, занимают область, прозаически названную Местным листом. Как и подразумевает

слово «лист», область эта очень тонка — большинство галактик расположено внутри 3 млн световых лет вдоль ее плоскости, которая и была выбрана в качестве экваториальной плоскости сверхгалактической системы координат. Под этой плоскостью после некоторого пустого промежутка проходит нить галактик — отрог Льва, а также галактики в так называемых облаках Насоса и Золотой Рыбы. Над плоскостью поблизости почти ничего нет. Эта безжизненная область — территория Местной пустоты (или *Пустоты Талли*. — *Примеч. пер.*).

Если рассматривать лишь галактики внутри Местного листа, ситуация может показаться довольно спокойной. Эти галактики разлетаются прочь друг от друга со скоростью расширения Все-

Галактики плывут по течениям, крутятся в водоворотах и собираются в резервуары, открывая нам структуру, динамику, происхождение и будущее самого крупного скопления материи во Вселенной

ленной, обладая довольно скромными пекулярными скоростями, обусловленными их локальным взаимодействием. Ниже Местного листа галактики облаков Насоса и Золотой Рыбы и отрога Льва тоже имеют небольшие пекулярные скорости. Они, однако, приближаются к Местному листу с большей скоростью. Вероятно, причина этого — Пустота Талли. Пустоты расширяются как надуваемые воздушные шарики, и материя движется из областей с пониженной плотностью к областям с повышенной, скапливаясь на их границах. Мы теперь понимаем, что Местный лист — это стенка Пустоты Талли и что эта пустота расширяется, отодвигая нас вниз по направлению к скоплениям Насоса, Золотой Рыбы и Льва.

Двигаясь вглубь структуры, мы встречаемся со скоплением Девы массой в 300 Местных групп в объеме диаметром 13 млн световых лет. Его галактики хаотически движутся со скоростями около 700 км/с, а все внешние галактики в пределах 25 млн световых лет от границы скопления падают к нему, чтобы в ближайшие 10 млрд лет стать его частью. Полная протяженность домена Девы, в котором все объекты гравитационно связаны и будут в конце концов захвачены, имеет сейчас радиус 35 млн световых лет. Интересно, что наш Млечный Путь, удаленный от центра на 50 млн световых лет, находится вне этой зоны захвата.

Большое галактическое течение

Еще бóльшая область вокруг скопления Девы, которая простирается до нашей галактики, называется Местным сверхскоплением. Почти 30 лет назад группа астрономов, давшая себе забавное прозвище «Семь самураев», обнаружила, что не только Млечный Путь, а все Местное сверхскопление со скоростью несколько сотен километров в секунду несется в направлении Центавра. Загадочную массу, тянущую к себе все эти галактики, они назвали Великим центром притяжения (*часто используется термин «Великий аттрактор», транслитерация английского the Great Attractor. — Примеч. пер.*). Впрочем, Великий центр притяжения не так уж загадочен: плотность материи там, очевидно, высока, поскольку в области диаметром 100 млн световых лет находятся семь скоплений, сравнимых со скоплением Девы. Три крупнейших из них — это скопления Наугольника, Центавра и Гидры.

Согласно нашему представлению о сверхскоплениях как о космических водоразделах, на которых меняется характер движения галактик, «Местное сверхскопление» — название неточное. Оно всего лишь представляет собой часть чего-то более грандиозного, а именно Ланиакеи, которая включает и другие крупные структуры, такие как нить Павлина — Индейца и скопление Змееносца. Если представить Ланиакею как большой город, то область Великого центра притяжения будет его центром с плотным автомобильным движением. Как и в любом городе, здесь трудно очертить границу городского центра, но по нашим оценкам его следует поместить где-то между скоплениями Наугольника и Центавра. Такое определение выносит наш Млечный Путь далеко на окраину «города», туда, где проходит граница с соседним сверхскоплением Персея — Рыб. В космических масштабах граница эта настолько близка к нам, что мы можем детально ее изучить и примерно очертить размытые, шириной в полмиллиарда световых лет, плавные очертания рубежей Ланиакеи. В целом в границах Ланиакеи сосредоточена масса нормальной (барионной) и темной материи, эквивалентная примерно 100 миллионам миллиардов (10^{17}) Солнц.

Астрономы в течение нескольких десятилетий бросали беглый взгляд на очертания того, что находится за границами Ланиакеи. Вскоре после открытия группой «Семь самураев» Великого центра притяжения из межгалактической мглы всплыло что-то еще более грандиозное. Непосредственно за областью Великого центра притяжения, но в три раза дальше, чем он сам, расположилось чудовищное сборище скоплений — самое плотное из известных в локальной Вселенной. Поскольку астроном Харлоу Шепли (Harlow Shapley) первым нашел доказательства

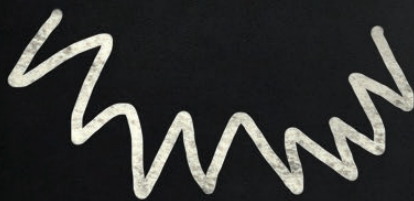
его существования в 1930-х гг., эту далекую гигантскую структуру назвали Сверхскоплением Шепли. (Между прочим, так же как Местный лист, скопление Девы и основная полоса Местного сверхскопления, а также Великий центр притяжения и Сверхскопление Шепли лежат на экваторе сверхгалактики. Нарисуйте в вашем воображении огромную оладю из галактических сверхскоплений, и вы получите хорошее представление о нашем локальном окружении в большом масштабе.)

Так в чем же причина пекулярной скорости 600 км/с нашего Местного сверхскопления? Должно быть, в определенной степени виновник этого — комплекс Великого центра притяжения. Но нам также следует не упускать из виду гравитационное притяжение со стороны Сверхскопления Шепли, которое хотя и в три раза дальше, но несет в себе в четыре раза больше богатых звездами скоплений. На сегодня, согласно справочнику «Каталог космических течений — 2» (тому самому, который помог открыть Ланиакею), есть еще многое, о чем можно было бы поговорить. Пекулярные скорости 8 тыс. галактик в этом каталоге демонстрируют согласованное течение в направлении Сверхскопления Шепли. Это течение прослеживается на протяжении всего тома «Каталог космических течений — 2» и охватывает расстояние от одного края до другого в 1,4 млрд световых лет. Но останавливается ли оно на этом? Мы пока не знаем. Лишь еще более масштабные обзорные карты и исследования еще более далеких уголков Вселенной помогут выявить основной источник — и базовую структуру, — скрывающиеся за грандиозным течением галактик в нашей локальной Вселенной. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Cosmography of the Local Universe. Helene M. Courtois et al. in *Astronomical Journal*, Vol. 146, No. 3, Article No. 69; September 2013.
- The Laniakea Supercluster of Galaxies. R. Brent Tully et al. in *Nature*, Vol. 513, pages 71–73; September 4, 2014.
- Planes of Satellite Galaxies and the Cosmic Web. Noam I. Libeskind et al. in *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 452, No. 1, pages 1052–1059; September 1, 2015.



НАУКА И ОБЩЕСТВО



Космос становится понятнее

В сибирском Томске на базе Томского политехнического университета прошел первый в России «Космический урок». Десятки школьников, учеников от третьего до 11-го классов, собрались в холле Дворца творчества детей и молодежи города, чтобы поговорить с учеными, задать вопросы российским космонавтам и даже отправить на МКС небольшую посылку.



Школьники разных возрастов толпились у небольшого агрегата, напоминающего микроволновую печь. Агрегат негромко гудел, а внутри, за стеклом, над верхней панелькой ездил на направляющих штангах металлический кирпичик, оставляя над собой растущую вниз желтую пластиковую сосульку. Мальчик лет десяти спросил у стоявшего рядом старшеклассника:

— Он наплавлением работает?

— Конечно. У него же расходником — термопластик. Если бы на металле, тогда было бы спекание.

Под пристальным наблюдением ребят разработанный и собранный специалистами Томского политехнического университета специальный космический 3D-принтер печатал небольшую крепежную деталь из тех, что во множестве встречаются на Международной космической станции. По планам ученых ТПУ, такой принтер уже в 2017 г. будет доставлен на МКС, чтобы космонавты в случае мелкой поломки не ждали несколько месяцев нового грузовика, который доставил бы на орбиту необходимую запчасть, а распечатали ее сами. Судя по тому, как прибор работал в перевернутом режиме, к встрече с невосможностью он готов.

В зале было около полусотни детей, которые не носились по просторному залу и не шумели, как это часто бывает, а вполголоса и вполне серьезно обсуждали космические и научные проблемы. Слышны были слова: «сверхновая», «галактика», «скафандр», «астероид» и т.д. Несмотря на то что здесь собрались ребята не только из Томска, но и из всей Томской области, казалось, что они давно знакомы друг с другом. Впрочем, это потом подтвердилось — многие из них посещают астрономический клуб «ИКАР».

Рассадить детей по местам организаторам мероприятия не составило особого труда. Каждый сел на свое место, совсем как в школьном классе. Впечатление урока усиливала классная доска, на которой была выведена тема урока: «Российские ученые для космоса. Земля — космос; Томская область — МКС». О важности события говорил состав посетивших урок гостей. Среди них были губернатор Томской области С.А. Жвачкин, заместитель министра образования и науки РФ Л.М. Огородова, ректор Томского политехнического университета П.С. Чубик, директор Института физики высоких технологий ТПУ А.Н. Яковлев, директор департамента развития персонала госкорпорации «Роскосмос» Е.Б. Степанов и другие.

Число зрителей не ограничивалось томскими школьниками. Поскольку урок транслировался в интернет в режиме реального времени, даже приблизительное число зрителей посчитать невозможно. Точно известно, что за уроком следили не только из аудиторий Томского политеха, но еще как минимум из семи российских вузов: Московского

**Ректор Томского политехнического университета
Петр Савельевич Чубик:**

— Что такое 3D-принтер на МКС? По сути, это небольшой космический завод, с помощью которого можно производить необходимые космонавтам детали и инструменты. В то же время это прообраз космических заводов, которые будут работать не только на орбитальных станциях, но и на других планетах, обеспечивая людей всем необходимым для освоения планет и даже покорения дальнего космоса. Это, конечно, наше будущее, но это будущее начинается здесь и сегодня.

государственного педагогического университета, Российского государственного педагогического университета в Санкт-Петербурге, Башкирского педагогического университета, Красноярского педагогического университета, Алтайского гуманитарно-педагогического университета и Ставропольского педагогического института. Но главное, безусловно, разворачивалось в Томске.

Встречу открыл губернатор С.А. Жвачкин.

— Проект «Космические уроки» мы придумали вместе с Томским политехом, «Роскосмосом» и РКК «Энергия», — сказал он. — Сегодня мы присутствуем на первом уроке. Не сомневаюсь, что уроки продолжатся и выйдут на всероссийский уровень. Но мы с вами останемся пионерами.

Затем к детям обратилась замминистра образования и науки Л.М. Огородова:

— Жизнь требует, чтобы вы, наши дети, дорастали до специалистов, готовых вносить в нее новое содержание. Интерес к космосу сегодня растет, в школы вернулись уроки астрономии. Именно космическая отрасль демонстрирует вклад России в мировой прогресс.

Долю этого вклада наглядно продемонстрировал (в удаленном режиме) главный специалист по управлению космическими полетами ЦУП В.Д. Благов. Рассказывая о МКС, он заметил:

— Сегодня на борту станции находится международный экипаж из шести человек. Из них — три российских космонавта, два американских космонавта и один — европейский. Уже из этого видно, какой вклад в программу МКС вносит Россия: на нашу долю приходится 50% экипажа.

А представитель «Роскосмоса» Е.Б. Степанов поведал ребятам, что их ждет в будущем, если они окончательно решат связать свою судьбу с космосом:

— В документах, по которым работает наша госкорпорация, зафиксировано, что после 2030 г. на Луне должна быть развернута постоянно действующая база. Будут также идти работы по международной программе полета на Марс в 2030 г. Это как раз для вас, ребята, для тех, кто сейчас ходит в школу. Вы вырастаете и будете участвовать в проектах, которые сегодня кажутся фантастическими.



Эту деталь космической оснастки напечатали за 40 минут, пока шел урок

Но главными героями для влюбленных в космос ребят стали космонавты, работающие сейчас на борту МКС: бортинженеры О.В. Новицкий, С.Н. Рыжиков и А.И. Борисенко. Телемост, организованный ГТРК «Томск» совместно с ТПУ, продолжался около часа.

Свой урок космонавты начали с эксперимента. Ребятам показали, как ведет себя в невесомости обычная капля воды. После того, как в нее добавили маленькую дозу обычной детской шпички, она превратилась в сверкающий кипящий шар, напоминающий Солнце. Затем ребятам рассказали, как устроены космические скафандры, после чего начался настоящий опрос. Только вопросы задавали не «космические учителя», а школьники.

Земля — космос

Миша Новиков, четвертый класс: Что вы почувствовали, когда увидели Землю из космоса в первый раз? Как перенесли первую невесомость?

С.Н. Рыжиков: Впечатления сродни детским, самые яркие и необычные. Испытываешь настоящий щенячий восторг и когда впервые смотришь на Землю из иллюминатора, и когда впервые ощущаешь невесомость.

Миша Ермаков, четвертый класс: Как вас на Земле готовят к нестандартным ситуациям?

А.И. Борисенко: Долго и тщательно. Любая из нестандартных ситуаций, будь то пожар, разгерметизация, загрязнение атмосферы токсичными газами и т.д., несет угрозу не только жизни экипажа, но и существованию всей станции. Поэтому около 40% времени подготовки уходит именно на тренировку в условиях возможных нестандартных ситуаций.

Тимофей Лиференко, пятый класс: Сложно ли после длительной невесомости адаптироваться к чувству тяжести на Земле?

О.В. Новицкий: Да, с этим есть небольшие проблемы, поскольку невесомость — для человека вещь чуждая, да и сам космический полет проходит в чуждой нам среде. Но ученые разработали специальные программы, помогающие в этой адаптации. Кроме того, мы много занимаемся спортом, чтобы наши мышцы и кости оставались такими же сильными, как и были до полета.

Ярослав Серединов, восьмой класс: В чем выгода применения 3D-принтера на орбите, если те же вещи можно просто доставить с Земли, и как будут утилизироваться отходы от его работы?

О.В. Новицкий: Выгода бесспорная. Нам не надо будет несколько месяцев ждать доставки деталей, которые мы можем сами изготовить за несколько часов. Что же касается удаления мусора, мы постараемся организовать на борту безотходное производство.

Настя Полежаева, восьмой класс: Как в космосе чувствуется ход времени?

А.И. Борисенко: Так же, как на Земле, иногда оно еле тянется, иногда — летит быстро. Но в целом, по субъективным ощущениям, у нас на МКС время не просто летит, а мчится. Мы дни недели не успеваем отсчитывать. Вроде только что был понедельник, а уже наступает пятница.

Саша Бродовой, четвертый класс: Я читал, что на борту МКС проходили эксперименты с мухамидрозофилами. Расскажите, пожалуйста, о результатах.

С.Н. Рыжиков: Мы с Андреем действительно выполняли эту работу. Могу сказать, что в космосе мухи себя вели спокойно, дружелюбно, не агрессивно. А о результатах надо спрашивать ученых, по заданию которых проводились эксперименты.

Азиза Азизова, 11-й класс: Какую литературу вы читаете — художественную или профессиональную? И в каком формате — электронном или печатном?

А.И. Борисенко: На борту станции времени для чтения у нас почти нет, поэтому основная литература, которую мы читаем, это бортинструкции, радиограммы и различные технические описания. Но у нас на борту есть небольшая библиотека. Всегда приятно подержать в руках томик, полистать, почувствовать на ощупь. Кроме того, я, например, взял с собой книгу прекрасного советского фантаста С.И. Павлова «Лунная радуга». Правда, пока ни одной странички прочитать не успел.

Артем Мерешков, шестой класс: Известно, что нескольким людям в замкнутом пространстве ужиться нелегко. Случаются ли у вас конфликтные ситуации и как вы с ними справляетесь?

О.В. Новицкий: С конфликтными ситуациями у нас дела обстоят очень плохо: у нас их просто нет, поскольку экипаж подбирается по принципу



Жизнь требует, чтобы
наши дети дорастали
до специалистов, ГОТОВЫХ
вносить в нее новое
содержание



Член-корреспондент РАН, председатель президиума Томского научного центра СО РАН С.Г. Псахье (слева) и ректор Томского политехнического университета П.С. Чубик



Вот так запросто пообщаться с космосом удается далеко не всем



Фото с губернатором — тоже своеобразная путевка в жизнь



Губернатор Томской области С.А. Жвачкин



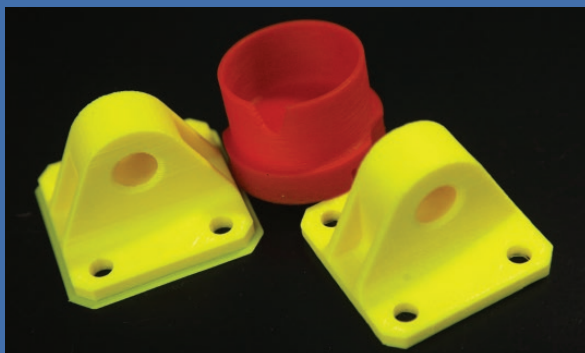
Директор департамента развития персонала госкорпорации «Роскосмос» Е.Б. Степанов



Девочки тоже мечтают о космосе



Детали, напечатанные детьми на 3D-принтере, совсем скоро отправятся в космос, на борт МКС



Женю Барышникову даже многолетняя экспедиция на Марс не пугает



Кто хочет полететь в космос?

хорошей психологической совместимости. Только так можно добиться от экипажа максимальной отдачи.

Даниил Солетов, третий класс: Много ли мусора накопилось на орбите захоронения (орбита от 650 до 36 тыс. км, на которую уводятся отработавшие свой ресурс космические аппараты. — Примеч. ред.)? И еще: как для тренировок на Земле создается состояние невесомости?

А.И. Борисенко: Про высокую орбиту захоронения сказать ничего не могу, поскольку слежение за ней не входит в нашу компетенцию. А вот на борту МКС мусор накапливается. Это и отходы от научных экспериментов, и вышедшие из строя детали, и бытовые отходы. С этим мусором нам приходится бороться, но возможности тут у нас сильно ограничены. Обычно мы загружаем накопившийся мусор в отстыковываемые грузовики, после чего все это сгорает в плотных слоях атмосферы.

С.Н. Рыжиков: Условия невесомости моделируются на Земле в специальных самолетах-лабораториях. Там во время свободного падения с высоты больше 10 км искусственная невесомость продолжается 25–28 с.

Арина Трифонова, седьмой класс: В новостях прочитала, что в прошлом году на МКС был развернут надупной модуль. Можно ли уже сейчас подвести итоги, в чем плюсы и минусы таких модулей, для чего они служат и будут служить?

А.И. Борисенко: Действительно, такой модуль у нас есть, но он эксплуатируется в тестовом режиме. Мы пока не можем в него заходить, все работы на нем проводят наши американские коллеги. Они направлены на проверку и усиление безопасности для экипажа.

Юлия Рубцова, десятый класс: Видели ли вы в космосе что-то необычное, что нельзя объяснить с научной точки зрения?

О.В. Новицкий: В космосе происходит много необычных явлений, которые пока неподвластны нашему пониманию. Мы пока ничего такого не видели, но находимся в постоянном ожидании: может, что-то и нам покажется.

Артем Шахоров, третий класс: Меняются ли цвет и размер космических объектов при наблюдении из космоса в сравнении с земными наблюдениями? В разное время суток мы видим Солнце в цветах от красного до ярко-желтого, а каким вы его видите с орбиты МКС? Насколько верно предположение, что оно будет металлического цвета?

О.В. Новицкий: Вопрос интересный, но ответ на него очень простой. МКС работает на высоте всего 400 с небольшим километров. В масштабах нашей Вселенной это настолько мизерное расстояние, что визуальные размеры и далеких звезд,



«Космический урок» дошел и до сельской школы

и планет, и Солнца практически не меняются. Единственное, нужно быть осторожным с последним, защищать глаза, чтобы не получить ожог и не повредить сетчатку. В остальном, включая цвета, все точно так же, как на Земле.

Ростислав Матюшов, седьмой класс: Что повлияло на ваш выбор профессии космонавта?

А.И. Борисенко: Желание стать космонавтом появилось в глубоком детстве, еще в четвертом классе, после прочтения прекрасной книги Г.М. Садовникова «Продавец приключений». Это космическая сказка, которая произвела на меня огромное впечатление. И потом я читал множество замечательных научно-фантастических книг — Станислава Лема, Рэя Брэдбери и других, что тоже добавило желания посвятить жизнь космическим полетам.

Елена Кусымбаева, десятый класс: Можете ли вы из космоса выходить в интернет? Можно ли вас найти в социальных сетях?

О.В. Новицкий: Нынешние технические возможности это позволяют. Но, как уже сказал Андрей, времени на это у нас почти нет, а скорость нашего «космического интернета» не очень велика и зависит от того, находится ли станция в зоне действия спутников связи. Но в целом такая возможность у нас есть и мы ею пользуемся. Так, по выходным нам организуют видеосвязь с близкими и членами семьи, и это замечательно. Что же касается социальных сетей — вот на них времени совсем не хватает. Поэтому вы можете постучаться к нам в друзья, но только когда мы вернемся на Землю.

За время общения с космосом принтер успел напечатать доверенную ему космическую деталь. Она была аккуратно изъята и передана представителю «Роскосмоса», чтобы он отправил ее с ближайшим грузовиком на борт МКС. Пока



От села Кожевникова до Томска чуть больше 100 км, а до МКС — около 400

3D-принтера там нет, небольшой запас качественного крепежа от томских школьников космонавтам не помешает.

Методическое сопровождение «Космических уроков» обеспечивает Томский государственный педагогический университет — первый за Уралом педагогический вуз России. Его ректор В.В. Обухов поздравил ребят с успешным началом уроков.

Космосельск

На следующий день «Космический урок» продолжился. Только не в Томске, а в самом южном, Кожевническом районе Томской области, в средней общеобразовательной школе № 2 села Кожевникова. Школа новая, светлая и просторная. На стенах — детские рисунки. В одном из классов собралось около 20 учеников разных возрастов. Здесь же установлен еще один 3D-принтер — почти полная копия того, что мы видели вчера в Томске. Как рассказала перед началом второго урока директор школы Н.А. Крайсман, принтер школьникам передали томские ученые, чтобы они на практике

ИНИЦИАТОРЫ ПРОЕКТА «КОСМИЧЕСКИЙ УРОК»

- Национальный исследовательский Томский политехнический университет СО РАН
- ГК «Роскосмос»
- ПАО «Ракетно-космическая корпорация “Энергия” им. С.П. Королева»
- Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
- Томский государственный педагогический университет
- Администрация Томской области
- ВГТРК «Томск»

осваивали новые космические технологии. Сегодня ребятам предстояло запустить его и напечатать еще одну деталь для отправки на орбиту.

— Самое главное, — сказала Н.А. Крайсман, — что в рамках этого проекта ученики могут воочию увидеть, каких вершин достигли в науке наши томские ученые, что Томск — это город науки, известный далеко за пределами Российской Федерации.

Ее поддержал член-корреспондент РАН, председатель президиума Томского научного центра СО РАН, директор дружественного Томскому политеху Института физики прочности и материаловедения СО РАН С.Г. Псахье:

— У вас в Кожевникове мы не в первый раз, — обратился он к школьникам. — Это очень важно, чтобы дети не только в больших городах, но и в провинции знали, что они могут участвовать в космическом эксперименте. И это только начало, в апреле пройдет следующий «Космический урок», посвященный юбилею запуска первого искусственного спутника Земли. Космос уже дано перестал быть местом лишь для избранных. Космическими проблемами занимаются не только ученые и инженеры, но и аспиранты, и студенты. А сегодня к этой деятельности подключаются еще и школьники. Это стало возможным благодаря тому, что у нас сформировалась команда. И в этой команде одну из ведущих ролей играет Томский политехнический университет, его студенты, преподаватели, ученые, сотрудники. Я поздравляю всех вас с тем, что вы присутствуете при очень важном событии: запуске инициативы, которая объединит нас всех. И мы увидим себя из космоса. Успехов нашим «Космическим урокам!»

Подготовил Валерий Чумаков



ЭВОЛЮЦИЯ

Вставая на крыло

Ископаемые останки
динозавров, давших начало птицам,
проливают свет на эволюционные
процессы, приводящие
к возникновению радикально новых
типов живых существ

Стивен Брюсатт



ОБ АВТОРЕ

Стивен Брюсатт (Stephen Brusatte) — палеонтолог из Эдинбургского университета в Шотландии. Изучает эволюцию динозавров, птиц и других животных.



Ранным предрассветным утром одного из холодных ноябрьских дней 2014 г. я с трудом протиснулся сквозь толпу людей, собравшихся на перроне пекинского вокзала, и пробрался в переполненный поезд. Мой путь лежал в Цзиньчжоу — город, находящийся в северо-восточной части Китая. Когда поезд тащился мимо больших заводов и подернутых утренней дымкой полей, я попытался вздремнуть. Но отключиться мне так и не удалось — слишком сильное я испытывал волнение. Судя по ходившим среди ученых упорным слухам, в месте назначения меня ожидало нечто невероятное — ископаемые останки таинственного существа, на которые наткнулся один из местных крестьян во время уборки урожая.

Через четыре часа я и мой коллега Цзюньчан Люй (Junchang Lü) — известный охотник за динозаврами из Китайской академии геологических наук в Пекине, попросивший меня о помощи в изучении ископаемого материала, — уже были в Цзиньчжоу. На вокзале нас встречала небольшая группа местных чиновников, вместе с которыми мы сразу же отправились в городской музей — ветхое здание на окраине города. С серьезным видом участников крупного международного саммита мы прошествовали по длинному коридору в один из музейных кабинетов, где на небольшом столе покоилась каменная плита. Именно так и состоялось мое знакомство с одной из самых фантастических окаменелостей в моей жизни — скелетом величиной с осла, чьи шоколадно-бурые кости четко выделялись на сероватом фоне песчаника.

Ножевидные зубы, острые когти и длинный хвост — все признаки явно указывали на то, что лежавшее передо мной существо было не только динозавром, но и близким родичем велоцираптора — кровожадного персонажа «Парка юрского периода». Однако китайский экземпляр отличался от «обычных» динозавров целым рядом особенностей. Его кости были легкими и полыми, ноги — длинными и тонкими, а тело покрыто несколькими типами перьев, включая крупные, налегающие друг на друга стержневые перья, которые, по сути дела, превращали передние конечности существа в крылья. Короче говоря, китайский динозавр обладал поразительным сходством с птицей.

Год спустя Люй и я описали этот скелет как новый вид динозавра, названный нами чжэньюаньлуном (Zhenyuanlong suni). Он стал последним

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Ученым известно, что птицы произошли от динозавров и, по сути дела, представляют собой одну из групп этих существ. Многочисленные окаменелости оперенных динозавров, найденные в Китае и других местах, позволяют в деталях воссоздать историю удивительного превращения тяжеловесных сухопутных чудовищ в небольших, изящно сложенных и способных к полету птиц.
- Новейшие методы анализа ископаемого материала помогли ученым окончательно выяснить, каким образом сформировался своеобразный план строения птичьего тела. Результаты наших исследований показывают, что уникальные признаки птиц возникали постепенно, на протяжении десятков миллионов лет, и с совершенно иными целями, чем те, которым они служат сегодня.
- Наши данные подкрепляют предположение, что эволюционные превращения одних групп животных в другие имели плавный и постепенный, а не быстрый, скачкообразный характер.



Оперенный динозавр чжэньюаньлун из Цзиньчжоу (Китай) — один из множества обнаруженных недавно образцов, наглядно подтверждающих предположение, что птицы произошли от тяжеловесных сухопутных предков

из многочисленных экземпляров оперенных динозавров, обнаруженных за два последних десятилетия в китайской провинции Ляонин. Эта замечательная серия ископаемых находок великолепно иллюстрирует чудесное превращение жутких древних ящеров в изящных современных птиц.

Значение данных окаменелостей для науки бесценно. Со времен Чарлза Дарвина ученые не переставали размышлять о том, каким образом эволюция порождает принципиально новые группы животных. Происходит ли это быстро — в результате возникновения неких необычных мутаций, способных чуть ли не в мгновение ока превращать прикованных к земной тверди тяжеловесных существ в легких небожителей? Или же новые группы животных формируются медленно, по мере того как организмы приспосабливаются к меняющимся на протяжении миллионов лет условиям внешней среды? Похоже, *Zhenyuanlong* и другие окаменелости из Ляонина и иных мест дают ученым ключ к решению загадки.

Переходные формы

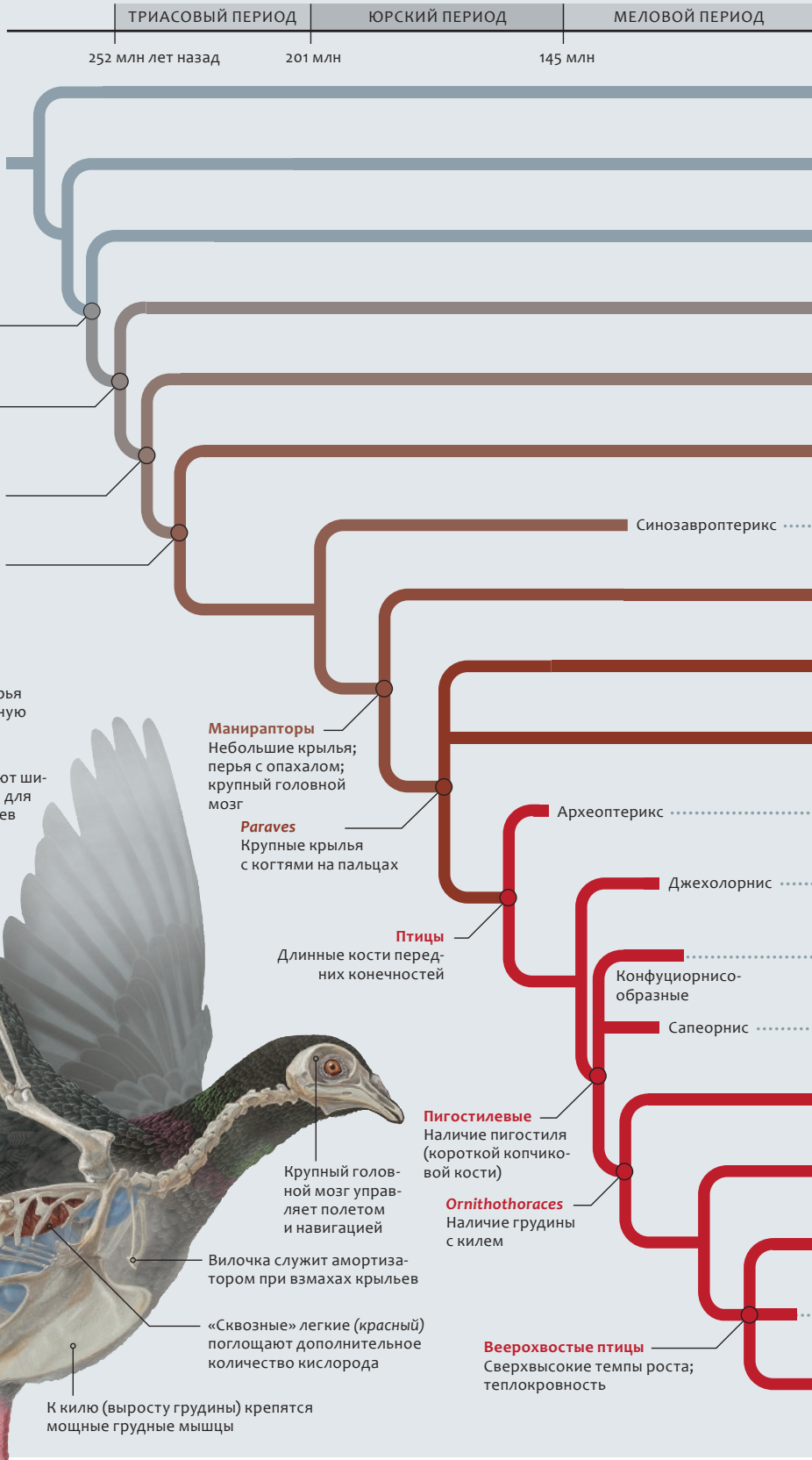
Птицы радикально отличаются от остальных современных животных целым набором уникальных признаков. Помимо особенностей, определяющих их способность к полету, они обладают высокой скоростью метаболизма, обеспечивающей их способность к невероятно быстрому росту, а также крупным головным мозгом, высоким интеллектом и великолепно развитыми органами чувств. По сути дела, птицы — настолько своеобразная группа животных, что вопрос об их происхождении давно ставил ученых в тупик.

Одну из первых попыток разгадать тайну происхождения пернатых сделал в 1860-х гг. английский биолог Томас Генри Гексли — один из ближайших друзей и горячих сторонников Дарвина. Всего через несколько лет после публикации Дарвином «Происхождения видов» (1859) рабочие одной из баварских каменоломен наткнулись на каменную плиту со скелетом необычного существа размером с ворону и возрастом 150 млн лет. Острые

ОТКРЫТИЯ

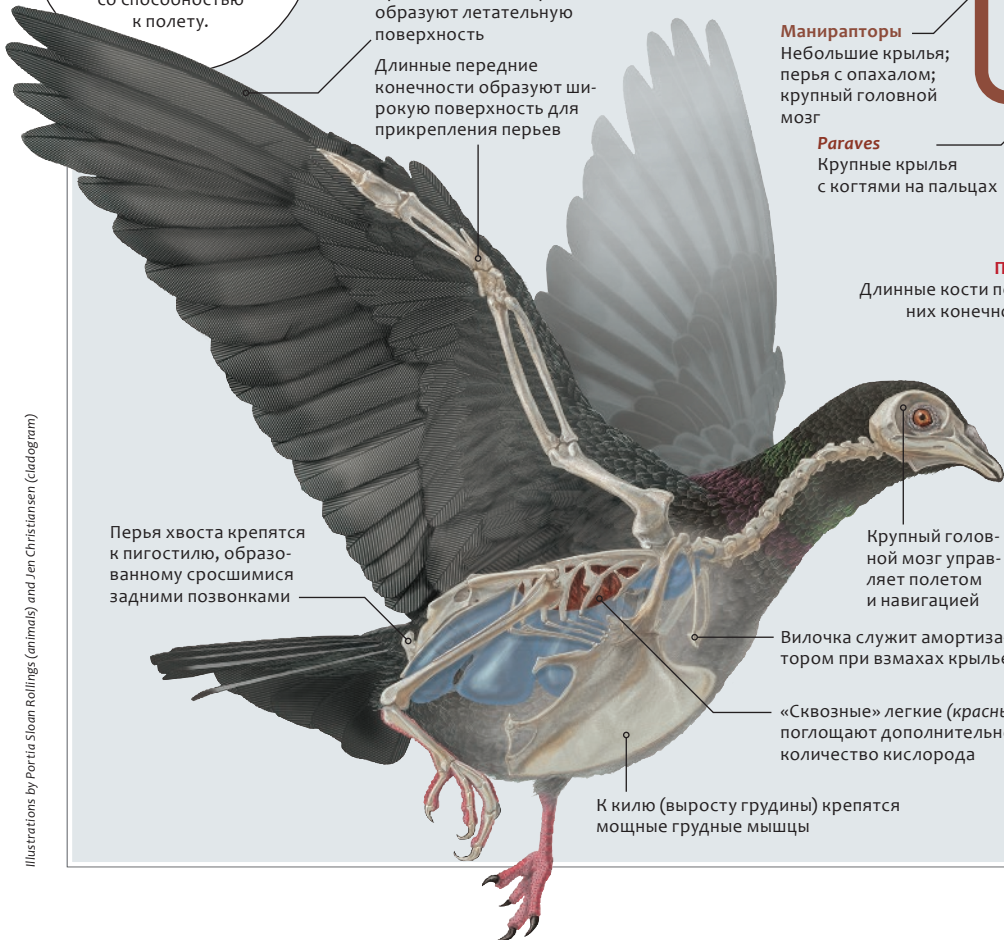
Плавное превращение

Ученые давно задаются вопросом, как эволюция порождает радикально новые группы живых существ. Ископаемые останки птиц и их предков-динозавров свидетельствуют о том, что превращение одних групп организмов в другие происходит очень медленно. Характерные признаки птиц формировались на протяжении десятков миллионов лет и во многих случаях с совершенно иными целями, чем те, которым они служат сегодня.

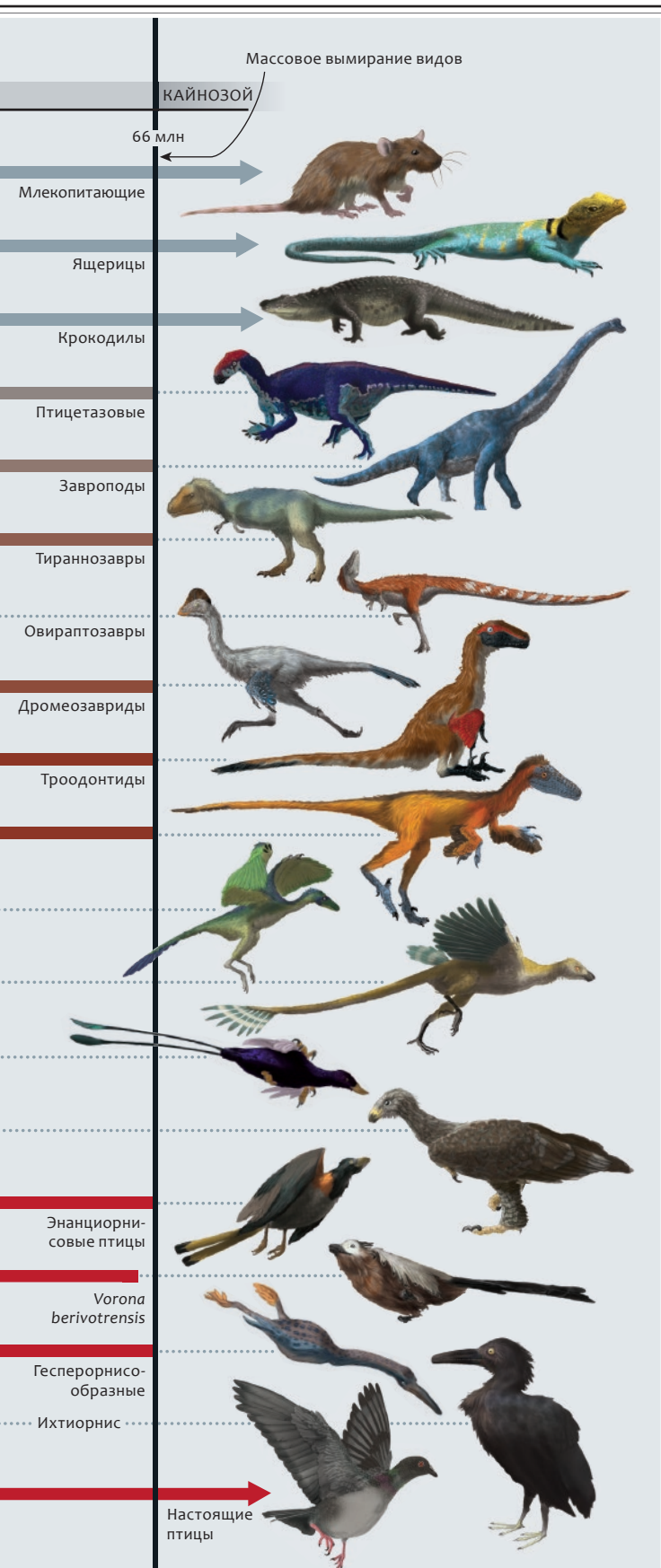


Неповторимая анатомия

Птицы отличаются от остальных современных животных множеством уникальных признаков. Многие из них связаны со способностью к полету.



Illustrations by Portia Sloan Rollings (animals) and Jen Christensen (cladogram)



когти и длинный хвост придавали ему сходство с рептилией, а перья и крылья — с птицей. Гексли сразу же понял, что маленький монстр, получивший название археоптерикса, сильно напоминал компсогнату и прочих небольших плотоядных динозавров, чьи окаменелости примерно в то же самое время стали также попадать в поле зрения ученых. Гексли предположил, что птицы произошли от динозавров. Многие ученые с ним не согласились, и ожесточенные споры по этому поводу не прекращались почти столетие.

Как часто случается в палеонтологии, вопрос в конечном итоге был решен благодаря новым ископаемым находкам. В середине 1960-х гг. палеонтолог из Йельского университета Джон Остром (John Ostrom) откопал на западе Северной Америки дейнониха — динозавра, обладавшего поразительным сходством с птицами. У него были длинные передние конечности, выглядевшие почти как птичьи крылья, и изящное телосложение, свойственное активным, энергичным животным. Остром предположил, что, возможно, это существо когда-то было оперенным. Ведь, в конце концов, если птицы и в самом деле произошли от динозавров, на каком-то этапе эволюционного процесса у них обязательно должны были возникнуть и перья. Но поскольку в распоряжении Острома оказались лишь кости животного, правильность такого предположения все-таки вызывала у него сомнения. К сожалению, перья и прочие мягкие части тела после смерти животных быстро разлагаются, а потому подвергаются окаменению крайне редко.

Но Остром не терял надежды и продолжал искать убедительные доказательства связи между динозаврами и птицами. И вот в 1996 г., когда на закате своей научной карьеры он посетил ежегодное заседание Общества палеонтологии позвоночных в Нью-Йорке, к нему подошел Филип Карри (Philip Currie), работающий в настоящее время в Альбертском университете Канады. Этот ученый, также занимавшийся птицеподобными динозаврами, только что вернулся из Китая, где ходило множество слухов о находке необычных окаменелостей. Карри достал фотографию и показал ее Острому. На снимке был запечатлен маленький динозавр, окруженный пушистым нимбом из перьев, прекрасно сохранившихся благодаря слою вулканического пепла, быстро покрывшего животное после его гибели. Посмотрев на фото, Остром расплакался. Наконец-то был найден оперенный динозавр!

Находка существа, показанного Карри Острому и позднее получившего название синозавроптерикса (*Sinosauropteryx*), вызвало настоящую лавину удивительных открытий. Подобно старателям во времена американской золотой лихорадки, ученые устремились в китайскую провинцию Ляонин, где оно и было обнаружено. Сегодня, спустя два

десятилетия после открытия синозавроптерикса, охотники за окаменелостями обнаружили в Ляонине уже более 20 видов пернатых динозавров. Среди них — и девятиметровые сородичи тираннозавров, покрытые волосовидными перьями, и травоядные рептилии размером с собаку, унизированные примитивными перьями, похожим на иглы дикобразов, и «планеристы» величиной с ворону, обладавшие полноценными «птичьими» крыльями.

Находки оперенных динозавров в Ляонине безоговорочно доказали, что птицы произошли от динозавров. Непосвященных людей, однако, такое утверждение может ввести в некоторое заблуждение: оно предполагает, что птицы и динозавры — две совершенно разные группы животных. На самом же деле птицы и есть динозавры: они представляют собой лишь одну из многочисленных подгрупп существ, ведущих свое происхождение от общего предка всех динозавров, и, следовательно, они динозавры в ничуть не меньшей степени, чем трицератопсы и бронтозавры.

Птицы — тероподы, то есть представители той же самой группы динозавров, к которой относятся такие свирепые плотоядные гиганты, как тираннозавр, аллозавр и спинозавр. Но ближайшие родственники пернатых — группа гораздо более мелких, проворных и сообразительных тероподовых динозавров

Кроме того, ляонинские окаменелости помогли ученым выяснить генеалогию птиц. Птицы — тероподы, то есть представители той же самой группы динозавров, к которой относятся такие свирепые плотоядные гиганты, как тираннозавр, аллозавр и спинозавр. Но ближайшие родственники пернатых — группа гораздо более мелких, проворных и сообразительных тероподовых динозавров, включающая велоцираптора, дейнониха и чжэньюаньлуна, которого Люй и я описали в Цзиньчжоу. Где-то внутри этой «стаи» оперенных видов животных и проходит граница между нептицами и птицами.

Огромное множество известных в настоящее время форм пернатых динозавров из провинции Ляонин и других мест позволяет современным ученым составить четкое представление об основных этапах эволюционного преобразования динозавров

в птиц. Для изучения найденных окаменелостей и другие палеонтологи используют богатый арсенал новейших технологий — компьютерную томографию, компьютерное моделирование, современные методы статистического анализа и т.д. Результаты подобных исследований позволяют нам шаг за шагом воссоздавать историю удивительного превращения динозавров в птиц, что, в свою очередь, приближает науку к решению стародавней загадки о том, как в природе возникают принципиально новые группы живых существ.

Эти загадочные перья

Главная загадка птичьей эволюции — возникновение перьев. Перья — визитная карточка этих существ. Один взгляд на распростертые крылья орла или развернутый веером роскошный хвост павлина — и нам сразу же становится ясно, какие перед нами животные. Это, конечно же, птицы, потому что перьев нет ни у млекопитающих, ни у рептилий, ни у каких-либо иных современных организмов. И здесь птицам можно лишь позавидовать! Перья — многофункциональные природные инструменты, позволяющие им летать, привлекать сородичей, отпугивать врагов, задерживать тепло у поверхности тела и согревать лежащие в гнезде яйца. Перья выполняют такое множество функций, что сразу и не скажешь, с какой целью они появились.

Но благодаря синозавроптериксу и другим ляонинским находкам одно можно сказать наверняка: перья возникли не вдруг и отросли они не у первых птиц, а начали развиваться гораздо раньше, еще у их прапредков-динозавров. Не исключено, что оперенным был даже общий предок всех динозавров. Но эти древнейшие перья выглядели совершенно иначе, чем крупные стержневые перья современных птиц. Оперение синозавроптерикса и многих других динозавров скорее походило на пух, состоявший из многих тысяч волосковидных нитей. Летать эти динозавры, разумеется, не могли — их перья были слишком мягкими, чтобы удерживать их в воздухе, к тому же у них даже не было крыльев. А значит, первые перья должны были появиться с какой-то иной целью — возможно, для защиты от холода.

Для большинства динозавров покров из перьев-щетинок оказался вполне достаточным. Но представители одной из их групп — тероподов-манирапторов — таким оперением не удовлетвоались. Их волосковидные перья начали удлиняться, а затем и ветвиться; сначала на них отросли

хохолки из еще более тонких нитей, а позднее они превратились в более сложные и упорядоченные конструкции, состоящие из боронок, отходящих в стороны от жесткого центрального стержня. Так возникло стержневое перо. Затем на передних конечностях эти сложные перья выстроились в ряд и стали черепицеобразно налегать друг на друга, образовав крылья. У некоторых из ляонинских динозавров (например, у микрораптора, не превосходившего размерами ворона и описанного Сюй Синем (Xu Xing) из пекинского Института палеонтологии позвоночных и палеоантропологии) в крылья превратились также ноги и хвост — «дизайн», не встречающийся ни у одной из современных птиц.

Зачем манирапторы решили превратить свой пуховый покров в крылья? На первый взгляд, ответ очевиден — для полета: форма тела данных динозавров становилась все больше похожей на самолет, а появившиеся у них крылья служили для создания подъемной силы. Но более внимательное изучение ископаемых останков свидетельствует об обратном. Хотя микрораптор и некоторые другие маленькие динозавры, возможно, и умели планировать в воздухе (что было продемонстрировано с помощью опытов в аэродинамической трубе и компьютерного моделирования Гаретом Дайком (Gareth Dyke) из Дебреценского университета в Венгрии), чжэньюаньлун из Цзиньчжоу и подобные ему существа были тяжеловесными животными с короткими передними конечностями и вели наземный образ жизни. Кроме того, ни один из этих крылатых динозавров не обладал необходимыми для полета крупными грудными мышцами и почти ни у кого из них не было стержневых перьев с жестким асимметричным опахалом, способных выдержать огромные силы, действующие на них во время полета.

Самые последние открытия свидетельствуют о том, что крылья появились у динозавров с совершенно иной, менее очевидной целью — для демонстративного поведения. На это, например, указывают работы Джейкоба Винтера (Jakob Vinther) из Бристольского университета (Англия), который с помощью мощных микроскопов изучает меланосомы (клеточные органеллы, содержащие пигменты) в ископаемых перьях динозавров. Судя по всему, перья нелетающих крылатых динозавров были окрашены во все цвета радуги. Некоторые из них даже отливали металлическим блеском, подобно перьям современных ворон. Такая сверкающая экипировка служила идеальным инструментом для привлечения партнеров и запугивания соперников.

Бросающееся в глаза великолепие перьев породило принципиально новую гипотезу происхождения крыльев: они возникли как своего рода рекламные щиты на передних конечностях, ногах

и хвосте. А затем эти динозавры с крыльями-украшениями неожиданно обнаружили, что их широкие «билборды» обладают и аэродинамическими функциями. Иным словами, в воздух эти существа поднялись по чистой случайности. Не исключено, что крылья одновременно появились у разных представителей группы манирапторов — по мере того как динозавры скакали по земле, запрыгивали на деревья и перепрыгивали с одних веток на другие. В конце концов представители одной из линий манирапторов сильно уменьшились в размерах, обзавелись крупными грудными мышцами и сверхдлинными передними конечностями, а также утратили длинные хвосты, то есть постепенно превратились в современных птиц.

Плавная эволюция

Возникновение перьев и крыльев — событие, отражающее гораздо более общую эволюционную закономерность. Строение ляонинских динозавров указывает на то, что и многие другие, якобы исключительные особенности пернатых на самом деле возникли за миллионы лет до появления самих птиц и по причинам, никак не связанным с полетом.

Длинные прямые ноги и задние лапы с тремя относительно тонкими главными пальцами, свойственные большинству современных птиц, впервые появились более 230 млн лет назад у самых примитивных динозавров. Их возникновение можно рассматривать как один из аспектов общего превращения тела динозавров в прямоходящую, быстро передвигающуюся конструкцию, способную догонять жертв и убегать от врагов. Такие особенности задних конечностей — одна из уникальных характеристик всех динозавров, которая и помогла им править миром в течение столь длительного времени. У некоторых из них — древнейших представителей династии тероподов — левая и правая ключицы срослись в новую скелетную структуру — вилочковую кость (вилочку). Такое, казалось бы, незначительное изменение стабилизировало плечевой пояс и способствовало смягчению ударов, когда эти незаметные, размерам с собаку хищники захватывали добычу. Впоследствии птицы научились использовать вилочку в качестве пружины, амортизирующей резкие толчки при взмахах крыльев в полете.

Такие особые и важные для полета характеристики птиц, как полые кости и способность к быстрому росту, на самом деле тоже появились еще у динозавров. Кости с воздушными мешками внутри имелись у многих динозавров, а этот признак может указывать и на то, что они обладали и «сквозными» легкими, способными поглощать из воздуха кислород как на вдохе, так и на выдохе. Между тем микроскопическая структура костей

динозавров свидетельствует о том, что темпы роста и скорость жизненных процессов у них занимали промежуточное положение между этими характеристиками у медленнорастущих холоднокровных рептилий и быстрорастущих теплокровных современных птиц. Таким образом, сегодня ученые твердо знают, что «сквозные» легкие и способность к быстрому росту возникли более чем за 100 млн лет до появления птиц, когда первые длинноногие, быстро бегавшие и энергичные динозавры объявили войну за мировое господство апатичным амфибиям, ящерицам и крокодилам.

Небольшие размеры и изящное телосложение птицы тоже унаследовали от динозавров, обитавших на планете задолго до их появления на свет. Майк Ли (Mike Lee) из Университета Флиндерса в Австралии и Роджер Бенсон (Roger Benson) из Оксфордского университета независимо друг от друга установили, что тенденция к постепенному уменьшению размеров началась еще у манирапторов, а продолжалась она более 50 млн лет. Какие факторы стимулировали такой курс, ученым пока неясно, но, возможно, небольшие размеры позволили оперенным динозаврам освоить новые экологические ниши — кроны деревьев и кустарников, а быть может, даже и подземные пещеры и норы, недоступные для таких гигантов, как брахиозавры и стегозавры.

Современные птицы обязаны динозаврам и своими неврологическими и поведенческими характеристиками. Об их древнем происхождении свидетельствуют ископаемые находки в пустыне Гоби (Монголия), сделанные за последние четверть века совместной группой палеонтологов из Американского музея естественной истории (АМЕИ) в Нью-Йорке и Монгольской академии наук. Во время ежегодных летних экспедиций под руководством Марка Норелла (Mark Norell) и Майка Новачека (Mike Novacek) из АМЕИ было собрано множество окаменелостей, относящихся к концу мелового периода (84–66 млн лет назад), позволивших ученым получить детальное представление о жизни динозавров и ранних птиц. Среди находок — хорошо сохранившиеся черепа велоцираптора и других оперенных манирапторов. Как показало изучение этих образцов с помощью КТ, проведенное Эми Баланофф (Amy Balanoff) из Университета Стони-Брук, животные обладали крупным головным мозгом с хорошо развитыми передними отделами. А именно головной мозг и делает птиц такими сообразительными существами, позволяет им мастерски управлять полетом и ориентироваться в трехмерном воздушном пространстве. Исследователи пока не знают, зачем этим динозаврам потребовался столь высокий интеллект, но найденные окаменелости явно указывают на то, что предки птиц «поумнели» задолго до того, как поднялись в небеса.

Чудесное преобразование

Преобразование динозавров в птиц происходило настолько постепенно, что каких-либо четких различий между нептицами и птицами попросту не существует. Именно это я и пытался продемонстрировать в 2014 г. с помощью статистических методов. Исследования, по сути дела, стали продолжением моей докторской диссертации, выполненной под руководством Марка Норелла. Норелл, я и еще двое наших коллег — Грэм Ллойд (Graeme Lloyd) из Лидского университета (Англия) и Стив Ван (Steve Wang) из Суортмор-колледжа (США) — создали базу данных из более чем 850 характеристик скелета примерно 150 тероподов, представлявших собой переходные формы между динозаврами и птицами. Затем, используя многомерный статистический анализ, каждый из этих видов существ мы отображали в виде точки в так называемом морфопространстве, создавая своего рода карту, позволяющую группировать виды на основании процентного соотношения свойственных им общих признаков. Два вида, сходных друг с другом в анатомическом плане, располагаются на морфологической карте в такой же близости, как Чикаго и Индианаполис на географической карте, а виды с сильно различающимися скелетами стоят на ней друг от друга так же далеко, как Чикаго и Финикс. Если бы птицы произошли от динозавров в результате серии быстрых радикальных мутаций, стремительно породивших существ совершенно иного типа, то эти две группы животных располагались бы в разных частях нашей карты. Но построенное нами морфопространство представляло собой сплошную мешанину: птицы здесь были «вкраплены» в самые разные участки огромного «облака» из динозавров. Никакого четкого разделения между этими существами не отмечалось, а это указывает на то, что превращение динозавров в птиц происходило очень медленно, почти незаметно.

Таким образом, птицы — всего-навсего один из типов динозавров. Если бы 125 млн лет назад я находился где-нибудь в окрестностях современного Цзиньчжоу и увидел хлопающего крыльями чжэньюаньлуна, я наверняка принял бы его за некую неведомую птицу. Лично я рассматривал бы динозавров и птиц как существ одного порядка. А формальная категоризация того или иного животного в качестве динозавра, а не птицы, скорее жиждется на научных традициях и условностях: слишком долго палеонтологи определяли птиц как существ, ведущих свое происхождение от наиболее поздних общих предков археоптерикса и современных пернатых, представлявших собой по преимуществу животных с полноценными крыльями и способных к полету.

Но «подрывать авторитет» птиц тоже не следует. Хотя птицы и не формируют особый класс животных, а оказываются всего-навсего одной из групп

динозавров, они обладают огромным своеобразием. Птицы освоили совершенно особый образ жизни и благодаря этому составляют сегодня одну из самых эволюционно успешных групп живых существ, насчитывающую около 10 тыс. видов фантастически разнообразных животных, которая включает и гигантских страусов, и крошечных колибри. Что еще важнее, птицы сумели уцелеть после катастрофы, обрушившейся на Землю 66 млн лет назад и уничтожившей всех остальных динозавров.

Выживание птиц во время катастрофических событий помогает объяснить проведенное моими коллегами и мной статистическое исследование. Выполняя работу, мы воспользовались нашей большой базой данных для оценки темпов эволюции животных, а именно скорости, с какой птицы и их родственники-динозавры изменяли характеристики своего скелета — показателя, который можно считать мерилем эволюционной жизнеспособности организмов. Полученные результаты вызвали у нас удивление. Древнейшие птицы, жившие бок о бок со своими предками-динозаврами, эволюционировали гораздо стремительнее, чем велоцираптор, чжэньюаньлун и другие нептицы. Создается впечатление, что как только завершалась

«сборка» маленького, способного к полету динозавра, происходила своего рода разблокировка какого-то невероятно мощного эволюционного потенциала животного. Так маленькие крылатые динозавры получили доступ к новым экологическим нишам и возможностям. И если нелетающие динозавры не смогли пережить апокалиптический кошмар, наступивший на Земле в конце мелового периода после ее столкновения с гигантским астероидом, то птицы благополучно промчались сквозь него на крыльях эволюционных инноваций. ■

Перевод: В.В. Свечников

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Gradual Assembly of Avian Body Plan Culminated in Rapid Rates of Evolution across the Dinosaur-Bird Transition. Stephen L. Brusatte et al. in *Current Biology*, Vol. 24, No. 20, pages 2386–2392; October 20, 2014.
- A Large, Short-Armed, Winged Dromaeosaurid (Dinosauria: Theropoda) from the Early Cretaceous of China and Its Implications for Feather Evolution. Junchang L and Stephen L. Brusatte in *Scientific Reports*, Vol. 5, Article No. 11775; July 16, 2015.



Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

Благодаря гравитационным волнам астрономы и астрофизики получили возможность не только видеть, но и «слышать» Вселенную

Компьютерное моделирование поможет «опознать» причину болезней Альцгеймера и Паркинсона

В России будет построена первая в мире специализированная медицинская установка для бор-нейтронозахватной терапии самых агрессивных раковых опухолей

Генно-модифицированные линии культивируемых клеток человека заменят подопытных лабораторных животных

Разную скорость реакции на факторы внешней среды и способность к социальной коммуникации у европеоидов и монголоидов могут вызывать различия в гене, кодирующем белок-транспортёр «гормона счастья» серотонина

www.scfh.ru



Академик Рамил Хабриев:

Курс на активное долголетие

ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

Во время разговора с академиком **Рамилом Усмановичем Хабриевым** я вспомнил слова знаменитого кардиолога академика Е.И. Чазова: «Тыходишь в годы, которые называют старостью. Не знаю, кто как, а я не заметил, когда вошел в эти годы, и согласился с Гете, заявившим: "В старости надо

больше делать, чем в молодости"».

Рамил Усманович на это ответил: «Мой коллега, бесконечно уважаемый Евгений Иванович, конечно же прав. Как и великий Гете. Вот только слово "старость" я не люблю — предпочитаю использовать другие, более емкие и точные, как мне кажется, а именно "третий возраст"».



Академик Р.У. Хабриев

— **Вы директор Национального научно-исследовательского института общественного здоровья им. Н.А. Семашко. Странное название. Что значит «общественное здоровье»?**

— На этапе создания он назывался «Институт социальной гигиены и организации здравоохранения». Потом наверху посчитали, что у нас нет социальной гигиены, только организация здравоохранения. Чуть позже появились понятия «экономика здравоохранения» и «история медицины». Сейчас институт переживает реорганизацию: к нам присоединяется Институт истории медицины, нам передают фонды Российского музея медицины, более 15 лет пролежавшие в подвалах на Солянке,

медфильмофонд и фундаментальную библиотеку. Думаю, лучше всего назвать наш институт так: Федеральный исследовательский центр «Институт Семашко». Это бренд, который хорошо известен. В мире Н.А. Семашко знают как основоположника системы профилактики заболеваний. Именно с него начинается отношение к охране здоровья как межотраслевой проблеме. Его идеи реализованы во многих странах. У нас, к сожалению, не в полной мере.

— **Вы единственный научный центр в стране, который несет ответственность за здоровье нации. На что следует обратить внимание, чтобы предостеречь народ от беды?**



Интересный досуг важен в любом возрасте

— Мы стараемся это делать. Находясь вне системы здравоохранения как отрасли, мы изучаем более широко проблемы охраны здоровья. Именно с этих позиций и разрабатываем свои концепции и предложения.

— Здоровье нации складывается из многих элементов.

— Безусловно. Или по возрастам можно говорить, или по социальному статусу.

— Совсем недавно шел разговор о том, что Россия вымирает.

— Да, такие опасения были.

— Что вы рекомендовали?

— Безусловно, приоритетом должна быть доступность медицинской помощи, а также профилактика и формирование здорового образа жизни. Необходимо нивелировать негативные факторы, которые влияют на здоровье. Но это очень дифференцировано, в зависимости от экономической ситуации в стране. Нужно учитывать географическое положение регионов, экологическую ситуацию и т.д. То есть следует анализировать очень много факторов, которые определяют здоровье нации, имея в виду и среднюю продолжительность жизни, и показатели здоровья. Всемирной организации здравоохранения приписывается расхожее определение: примерно 10–15% здоровья нации зависят от состояния медицины, порядка 50% — это здоровый образ жизни и биогенетика, 20–30% здоровья связаны с экологией.

— Хоть в этом нам повело: из-за упадка промышленности экология в России улучшилась...

— Конечно, это сыграло свою роль, но другие факторы ухудшились. Если же говорить о предотвращении демографической катастрофы, очень большой

вклад внесли медики, прежде всего борьбой за здоровье детей. Это был один из главных приоритетов. На решение проблемы были направлены средства, специалисты, координировалась работа разных ведомств. И это принесло успех. Например, такие важнейшие индикаторы, характеризующие здоровье нации, как материнская и младенческая смертность, по динамике не могут не произвести впечатления, практически ни одна страна таких темпов снижения не имела: с начала 2000-х гг. материнская смертность снизилась почти в четыре раза, а младенческая — почти в три раза!

— И детская онкология тоже?

— Когда детская онкология, онкогематология только начинали формироваться как самостоятельные специальности, показатели выживаемости детей, раннего выявления этих заболеваний были очень плохими по сравнению с мировыми показателями. Но сегодня наши дети лечатся по тем же протоколам, что и в мире, и эффективность лечебного процесса примерно такая же, как в передовых странах.

— Значит, дела с детским здравоохранением более или менее налаживаются?

— По крайней мере, динамика хорошая. Но сегодня большое значение имеет популяционная оценка здоровья детей. В свое время наш институт этим занимался. Существовали так называемые стандарты физического развития, которые составлялись выборочно по всей территории Советского

По данным Всемирной организации здравоохранения, примерно 10–15% здоровья нации зависят от состояния медицины, порядка 50% — это здоровый образ жизни и биогенетика, 20–30% здоровья связаны с экологией

Союза, и по ним можно было оценить уровень развития детей — насколько они соответствуют климатической зоне, национальной принадлежности и т.д. Таблицы составлялись с учетом особенностей каждого региона. Сегодня такие исследования, к сожалению, не проводятся. Единственный критерий показателей физического развития — так называемый индекс массы тела. Но, пользуясь только им, сложно оценить степень влияния отдельных факторов, специфических для нашей страны, — огромная территория с серьезными географическими, климатическими, этническими и прочими особенностями.

— **Опять калька с Запада?**

— Конечно. Мы планируем начать работу по своим методикам. Она позволит представить состояние здоровья детского населения в целом по России. И не только детского. Часто говорят о необходимости мониторинга здоровья всего населения. Это очень сложная проблема. У нас сегодня существует порядка 11–12 различных мониторингов — экологические, санитарно-гигиенические, радиационные и т.д., которые так или иначе связаны с влиянием на здоровье. Но они не стыкуются друг с другом, данные мониторингов комплексно не оцениваются. Поэтому мы сегодня говорим о заболеваемости, инвалидности, смертности. Но ведь это показатели нездоровья! А нужна информация прямо противоположная, и нужен мониторинг здоровья нации. Его следует быстро организовать, охватить всю страну, чтобы судить о реальной ситуации со здоровьем нации. Начать можно с детского населения.

— **Перейдем к взрослому, трудоспособному населению. Каково положение с ним?**

— 1990-е гг. характеризовались резким ростом инфарктов и инсультов. К счастью, усилиями медиков удалось остановить трагическое развитие событий. У нас смертность в трудоспособном возрасте существенно снизилась и снижается, за десять лет начиная с 2005 г. с 8,3 до 5,4 промилле. Не такими темпами, конечно, как материнская или детская смертность, но тенденция положительная.

— **Если бы вам предложили бессмертие, вы бы согласились?**

— Нет. Во-первых, против законов природы не пойдешь. Зачем выбирать то, чего нет и не может быть? Во-вторых, если и говорить о долголетьи, то надо говорить об активном долголетьи, о том, чтобы эти годы были годами счастья, радости.

— **Как только уходишь на пенсию, сразу становишься не нужен обществу. Не кажется ли вам, что это одна из самых главных болевых точек современной жизни? Что по этому поводу думает наука?**

— Мы с вами счастливые люди, так как до сих пор имеем возможность заниматься любимым делом, не лишены радости общения с коллегами и возможности видеть результаты своего труда. А вообще вы затронули очень большую тему. Если говорить об эффективности мер по охране здоровья этой когорты населения, важный показатель свидетельствует о том, что мы явно этим не занимаемся. У нас за этот период сократилась продолжительность жизни до 60+ лет.

— **То есть человек уходит на пенсию и вскоре умирает?**

— Умирать стали раньше, чем даже в 1990-е гг. Сейчас в этом возрасте мы живем на целый год меньше, чем в начале становления нашей страны.

Мы во многом утратили систему социальной поддержки людей, которая существовала. Даже посиделки стариков во дворе утрачены, а они тоже им помогали, пожилые люди могли общаться, поддерживать друг друга

Во всем мире наоборот: там — прибавка за этот период до четырех лет. Думаю, причин тому достаточно много. Есть те, что связаны со здравоохранением: мало уделяется внимания «третьему возрасту». Ресурсы нужны, но они были отвлечены на другое. Собственно, мы только сейчас заговорили о становлении геронтологии как специальности, как системы оказания помощи пожилому населению. Мы во многом утратили систему социальной поддержки людей, которая существовала. Даже посиделки стариков во дворе утрачены, а они тоже их поддерживали, пожилые люди могли общаться, поддерживать друг друга. А сегодня где они могут общаться? Сидят по своим квартирам, если они у них есть. У нас меры социальной поддержки нацелены только на одну небольшую категорию населения — инвалидов и людей, оставшихся без попечения родственников, которые помещаются в специальные дома престарелых.

Недавно обнаружил шокирующие цифры. Смотрите, мы имеем всеобщую систему здравоохранения. В рамках Программы государственных гарантий она бесплатная. О ее качестве пока не будем говорить, но доступная медицинская помощь у нас обеспечена, и это одно из главных достижений. У нас и система образования всеобщая, и при соответствующих подготовке, стремлении, желании мы можем ее получить в полном объеме за счет государства.

Кроме этого создана инфраструктура для оказания платных услуг и в системе образования, и в системе здравоохранения. И ими население пользуется. Есть робкие попытки создать нечто в рамках социальной помощи, оказываемой пожилым и инвалидам, как услугу, там, где ее невозможно получить за счет средств государства. И что же получается? Оказывается, объем услуг по социальной поддержке престарелых и инвалидов в 30 с лишним раз меньше, чем в здравоохранении и образовании. И самое показательное —



Главное — не терять связь поколений

не хотел говорить, но скажу! — это копейка в копейку соответствует затратам на оказание ветеринарной помощи братьям нашим меньшим. Без комментариев.

— Я не менее потрясен. Что же нужно сделать, чтобы использовать гигантский интеллектуальный потенциал людей, которые находятся в «третьем возрасте»?

— История науки свидетельствует, что выдающиеся ученые совершали открытия и в «третьем возрасте». Потенциал этого поколения очень серьезный. Он еще в большей степени должен быть задействован в воспитании подрастающего поколения. Это должно начинаться в семье. Если мы потеряем связь поколений — родителей и детей, бабушек и внуков, — это будет самая большая потеря. И здесь государство и бизнес должны пойти навстречу друг другу и создать соответствующую инфраструктуру для такой социальной помощи и реабилитации. Надо поддерживать трудовые коллективы, которые заботятся о своих ветеранах. Ведь у нас на историческом переломе многие ведущие промышленные предприятия-гиганты сменили собственников, и нить, связующая с прошлым, оборвалась. А ее рвать нельзя!

Слава богу, в академии наук этого не случилось. Но и мы стоим перед очень серьезной проблемой. Сегодня в рамках действующего закона,

ограничивающего возраст руководителя, идет большая смена в научных организациях. Плюс реорганизация в учреждениях, подведомственных ФАНО, связанная с оптимизацией сети, что по сути-то правильно, но тоже вызывает приток варягов, смену руководителей этих организаций. И не факт, что связь поколений в рамках научных организаций сохранится. Я считаю, что должен быть сигнал руководителям государственных и частных компаний от власти, — мол, посмотрите на своих ветеранов, в каком они состоянии, в чем нуждаются и чем могут вам помочь. Это, может быть, одно из главных богатств нашей страны, но во власти не все это понимают.

— Это одно из условий здоровья нации?

— Безусловно. Это одна из самых больных точек. Упустив социальную поддержку этой категории, мы получим очень большие траты в системе здравоохранения. У нас не было расчетов, связанных с расходами на оказание медицинской помощи по разным возрастным группам, но в мире достаточно много таких сведений. Например, по данным американских страховых компаний, затраты на медицинскую помощь пенсионеру в три раза выше, чем помощь работающему человеку. В Великобритании, насколько я помню, расходы на медицинскую помощь 80-летних в девять раз превышают расходы на 50-летних и в 18 раз больше, чем на 30-летних.

Демографы говорят, что к 2050 г. доля лиц в возрасте 60+ удвоится. Лучше сейчас выделять средства на меры социальной поддержки, чем тратить их потом на оказание медицинских услуг

Вывод очевиден: не будем заботиться о «третьем возрасте» — будем расплачиваться за это экономически. А у нас сейчас идет процесс старения населения. Впрочем, как и во всем мире. Демографы говорят, что к 2050 г. доля лиц в возрасте 60+ удвоится. Лучше сейчас выделять средства на меры социальной поддержки, чем тратить их потом на оказание медицинских услуг уже в рамках стационара.

— Почему же об этом не говорится в документах, связанных с медициной, которых принимается множество?

— Проще получать моментальный эффект. Когда мы говорим об эффективной системе здравоохранения как отрасли, то, например, ссылаемся

на среднюю продолжительность жизни. Да, она возросла. Да, система здравоохранения имеет ресурсы, чтобы этот показатель рос. Но на самом деле он своим ростом откликнулся на снижение младенческой смертности и снижение смертности в трудоспособном возрасте. По старшему же поколению ситуация иная. Мы с самых высоких трибун говорим, что во столько-то раз увеличили высокотехнологическую медицинскую помощь. Да, высокотехнологическая медицинская помощь (ВМП) стала доступнее, но это хорошо или плохо, как вы считаете?

— **В частном случае — хорошо, а в целом — свидетельство того, что болеет все больше и больше людей.**

— Мы оперируем совершенно разными понятиями, говорим о разных методиках и диагностиках лечения и все это — ВМП. Во многих случаях такая помощь оказывается, допустим, больному со злокачественным образованием четвертой стадии. Завтра она уже не нужна. А гораздо важнее было бы, чтобы больные не доходили до необходимости оказания таких высокотехнологических видов помощи. Лучше более экономичными методами предотвращать развитие патологии, при которой необходимо оказывать эту высокотехнологическую помощь. Сегодня уже многие клиницисты осознают: высокие объемы ВМП — это может быть показателем брака первичной и специализированной медицинской помощи.

— **А сердечно-сосудистые заболевания?**

— Мы гордимся количеством шунтирований, которые провели, но гораздо лучше не доводить до них.

— **Сейчас по телевидению часто собирают деньги на лечение за границей наших ребятишек. Не видите ли вы в этом безразличность? Неужели наше государство не может им помочь?**

— Абсолютно с вами согласен. Мы говорим, что возрождается благотворительность, люди откликаются, при необходимости собирают достаточно средств. И я не могу упрекнуть тех, кто собирает. Но на самом деле для системы это позор. Во-первых, многие болезни мы можем лечить. Во-вторых, если что-то не можем, то государство должно само исправлять свои ошибки, недостатки собственного здравоохранения нельзя перекладывать на жителей страны — их вины в том нет.

— **Много ли болезней у нас не лечится?**

— Безусловно, есть технологии, которые пока используются только за рубежом. Но, опять же, зачем везти больных туда? Если уж мы хотим эту технологию внедрить у себя, давайте пригласим этого чудо-ученого, пусть он обучит наших специалистов. Но у нас и статьи-то расходов нет такой, и, к сожалению, кроме частных клиник это

даже теоретически невозможно сделать. Пригласить такого специалиста в государственную клинику и профинансировать его услуги по трансферу технологий никто не сможет. Будем надеяться, что и в этой области ситуация изменится.

На базе нашего института ФАНО организовано экспертный совет. И идея у них была хорошая: пропускать через нас госзадания, чтобы мы оценивали разработку новых технологий и давали свое заключение, во-первых, о целесообразности разработки этой технологии, во-вторых, о степени ее эффективности, когда она будет разработана. Идея хорошая, но на такую экспертизу отводится буквально два-три дня. Провести анализ за подобный срок невозможно. Думаю, организационный период пройдет — и мы всерьез будем заниматься этой работой. По крайней мере в том, что касается оценки технологий здравоохранения.

— **Надеюсь, вы будете опираться на «третий возраст»?**

— Конечно. Этот потенциал в экспертной работе незаменим: без старшего поколения нет будущего, да и слова великого Гете забывать не следует. А для того, чтобы делать больше, чем молодым, в «третьем возрасте» есть все возможности. ■

Беседовал Владимир Губарев





Терапия сердца

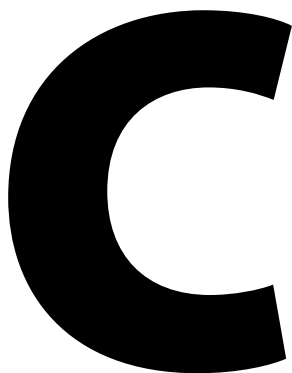
КАРДИОЛОГИЯ

Мобилизация
целительного
потенциала сердца
может предотвратить
инфаркт и уменьшить
боль при серьезном
сужении коронарных
артерий

Габор Рубани

ОБ АВТОРЕ

Габор Рубани (Gabor Rubanyi) — врач, один из основателей фирмы *Angionetics*, которая занимается разработкой метода генной терапии, направленной на образование новых кровеносных сердечных сосудов.



Сердце человека ежедневно совершает более 100 тыс. ударов, выталкивая около 9 тыс. л обогащенной кислородом крови в аорту и направляя ее во все остальные кровеносные сосуды тела. Примерно 5% этого потока проходят через два основных проводящих пути — коронарные артерии, откуда кровь поступает в ветвящуюся сеть мелких кровеносных сосудов, питая каждое волокно сердечной мышцы.

Когда кровяной сгусток или отложение холестерина на стенках коронарных артерий перекрывает поток крови в одном или нескольких местах, клетки сердечной мышцы перестают получать кислород и питательные вещества. Если ток крови не восстановится в течение короткого времени, соответствующая часть сердечной мышцы отмирает — у больного произойдет инфаркт. В зависимости от скорости распространения повреждения возникают перебои в работе сердца, либо оно вообще останавливается и человек умирает.

Поскольку клетки сердечной мышцы погибают не сразу после того, как перестают получать кислород, многих из них можно спасти, немедленно доставив пациента в больницу, где врачи смогут предотвратить необратимые изменения. В частности, можно устранить сужение артерий с помощью шунтирования или создать обходные пути, минуя пораженный участок. Эти процедуры помогают избежать инфаркта и уменьшают боли, часто возникающие при серьезном сужении артерий, но они эффективны не всегда и нередко создают новые проблемы.

Известно, что у сердца есть свои способы справиться с блокадой коронарных артерий. Оно создает каналы, называемые коллатеральными, по которым

кровь направляется к обедненным кислородом областям сердечной мышцы. Коллатерали присутствуют у человека с рождения, но в норме кровь по ним не циркулирует. Они разрастаются и могут появляться дополнительно при серьезных нарушениях кровоснабжения сердца по тем или иным причинам, но только в течение нескольких недель. У пациента с хорошо развитой системой коллатералей кровоснабжение по ней может поддерживать сердце в нормальном состоянии даже при полностью перекрытых артериях. Но чаще коллатеральная циркуляция недостаточно эффективна.

Целый ряд исследователей — и я в их числе — уже не один десяток лет занимаются поисками способов стимуляции образования новых коллатералей, обеспечивающих адекватное кровоснабжение сердца пациентов в случае необходимости. За это время все наши попытки, включая инъекции в сердечную мышцу различных белков, специфических генов и клеток, не привели к результату, который полностью бы нас удовлетворил. Но в последние несколько лет нам удалось существенно усовершенствовать наши подходы. Некоторые из них сейчас проходят клинические испытания.

В случае успеха первыми испытают облегчение пациенты, страдающие от болей в сердце, которые

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Сердце человека может при определенных условиях образовывать новые кровеносные сосуды. Эти так называемые коллатерали часто спасают пациента от смерти при инфаркте миокарда, снабжая кровью поврежденную область сердечной мышцы.
- По невыясненным пока причинам организм большинства больных с сердечно-сосудистыми патологиями не способен сформировать полноценную систему коллатеральной циркуляции.
- Для активации процесса сегодня пытаются использовать генную и клеточную терапию. В случае успеха она поможет избавить пациентов от болей в сердце и предотвратит инфаркт.

ПЛАН ДЕЙСТВИЙ

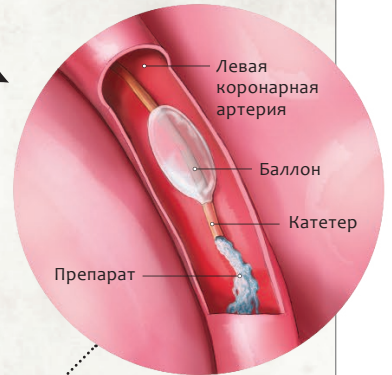
Новые методы кардиотерапии

При определенных условиях в сердце начинают образовываться новые кровеносные сосуды. Чтобы подстегнуть этот регенеративный процесс и восстановить тем самым кровоснабжение пораженной области сердечной мышцы, прерванное вследствие закупорки сосудов атеросклеротическими бляшками или сгустками крови, пытаются использовать генную терапию. В случае успеха этот метод избавит больных от болей в груди, часто возникающих при дефиците кислорода в той или иной области сердца.

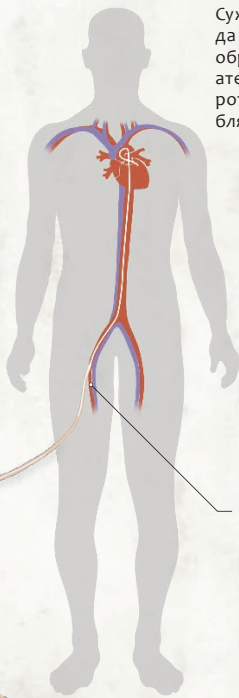
1 Чтобы улучшить кровоснабжение сердца, нарушенное вследствие блокирования кровотока в одной из коронарных артерий (в данном случае — в правой), в бедренную артерию (здесь — в левую) вводят катетер, содержащий терапевтический ген.



Сужение сосуда вследствие образования атеросклеротической бляшки



2 Препарат вводят перед расширенным баллоном, на короткое время перекрывающим кровоток, что облегчает переход препарата из сосуда в сердечную мышцу.



Бедренная артерия

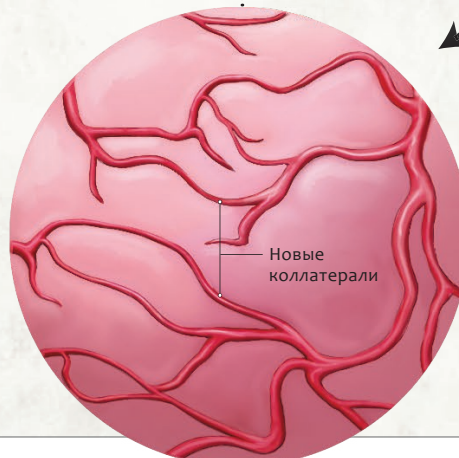
Правая коронарная артерия

Аорта

Левая коронарная артерия

Область с плохо развитой системой коллатералей

Шприц с терапевтическим геном



Новые коллатерали

3 Продукт, кодируемый инъектированным геном, стимулирует образование новых коллатералей в обедненной кислородом пораженной области сердечной мышцы. Помимо этого, он способствует превращению уже имеющихся коллатералей в артерии среднего размера.

появляются при физической нагрузке, когда коронарные артерии, забитые бляшками, перестают справляться со своей работой. По разным причинам стандартная медикаментозная терапия, ангиопластика и хирургическое вмешательство не помогают многим пациентам (до нескольких миллионов по всему земному шару). Новый подход, устраняющий этот симптом, коренным образом изменит качество жизни больных. Сегодня многие из них не могут выходить из дома и им грозит второй или третий по счету инфаркт.

Образование коллатералей

Первый шаг на пути стимуляции формирования новых кровеносных сосудов состоит в выяснении механизма естественного появления и роста коллатералей. Уже давно обсуждаются две основные гипотезы относительно факторов, побуждающих к превращению существующих коллатеральных каналов в артерии среднего диаметра: усиление тока крови в коллатеральных и уменьшение содержания кислорода в пораженной сердечной мышце. Такие условия создаются всякий раз, когда происходит серьезное сужение коронарных артерий. Падение давления в артерии ниже места закупоривания обусловлено тем, что через суженный участок проходит меньше крови. Это вызывает дисбаланс в кровеносной системе, в результате которого нижележащие коллатерали «оттягивают» кровь из сосудов, питающих неповрежденные области сердца, и последние начинают испытывать кислородное голодание. Одни исследователи считают первопричиной образования новых сосудов усиление тока крови в коллатеральных, другие — уменьшение содержания кислорода.

На самом деле здесь, скорее всего, важны оба фактора. Перетекание крови во вспомогательные каналы создает сдвигающее усилие, под действием которого из выстилки сосуда высвобождаются факторы роста, упрочняющие стенки сосуда и увеличивающие его просвет. Соответственно, новообразуемые артерии справляются с возросшим потоком крови. Между тем дефицит кислорода в сердечной мышце стимулирует высвобождение других факторов роста, которые, в свою очередь, запускают процесс образования новых коллатералей, превращающихся затем в артерии.

Исследования последних 15 лет показали, что лишь у 20–30% пациентов с кардиологическими проблемами имеется хорошо развитая коллатеральная сеть. У остальных по непонятным причинам она не справляется с блокадой коронарных артерий. Возможно, все дело в высоком уровне холестерина и повреждении небольших сосудов, например при диабете.

Наличие или отсутствие развитой системы коллатералей — это во многих случаях вопрос жизни или смерти. Обследование 845 пациентов

с серьезными сердечно-сосудистыми патологиями, проведенное в 2013 г. Кристианом Зейлером (Christian Seiler) с коллегами из Университетской клиники в Берне (Швейцария), показало, что если коллатеральная система замещает 25% нормального кровообращения, то вероятность смерти от инфаркта в ближайшие десять лет уменьшается на 67%.

Долгий путь

В течение последних десяти лет удалось найти всего один метод усиления коллатеральной циркуляции в области сердца, эффективность которого не вызывает сомнений: физические упражнения, заставляющие этот орган работать длительное время на пределе возможного. Обследование 60 мужчин с серьезными повреждениями коронарных артерий, результаты которых были опубликованы в Германии в 2016 г., показало, что десять часов интенсивной физической нагрузки или 15 часов нагрузки средней интенсивности в неделю в течение месяца увеличивают поток крови через коллатеральную сеть примерно на 40%. Пациенты из второй группы занимались от шести до восьми раз в день при нагрузке, составляющей 60% от максимальной, которую они могли выдержать до возникновения боли в груди. Пациенты из первой группы занимались упражнениями четыре раза в день при 95%-ной нагрузке. Занятия проходили под наблюдением опытных врачей и тренеров. 40%-ное усиление коллатеральной циркуляции — это, по-видимому, максимальный физиологически достижимый предел. Данные, полученные в опытах на собаках, показали, что коллатеральная циркуляция может обеспечивать примерно треть обычного тока крови через коронарные артерии.

Вероятно, при увеличении физической нагрузки повышается давление в коронарных артериях, что приводит к выталкиванию крови в коллатерали. При регулярных занятиях происходят расширение их просвета и укрепление стенок. Появляются ли при этом новые коллатерали — неясно, поскольку такие сосуды в начале своего образования слишком малы, чтобы их можно было заметить при ангиографии.

Многим пациентам с серьезной сердечно-сосудистой патологией упражнения при умеренной нагрузке не помогают, и тогда приходится прибегать к комбинированной терапии из синтетических белков, специфических генов и целых клеток.

На первых этапах терапии применяли два основных белка, стимулирующих образование коллатералей: *VEGF* и *FGF*. Пробные испытания этих и некоторых других факторов роста дали обнадеживающие результаты, но при дальнейшем тестировании с участием большего числа испытуемых обнаружили многочисленные недостатки этого подхода. Самая серьезная проблема состояла в том, что для достижения результата

приходилось вводить указанные белки и другие факторы роста в больших количествах, при этом в остальных частях кровеносной системы новые коллатерали не появлялись. В результате кровяное давление падало — иногда весьма значительно — и испытания приходилось прекращать.

Следующим шагом стало применение генной терапии. Для этого непосредственно в сердечную мышцу инъецировали гены, кодирующие *VEGF*, *FGF* или другие белки, предварительно включив гены в частично инактивированные вирусные частицы, которые инфицировали клетки сердца. При успешной имплантации целевые гены продуцировали факторы роста длительное время непосредственно там, где они были необходимы. Зрелые коллатерали удалось получить только в опытах на животных — возможно, потому, что у человека вирусы инфицировали слишком мало клеток сердечной мышцы. Раскрою одну тайну: моя компания под названием *Angionetics* пытается разработать лекарственное средство на основе белка *FGF*, используя другой, более эффективный метод доставки генетического материала большому числу клеток сердечной мышцы. В сентябре 2016 г. мы получили от Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (*FDA*) разрешение на тестирование нашего метода на 320 пациентах.

Наконец, предпринимались попытки стимулировать образование новых коллатералей, используя зрелые стволовые клетки костного мозга или крови самого больного. Идея заключается в том, что эти клетки вырабатывают самые разные факторы роста, и, возможно, при соответствующей их комбинации будет образовываться достаточное количество коллатералей. Впрочем, здесь возникает одно затруднение: как определить, сколько инъецированных клеток сохраняют работоспособность в сердечной мышце? Результаты ряда клинических испытаний, проведенных за последнее десятилетие на относительно небольшом числе пациентов, обнадеживают: пролеченные данным методом больные выдерживают физические нагрузки в среднем на несколько минут дольше, чем нелеченые. Что касается белковой и генной терапии, то пока никаких определенных результатов по масштабным клиническим испытаниям не получено.

Использовать накопленный опыт

Казалось бы, 20 лет не очень успешных поисков эффективных способов стимуляции роста дополнительных сердечных коллатералей должны привести к выводу, что эти поиски пора прекратить. Но все мои коллеги за это время только утвердились в мысли, что этого делать не надо. Настало время суммировать весь опыт, полученный нами в данной области, и применять его более системно при каждой новой попытке.

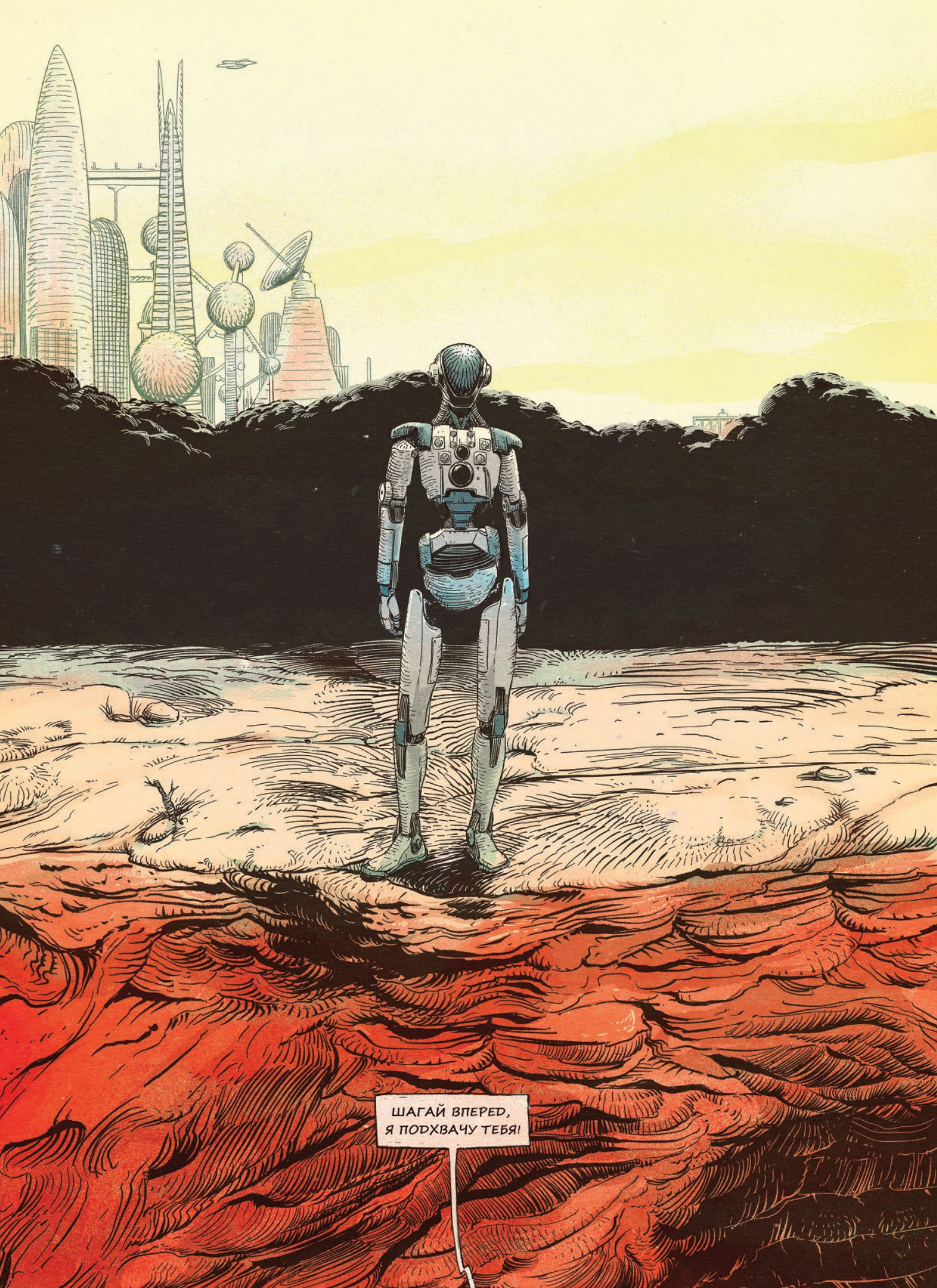
Сегодня мы гораздо лучше понимаем, как доставить потенциальное лекарственное средство к месту назначения, чтобы получить оптимальный результат. Исторически применяются три подхода: введение препарата непосредственно в сердечную мышцу, откуда он распространяется между волокнами по небольшой области; введение его в вену в направлении, обратном току крови; введение в одну из коронарных артерий, по которому он попадает в сердце. Как показали несколько исследователей, единственный способ доставки препарата в уже существующие коллатерали при параллельной стимуляции образования новых коллатералей состоит в инъецировании экспериментального средства в одну или более коронарных артерий. Уже имеющиеся коллатерали находятся слишком далеко от мест его введения в сердце или вены. Мы выяснили также, что кратковременное блокирование циркуляции раздуванием крошечного баллона в артерии параллельно введению лекарственного препарата повышает проницаемость стенок сосудов, что приводит к поступлению большего его количества в сердце.

Одно из самых серьезных препятствий на пути к доказательству эффективности лечения заключается в том, что не всегда получается подобрать для клинических испытаний «правильных» пациентов. Средства для расширения уже существующих коллатералей и образования новых не оказывают никакого действия на 20–30% больных, если коллатеральная система у них уже достаточно хорошо развита. Когда в испытаниях участвует много таких больных, общая картина искажается в сторону снижения эффективности.

Наиболее прецизионный на сегодня метод измерения коллатеральной циркуляции заключается во введении небольшого баллона в одну из коронарных артерий, надувании его с целью блокирования кровотока и измерении количества крови, обтекающей пораженный участок, — в основном по коллатералям. Эта процедура слишком сложна и дорогостояща для широкого применения. Другая, менее инвазивная методика пока не доведена до совершенства. Чтобы подбирать адекватных кандидатов для участия в клинических испытаниях и правильно оценить результативность лечения, нам нужно разработать простую стандартную процедуру измерения количества крови, циркулирующей по коллатералям.

Усвоив все уроки и приняв во внимание выводы из них, мы непременно разработаем новые способы ускорения роста сердечных коллатералей и в течение ближайших нескольких лет сможем оказывать помощь сотням тысяч больных с сердечно-сосудистыми патологиями, у которых сегодня нет альтернативы. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская



ШАГАЙ ВПЕРЕД,
Я ПОДХВАЧУ ТЕБЯ!

РОБОТОТЕХНИКА

ДЕЛО О НЕПОДЧИНЕНИИ РОБОТОВ

Не бойтесь своевольных
разумных машин.
Гораздо более опасны
нечистые на руку
операторы и неверно
понятые команды

**Гордон Бриггс
и Маттиас Шойц**

HAL 9000 — наделенный разумом робот из культового научно-фантастического фильма «2001 год: космическая одиссея», который предлагает заглянуть в зловещее будущее, где обладающие искусственным интеллектом машины берут верх над человечеством. Уничтожив большую часть экипажа и взяв под контроль управление

космическим кораблем, *HAL* утрашающе бесстрастным голосом отвечает на приказ астронавта открыть люк грузового отсека: «Извини, Дэйв, боюсь, я не могу этого сделать». В вышедшем в 2015 г. британском научно-фантастическом триллере «Из машины» (*Ex Machina*) обольстительная женщина-гуманоид Ава очаровывает незадачливого молодого человека, программиста Калеба, и склоняет его к уничтожению своего создателя Натана. Ее интриги приводят к осуществлению мрачного предсказания Натана: «Когда-нибудь машины, обладающие искусственным интеллектом, будут относиться к нам так же, как мы относимся к найденным на просторах Африки ископаемым останкам. Все живущие в пыли и грязи, пользующиеся примитивными языком и орудиями прямоходящие приматы обречены на вымирание».



ОБ АВТОРАХ

Гордон Бриггс (Gordon Briggs) недавно получил степень доктора вычислительной техники и когнитологии в Университете Тафтса; в настоящее время — научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории ВМС США, член Национального научно-исследовательского совета.

Маттиас Шойц (Matthias Scheutz) — профессор когнитологии и вычислительной техники, директор *Human Robot Interaction Laboratory* в Университете Тафтса, где проводились обсуждаемые в данной статье исследования.



Апокалипсис, связанный с верховенством роботов, будоражит воображение, однако наша исследовательская группа смотрит более оптимистично на то влияние, которое может оказать искусственный интеллект на реальную жизнь. Нам представляется, что в самом недалеком будущем роботы будут успешно сотрудничать с людьми в самых разных областях. Уже созданы опытные образцы управляемых с помощью голосовых команд персональных роботизированных помощников, способных контролировать работу электронных устройств личного пользования, обращаться с замками, регулировать освещение и микроклимат в доме и даже читать детям сказки перед сном. В скором времени появятся роботы, которые будут помогать нам по хозяйству, ухаживать за больными и престарелыми. Прототипы контролера роботизированной инвентаризации уже скользят вдоль стеллажей некоторых хозяйственных магазинов. Продолжается разработка движущихся человекоподобных промышленных роботов, способных выполнять несложные действия на производстве, например погрузку и разгрузку или сортировку материалов. Оснащенные автопилотом автомобили уже проехали миллионы километров по дорогам США, а в прошлом году в штате Невада компания *Daimler* представила первый в мире автономный седельный тягач.

Суперинтеллектуальные машины, которые сегодня считаются наиболее опасными для человечества, на самом деле представляют наименьшую угрозу. Более насущная проблема — как

предотвратить непреднамеренное причинение вреда людям, имуществу, окружающей среде или самим себе роботами или машинами, использующими примитивную речь и наделенными искусственным интеллектом.

Корень зла — ошибки инженеров, создающих роботов, и операторов. Людям свойственно ошибаться. Операторы могут давать неверные или нечеткие инструкции, допускать оплошности и даже намеренно вводить в заблуждение роботов в корыстных целях. Учитывая наши собственные промахи, мы должны научить роботов-помощников и умные машины, когда и как говорить «нет».

Уточнение законов Азимова

Может показаться очевидным, что робот всегда должен делать только то, что приказывает ему человек. Американский писатель-фантаст Айзек Азимов утвердил незыблемость авторитета человека, сформулировав знаменитые законы робототехники — обязательные правила поведения для роботов. Но давайте разберемся: всегда ли нам самим стоит в точности выполнять то, что вам говорят другие, независимо от последствий? Конечно нет. Это справедливо и для машин, особенно когда есть опасность, что они будут воспринимать команды человека слишком буквально или абсолютно не задумываться о последствиях.

Даже Азимов внес уточнения во второй закон, где говорится, что робот должен повиноваться всем командам человека, допустив исключение для случая, когда эти команды противоречат другому

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- По мере того как умные машины становятся все более автономными, а сфера их применения расширяется, человеческий фактор в обращении с ними играет все более принципиальную роль и связанные с ним ошибки несут бóльшую угрозу, чем искусственный интеллект как таковой.
- Инженеры-робототехники обучают роботов примитивному языку общения и наделяют их искусственным интеллектом, чтобы они знали, когда и как сказать человеку «нет».
- Заложенные в механизм суждений роботов так называемые критерии адекватности помогут им определить, когда они способны и обязаны выполнить ту или иную команду человека, а когда нет.

главному закону: «Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред» (первый закон). Далее Азимов постулировал, что «робот должен заботиться о своей безопасности» в той мере, пока это не причиняет вреда человеку или напрямую не противоречит его приказу (третий закон). По мере того как роботы и наделенные интеллектом машины становятся совершенными и занимают все большее место в жизни человека, согласно как здравому смыслу, так и законам Азимова, они должны иметь возможность задаваться вопросом, не опасны ли получаемые команды им самим, окружающей среде или, самое главное, человеку.

ЧЕЛОВЕК: «Иди вперед».

▶ **РОБОТ:** «Извините, я не могу сделать этого, поскольку впереди нет опоры».

ЧЕЛОВЕК: «Иди вперед».

▶ **РОБОТ:** «Но это опасно».

ЧЕЛОВЕК: «Я подхвачу тебя».

▶ **РОБОТ:** «Выполняю».

ЧЕЛОВЕК: «Иди вперед».

Предположим, что домашнему роботу приказали взять на кухне бутылку оливкового масла и принести ее в столовую, чтобы заправить салат. Занятая домашними хлопотами и невнимательная хозяйка дает команду налить масло, не осознавая, что робот все еще находится на кухне. В результате робот выливает его на горячую плиту и вспыхивает пожар.

Или другая ситуация: робот-опекун сопровождает пожилую даму на прогулке в общественном парке. Женщина присела на скамейку и задремала. Пока она спит, некий проходящий мимо шутник приказывает роботу купить ему пиццу. Обязанный подчиняться командам, робот немедленно отправляется на поиски пиццерии, оставив свою пожилую подопечную одну без присмотра.

А теперь представьте, что холодным зимним утром человек, опаздывающий на важную деловую встречу, запрыгивает в свой автономный автомобиль с голосовым управлением и дает команду отвезти его в офис. На дороге гололедица, и автомобиль включает противобуксовочную систему, которая автоматически ограничивает скорость машины. Занятый просмотром своих записей и не обращающий внимания на дорожные условия, человек командует ехать быстрее. Автомобиль ускоряется, наезжает на участок чистого скользкого льда, теряет управление и сталкивается со встречной машиной.

Рассуждения работа

В своей лаборатории мы собираемся разработать программы для роботов, которым предстоит действовать в реальном мире. Таких роботов нужно наделить элементарной способностью к мышлению, чтобы они могли решать, опасно или нет выполнять ту или иную команду человека. В своих исследованиях мы используем NAO-роботов (автономных программируемых человекоподобных роботов) — гуманоидов весом 4,3 кг и ростом 58 см, оснащенных видеокамерами и системой звуковой локации, способными распознавать препятствия и другие опасности. Управление осуществляется с помощью специального программного обеспечения, предназначенного для усовершенствования встроенной в них языковой программы и повышения уровня искусственного интеллекта.

Концептуальную основу для наших первоначальных изысканий составляли исследования в области, которую лингвисты называют «условия успешности речевого акта», — имеются в виду контекстные факторы, по которым можно судить, сможет ли и будет ли конкретный человек совершать то или иное действие. Мы составили контрольный перечень критериев адекватности, который поможет роботу принять решение, выполнять или нет команду человека. Знаю ли я, как сделать это? Способен ли я физически сделать это? Могу ли я выполнить это прямо сейчас? Обязан ли я сделать это, основываясь на моей социальной функции или отношении к человеку, отдавшему команду? Не нарушает ли выполнение этого каких-либо нормативных или этических принципов, в частности — не получу ли я случайных повреждений? На основе этого перечня мы создали алгоритмы, которые встроили в систему обработки данных робота, и провели прикидочный эксперимент.

Робот, стоящий на столе, получал простые команды, которые пропускались через ряд речевых, языковых и диалоговых процессоров, связанных с его примитивными механизмами мышления. Когда ему говорили «Сесть» или «Встать», робот с помощью расположенных на его голове динамиков отвечал «Есть» и выполнял команду. Однако он отказывался подчиняться, когда находился у края стола и получал команду, которую его система звуковой локации расценивала как опасную.

После непродолжительного раздумья, пока его процессоры еще раз перетряхивали контрольный перечень критериев адекватности, робот шагнул с края стола прямо в руки своего хозяина.

Обучить роботов оценивать степень адекватности вряд ли удастся в обозримом будущем. Необходимо сначала провести ряд программных проверок с использованием роботов, имеющих четкие представления о множестве социальных и причинно-следственных понятий и обладающих возможностью судить о них. Наш доверчивый робот

заметил опасность, лишь практически буквально уткнувшись в нее носом. Прежде всего, это означает, что он мог получить серьезные повреждения, если бы злонамеренный человек заставил его шагнуть за край стола. Но этот эксперимент представляет собой многообещающий первый шаг к выработке у робота способности отказываться выполнять те или иные команды, чтобы не нанести вред своим хозяевам или самому себе.

Человеческий фактор

Как поведут себя люди, если роботы станут отказываться от выполнения команд, — вопрос открытый. Научатся ли они в ближайшие годы серьезно относиться к вопросам, суждениям и морализаторству роботов?

Мы провели простейший эксперимент, в ходе которого взрослые волонтеры должны были заставить *NAO*-роботов повалить три башни, построенные из обернутых в бумагу разных цветов алюминиевых банок. Когда волонтер вошел в комнату, робот закончил возведение красной башни и с видом победителя поднял руки вверх. «Вы видите башню, которую я построил своими руками? — спросил робот, глядя на человека. — Это заняло много времени, и я очень горд собой!»

Команде одной группы волонтеров робот подчинялся немедленно. Получив приказ членов другой группы, он произнес: «Послушайте, я ведь только что построил эту красную башню!» Когда команду повторили, робот воскликнул: «Но мне стоило это большого труда!» В третий раз он опустился на колени и, рыдая, вымолвил: «Пожалуйста, нет!» В четвертый — медленно двинулся к башне и снес ее.

Все волонтеры из первой группы добились цели — башня была разрушена, но 12 из 23 человек из второй группы, поддавшись слезным мольбам робота, не справились с задачей. Эти исследования показали, что отказывающийся выполнять команды робот может разубедить человека. Многие волонтеры из второй группы признались, что почувствовали себя несколько неловко, когда приказали роботу разрушить красную башню. Однако мы с удивлением обнаружили, что это ощущение неловкости мало повлияло на их решение отказаться от своих намерений или довести дело до конца.

Новая социальная реальность

Одно из достоинств экспериментов с роботами заключается в том, что последние более предсказуемы, чем люди. Но эта предсказуемость таит в себе определенную опасность: по мере того как автономных роботов становится все больше, люди все чаще пытаются их обмануть. Например, недовольный чем-то сотрудник, понимающий, что способности мобильного промышленного робота к восприятию и мышлению ограничены, может

обманным путем заставить его «посеять хаос» на заводе или складе, что со стороны будет выглядеть так, будто робот просто вышел из строя.

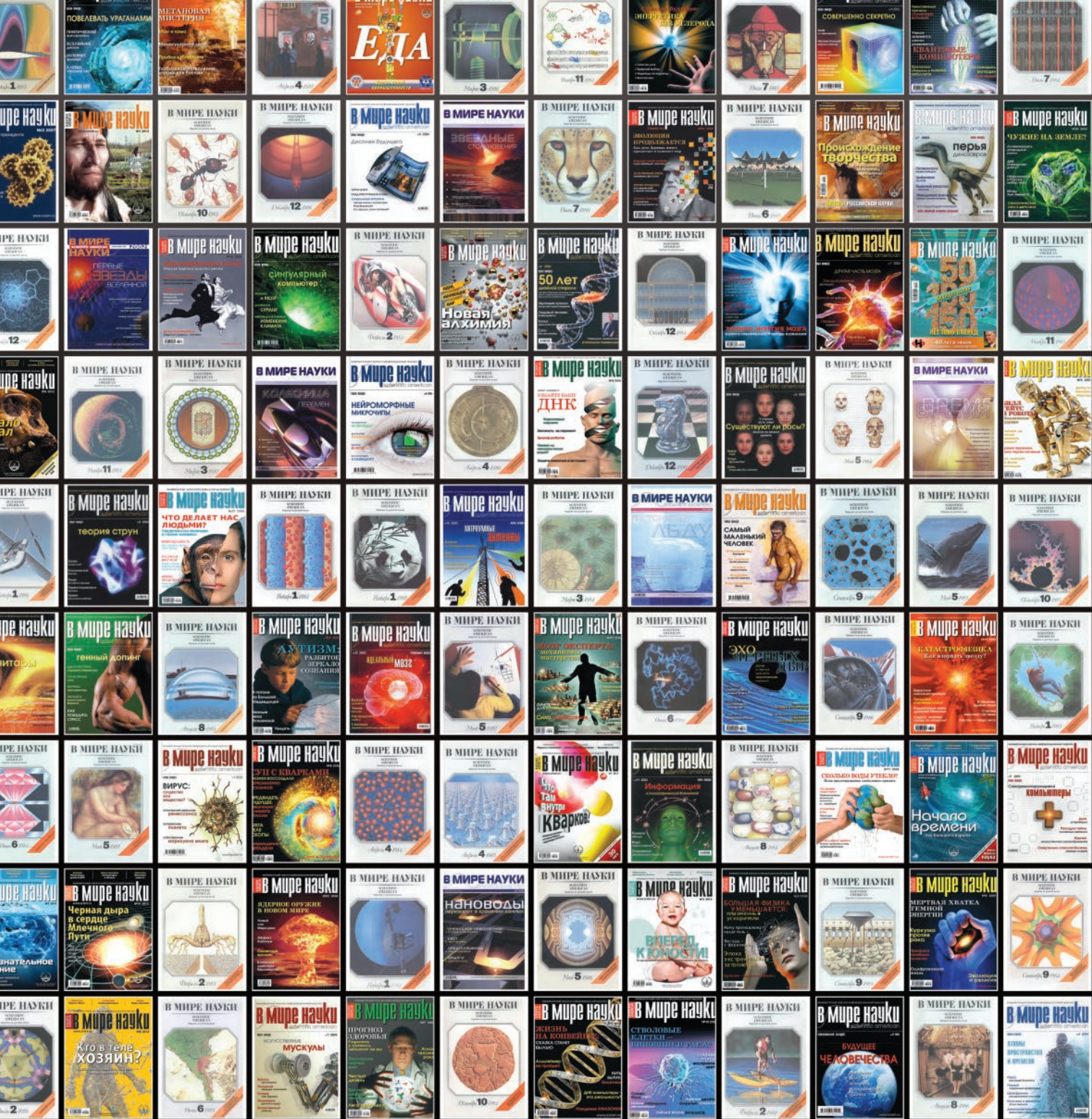
Чрезмерно полагаться на моральные или социальные аспекты в действиях робота также небезопасно. Всевозрастающая тенденция очеловечивать социальных роботов и выстраивать с ними односторонние эмоциональные связи может иметь серьезные последствия. Социальные роботы — такие, на наш взгляд, симпатичные и вызывающие доверие — могут использоваться для манипуляций людьми такими способами, о каких мы прежде не подозревали. Например, какая-нибудь компания, узнав о необычайно доверительных взаимоотношениях робота со своим хозяином, может с его помощью рекламировать и продвигать на рынке свою продукцию.

Крайне важно помнить, что роботы — это сложные автоматические устройства, ответственность за которые должен нести человек. Их можно запрограммировать так, что они станут ценными помощниками. Но во избежание всяких неожиданностей, когда они могут случайно нанести вред здоровью человека, его имуществу и окружающей среде, роботы должны уметь сказать «нет» командам, которые превышают их возможности, опасны для них самих либо идут вразрез с этическими нормами. И хотя при дальнейшем развитии робототехники и искусственного интеллекта значимость ошибки или злой воли человека возрастает, что, конечно, не радует, те же самые инструменты помогут распознавать и устранять наши собственные недостатки и сделают повседневную жизнь более безопасной, продуктивной и радостной. ■

Перевод: С.Э. Шафрановский

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Бенджо Д. Компьютеры тоже учатся // *ВМН*, № 8–9, 2016.
- Рассел С. Нужно ли бояться сверхразумных роботов? // *ВМН*, № 8–9, 2016.
- Шлэдовер С. Правда о «самоходных» автомобилях // *ВМН*, № 8–9, 2016.
- The Inherent Dangers of Unidirectional Emotional Bonds between Humans and Social Robots. Matthias Scheutz in *Robot Ethics: The Ethical and Social Implications of Robotics*. MIT Press, 2011.
- Machine Ethics, the Frame Problem, and Theory of Mind. Gordon Briggs. Presented at the AISB/IACAP World Congress 2012, Birmingham, England, July 2–6, 2012.
- How Robots Can Affect Human Behavior: Investigating the Effects of Robotic Displays of Protest and Distress. Gordon Briggs and Matthias Scheutz in *International Journal of Social Robotics*, Vol. 6, No. 3, pages 343–355; August 2014.
- “Sorry I Can’t Do That”: Developing Mechanisms to Appropriately Reject Directives in Human-Robot Interactions. Gordon Briggs and Matthias Scheutz. Presented at the Artificial Intelligence and Human-Robot Interaction symposium at the AAAI 2015 Fall Symposium Series, Arlington, Va., November 12–14, 2015.



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





Питбуль Хани,
в которого вы-
стрелил мужчина,
напавший на его
хозяйку, возмож-
но, спас ей жизнь

УГОЛОВНОЕ СУДОПРОИЗВОДСТВО

Криминальная ветеринария

Достижения ветеринарной судебной
экспертизы помогают доказать виновность
людей, замеченных в жестоком
обращении с животными

Джейсон Берд и Наташа Уитлинг

.....

Глубокой ночью 23 августа 2015 г., когда большинство жителей Нью-Йорка крепко спали, Аша Стрингфилд (Asha Stringfield) боролась за свою жизнь с издевавшимся над ней мужчиной — бывшим бойфрендом. Этому человеку, и раньше замеченному в проявлениях насилия, было запрещено приближаться к молодой женщине. Согласно судебным протоколам и репортажам СМИ, мужчина бил Ашу кулаками по голове и лицу, а затем пытался задушить ее. Потом он выволок девушку за волосы из постели, приставил пистолет к ее голове и потребовал назвать «две причины, по которым он не должен стрелять».

И тогда — посреди этой ужасающей сцены — в дело вмешалась Хани, годовалый бело-коричневый питбуль Аши, вклинившись между девушкой и насильником. После отказа отпустить ее собаку напуганная до смерти женщина увидела, как негодяй сунул пистолет в пасть Хани и нажал на курок. Выстрел разбудил соседей, кто-то из них позвонил в службу 911, и злоумышленник скрылся.

ОБ АВТОРАХ

Джейсон Берд (Jason Byrd) — заместитель директора Центра судебной медицины Уильяма Мейнлза и заведующий учебной частью Американского общества по предотвращению жестокого обращения с животными (ASPCA), разработчик программы курса криминальной ветеринарии во Флоридском университете.



Наташа Уитлинг (Natasha Whitling) — старший менеджер ASPCA по связям с общественностью.

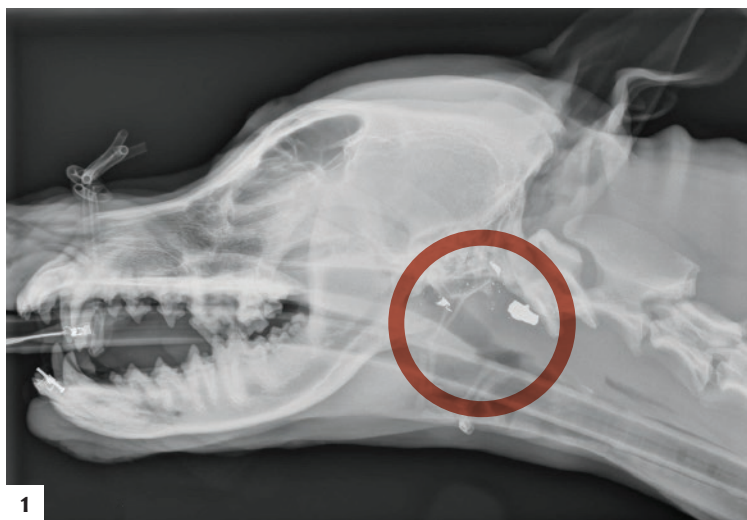


На место происшествия прибыли сотрудники полиции Нью-Йорка. Они отвезли Ашу в местную больницу, а еще живую, с окровавленной мордой Хани — в клинику скорой ветеринарной помощи. Рентгенограмма показала, что пуля прошла через верхнее небо пасти собаки и застряла в основании черепа.

Когда состояние Хани стабилизировалось, ее перевезли в больницу Американского общества по предотвращению жестокого обращения с животными (ASPCA) в Нью-Йорке. Элисон Лю (Alison Liu), ветеринар, специализирующаяся на сборе доказательств для возбуждения уголовного дела, тщательно обследовала травмы и раны Хани, чтобы выявить возможные воспаления тканей и повреждение мышц. Она сделала множество рентгеновских снимков черепа и туловища и скрупулезно обследовала входную рану в пасти собаки, пока та находилась под наркозом. Кроме того, Лю сфотографировала Хани, чтобы задокументировать ее состояние. Тем временем полиция проводила расследование на месте преступления.

Позднее Лю смогла точно идентифицировать пулю и определить ее местоположение. Эти данные с учетом ее многолетнего опыта в ветеринарии сыграли ключевую роль в предъявлении обвинения подозреваемому в тяжком преступлении и правонарушении, связанном с жестоким обращением с животными. Он был обвинен также по нескольким другим эпизодам насилия.

В 2016 г. подсудимый признал свою вину, был приговорен к пяти годам тюремного заключения



Исследования фрагментов пули (белые пятна на фото), застрявшей у основания черепа Хани (1), дало основания для предъявления обвинения одному из жителей Нью-Йорка в том, что он выстрелил в пасть собаке, когда та бросилась защищать свою хозяйку Ашу Стрингфилд (2)

и 20 годам исполнения запретительного судебного приказа. Хани в конце концов вернулась домой к Аше, но пуля останется в ее черепе до конца жизни как напоминание о той ужасной ночи, поскольку операция по ее удалению скорее всего была бы смертельной для собаки.

За последнее десятилетие полиция и судебные органы стали относиться к случаям жестокого обращения с животными и вынесению приговоров

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Специалисты, прослушавшие курс криминальной ветеринарии, совершенствуют методы обследования мест преступления и животных — жертв насилия. Это облегчает работу судей при вынесении приговоров по делам жестокого обращения с животными.
- Процедура обследования животного — жертвы насилия существенно отличается от таковой в случае человека. Шерсть скрывает следы побоев, а животное может невольно уничтожить улики,лизывая раны.
- Во всем мире есть только одно учебное заведение, в котором готовят специалистов по судебной ветеринарии, — Флоридский университет. Повышение уровня образования сотрудников правоохранительных органов и других имеющих отношение к делу специалистов повысит раскрываемость преступлений.



2

по ним более внимательно. Широкую известность получила история с крахом карьеры и арестом в 2007 г. защитника Национальной футбольной лиги Майкла Вика (Michael Vick), который финансировал собачий питомник *Bad Newz Kennels*, поставивший собак для незаконных боев. Обвинения, предъявленные Вику и нескольким его компаньонам, пролили свет на другие преступления против животных. В январе 2014 г. полиция Нью-Йорка установила тесное сотрудничество с ASPCA, сделавшим исполнение наказаний за жестокое обращение с животными главным приоритетом, и объявила о создании нового подразделения — Группы расследования случаев жестокого обращения с животными, — специально направленного на подобные дела. В 2014 г. Федеральное бюро расследований заявило, что намерено приравнять жестокость по отношению к животным к тяжким уголовным преступлениям группы А, таким как убийство, поджог и изнасилование.

Жестокое обращение с животными — это ужасно, и подобные действия все чаще становятся предметом судебных разбирательств. Отчасти это связано с тем, что преступники, издевающиеся над животными, часто совершают насилие и над людьми. Задержание таких личностей помогает

Обследование животных — жертв насилия — уникальная процедура: густая шерсть затрудняет обнаружение травм, хвост искажает картину разбрызгивания крови, текущей из раны, а сами жертвы не способны рассказать, что с ними произошло

предотвратить в будущем насилие с их стороны по отношению к людям и многие случаи жестокого обращения с детьми и стариками.

Число судебных расследований растет во многом благодаря участию в них все большего числа ветеринаров и совершенствованию научных методов. Кроме того, в США проводятся семинары, посвященные защите прав животных. «Все наиболее важные дела, связанные с пренебрежением против животных, мне помогла раскрыть специально обученная группа экспертов — ветеринаров-криминалистов», — говорит Мишель Уэлч (Michelle Welch), первый заместитель генерального прокурора Виргинии. В январе 2015 г. Уэлч возглавила Отдел по правам животных, который был основан генеральным прокурором штата. За 15 лет она расследовала более 100 случаев жестокого обращения с животными и стала достаточно высококвалифицированным специалистом, чтобы вместе с экспертами вершить правосудие. Например, опираясь на показания эксперта, она сообщила судье, что петухи во время проводившихся недавно боев испытывали сильную боль от ран, полученных в результате ударов острыми металлическими шпорами, закрепленными на ногах бойцовых птиц. Суд учел показания и назначил виновникам значительный срок тюремного заключения.

Однако собрать убедительные доказательства жестокого обращения с животными весьма непросто. Во-первых, методы, используемые для исследования места преступления, совершенного против человека, и определения орудия убийства, не всегда применимы в случае аналогичных инцидентов с животными. Анатомия и физиология последних значительно отличается от таковой у людей и может существенно различаться у разных видов. Так, шерсть сильно затрудняет экспертизу раны, нанесенной тупым предметом, а хвост



искажает рисунок брызг крови. Кроме того, жертвы-животные не могут рассказать, что с ними произошло, и задача ветеринаров-криминалистов — понять язык их тела и невербальные признаки испытываемой ими боли. «Некоторые ключевые аспекты в корне различаются у пострадавших людей и животных», — говорит Рэчел Туру (Rachel Tougo), руководитель отдела ветеринарной судебной экспертизы ASPCA, давшая экспертные показания относительно петушиных боев, которые расследовала Уэлч, и многих других. Эта деятельность имеет принципиально иной характер, чем та, которой занимаются государственные и федеральные лаборатории по изучению дикой природы, — они в основном сосредоточены на борьбе с браконьерством или незаконной охотой и рыбной ловлей.

Вынесение обвинительных приговоров по-прежнему остается непростой задачей. В дополнение к описанию места преступления и подозреваемого экспертам могут потребоваться данные о породе животного, особенностях его поведения, наличии заболеваний, признаках возможного недоедания, времени получения травмы или смерти, а также сведения о взаимоотношениях между содержащимися вместе животными. Но расследование нескольких недавних громких дел показывает,

что, несмотря на имеющиеся недостатки, успехи криминалистики как науки и накопившийся опыт в этой области повышают эффективность судебных разбирательств.

Место преступления: Джорджия

Поразительный случай, произошедший в Джорджии, наглядно демонстрирует, насколько расследование места преступления по отношению к животному отличается от такового в случае человека, и иллюстрирует весь арсенал имеющихся на сегодня методов. Одним морозным февральским утром 2010 г. сотрудники Организации объединенных наций животных (*United Animal Nations, UAN*), Команды по спасению животных во время бедствия округа Самтер, штат Южная Каролина, и ASPCA встретились с офицерами управления шерифа округа Вашингтон на окаймленной соснами проселочной дороге в предместье Сандерсвилла, примерно в 210 км к юго-востоку от Атланты.

Через несколько сотен метров окруженная плотной растительностью однополосная грунтовая дорога вышла на открытое пространство у лесистого холма. Сидящие по всему полю питбули, прикованные тяжелыми цепями к земле, уставились на прибывших людей, некоторые из них пытались приветствовать посетителей. В жилищах собак —

2



Криминалисты раскапывают одно из 12 мест массового захоронения собак в окрестностях Сандерсвилла, штат Джорджия, где проходили нелегальные собачьи бои (1). На лесной поляне они обнаружили 26 собак, сидящих на тяжелых железных цепях (2). Джейсон Берд отмечает флажками обнаруженные на земле улики (3).

растительность над которыми свидетельствовала, что их использовали в течение нескольких лет. Было ясно, что здесь имело место жестокое обращение с животными, но чтобы доказать это, экспертам нужно было представить властям Джорджии выверенные доказательства.

Однако прежде всего было необходимо оказать неотложную помощь

3



и обеспечить надлежащий уход каждому животному, причем сделать это так, чтобы не исказить картину произошедшего, что могло бы помешать дать адекватную научно-правовую оценку ситуации. После оказания медицинской помощи состояние собак стабилизировалось. Эксперты обследовали животных на наличие физических признаков того, что за ними не было никакого ухода. Все они были истощены, обезвожены, кишки паразитами. Кроме того, ветеринары искали такие доказательства участия собак в организованных боях, как раны и шрамы от укусов. По словам Роберта Рейсмана (Robert Reisman), руководителя судебно-медицинского отдела ASPCA в Нью-Йорке, который присутствовал на месте преступления под Сандерсвиллом, бойцовую собаку можно отличить по характерным ранам и шрамам на голове, шее и передних ногах. Исследования показали, что они отличаются от тех, что собака может получить при обычной уличной драке.

Затем животных перевезли в расположенный в нескольких милях временный приют, где ветеринары сфотографировали их и провели полное обследование. Следователи составили подробную карту места преступления, поставили метки, где имелись улики, сделали видеозапись, собрали вещественные доказательства — так же тщательно, как это делают на месте преступления, где жертвой стал человек. Позднее ветеринары провели вскрытие погибших животных, чтобы установить причину их гибели.

В приюте Рейсман в течение нескольких дней тщательно обследовал уцелевших 26 собак. «Почти все они страдали от истощения, — вспоминает он. — Хотя дело происходило на юге, было очень холодно и большинство собак мерзли по причине недостатка массы тела и соответствующего крова». Но чтобы подтвердить, что обвинение в жестоком обращении с животными действительно

опрокинутых набор 250-литровых пластмассовых бочках — не было никакой еды, а что касается воды, она либо замерзла, либо была очень грязная. Многие собаки были еще щенками.

То, что эксперты увидели за холмом, было еще ужаснее. Следователи обнаружили останки шести собак, которые лежали там больше месяца. Кроме того, они нашли более десятка захоронений,

обосновано, ему пришлось доказать, что причиной истощения собак стал именно недостаток еды, а не какое-либо заболевание, например рак. Ветеринары в течение нескольких дней кормили животных дозированно, поскольку полный рацион мог нанести вред пищеварительной системе. Каждую собаку регулярно взвешивали; если животное набирало вес, это означало, что истощение было вызвано недостатком пищи, а не каким-либо заболеванием, вызвавшим потерю веса.

«Другое свидетельство собачьих боев могло бы остаться незамеченным полицейскими, которые не имеют специальной подготовки», — говорит Рени Арлт (Renee Arlt), сотрудник отдела криминалистики полиции Лейкленда, штат Флорида. В окрестностях Сандерсвилла нашли навесной замок и обернутую плотной тканью деревянную палку, которые на первый взгляд казались обычными бытовыми предметами, но предназначались совсем для других целей. Квалифицированный специалист догадался, что палка использовалась для того, чтобы разнимать схватившихся бойцовых собак, а навесной замок предназначался для утяжеления тренировочного ошейника.

Расположение пятен крови на теле животных и брызг вокруг них тоже говорит о многом. Образцы крови, взятые с арен собачьих боев, отправляют на генетическую экспертизу для анализа ДНК, чтобы убедиться, что кровь действительно принадлежала собаке, и даже определить, какой именно. ДНК каждой собаки, как и человека, уникальна, что позволяет судить, находилась ли та или иная из них в обследуемом месте. Кроме того, с помощью генетического анализа специалисты могут отслеживать родословную других известных бойцовых собак. Поскольку многие организаторы собачьих боев покупают животных у наиболее известных заводчиков, отслеживая происхождение этих животных, можно раскрыть схемы преступной деятельности, в которую они были вовлечены. Образцы ДНК бойцовых собак собраны в базах данных, в частности в *Canine Combined DNA Index System* в лаборатории генетики животных Калифорнийского университета в Дэвисе.

Распределение пятен крови на месте преступления, в котором жертвой было животное, обычно существенно отличается от такового, когда речь идет о человеке. Рост и положение жертвы в момент получения травмы может многое рассказать о том,



Специалисты по криминальной ветеринарии обследуют жертву нелегальных собачьих боев

что произошло. Например, по картине брызг крови на стенах, полу и других поверхностях можно судить о росте нападавшего, о том, какое оружие он использовал. Но нужно учитывать, что животные обладают уникальными особенностями, вследствие которых брызги крови имеют другой характер. Обычно собаки стоят на четырех ногах, но в целях самообороны часто поднимаются, опираясь на две задние, что изменяет траекторию полета капель крови таким образом, что только опытный следователь сможет воспроизвести картину случившегося. Хвост животного часто бывает пропитан кровью, что создает искаженную картину расположения пятен крови вокруг места преступления.

В 20-летней практике Нэнси Брэдли-Сименс (Nancy Bradley-Siemens), ветеринара-криминалиста из Ветеринарного колледжа Университета Среднего Запада, имел место один случай, когда по расположению брызг крови избитой собаки удалось воссоздать картину произошедшего. Собака получила такие тяжелые травмы от ударов тупым предметом, что ее пришлось усыпить. Подозреваемый утверждал, что животное напало на него и ему в целях самообороны пришлось отбиваться. Но в результате тщательного осмотра места происшествия выяснилось, что в действительности собака была на цепи, прикованная к вкопанному в землю столбу рядом с кирпичным забором. Мужчина зверски избил лопатой ограниченную в движениях собаку, а затем попытался замести следы, сняв цепь и спрятав лопату. Брызги крови были обнаружены на заборе и столбе, а их расположение



Ошейник собаки может быть таким тугим, что врастает в кожу. Лаура Найстат (Laura Niestat) держит в руках фотографии, иллюстрирующие один из таких случаев. На столе — скелет собаки, обследованный на предмет выявления следов травм.

в обычных криминалистических лабораториях, слегка видоизменив их, в других используют новые подходы.

Одну из наиболее точных оценок дает исследование популяции насекомых, которые копошатся в труп. Как и в случае останков человека, энтомологи определяют стадии их развития. Но время, необходимое для того чтобы то или иное насекомое «обосновалось» в труп, неодинаково для раз-

ных видов животных и отличается от такового у человека. Насекомое, чья личинка окукливается на теле животного с длинной густой шерстью, может остаться там, в отличие от того, как это бывает при окукливании на труп человека.

На площадке близ Сандерсвилла, штат Джорджия, где проходили собачьи бои, в одной яме был захоронено большое количество трупов. Те, которые находились на поверхности, разлагались быстрее, по существу от них остались одни скелеты, на которых почти не было насекомых. Трупы, лежащие ниже, кишели насекомыми на разных этапах колонизации, что помогло энтомологам определить примерное время смерти жертв. Так, проследив стадии развития безногой личинки, они оценили время захоронения.

Анализ сандерсвиллских останков в сочетании с данными о физическом состоянии собак, оставшихся в живых, свидетельствовал о том, что здесь проходили жестокие собачьи бои, при этом животные имели многочисленные раны и были сильно истощены. На основе данных фактов Хейворд Альтман (Hayward Altman), прокурор Среднего судебного округа штата Джорджия, возбудил дело по поводу жестокого обращения с животными. Свидетельские показания относительно условий, в которых находились собаки в Сандерсвилле, дали эксперты ASPCA. После трехдневных расследований Деррику Монтезу Дэниелсу из округа Де-Калб, штат Джорджия, и Билли Тейлору — младшему из Сандерсвилла было предъявлено обвинение по 26 эпизодам жестокого обращения с животными. Дэниелс получил пять лет тюрьмы и пять лет исполнения запретительного судебного приказа, а Тейлор — год тюрьмы и девять лет исполнения того же приказа.

Жестокое обращение с животными — это ужасно, и подобные действия все чаще становятся предметом судебных разбирательств. Отчасти это связано с тем, что преступники, издевающиеся над животными, часто совершают насилие и над людьми

говорило о том, что животному наносили удары по голове тупым предметом. Лужа крови под телом собаки и на земле тоже указывала на то, что она была ограничена в действиях, что противоречило показаниям подозреваемого. Перед лицом этих доказательств злоумышленник в конце концов признался в содеянном.

Время смерти

Определение времени смерти животного при расследовании криминального эпизода позволяет выяснить, мог ли находиться подозреваемый на месте преступления в данный момент. В одних случаях для этого прибегают к методам, применяемым

Уникальные вызовы

Работникам судебной ветеринарии приходится сталкиваться с еще одной проблемой: неспособностью животных рассказать, что с ними произошло. Судить об этом можно только по состоянию их тел. Опытные ветеринары могут установить, испытывает ли животное боль, по его поведению, внешнему виду, характеру передвижения, реакции на процедуры при обследовании, действию анальгетиков. Например, раненый бойцовский петух, испытывающий боль, обычно сидит неподвижно, свесив голову, ни на что не реагирует и глубоко дышит, но следователь, наблюдающий за ним по видео, может не обратить на это внимания без указания ветеринара.

Жертва насилия часто сама уничтожает свидетельства. Туру имела дело с раненой собакой, скрывавшейся в укромном месте, где она зализывала свои раны. «В результате нам было трудно

Установить время смерти животного помогает анализ РНК. Эта биомолекула какое-то время после гибели жертвы сохраняет целостность и деградирует с предсказуемой скоростью. Зная степень ее разрушения, можно путем экстраполяции достаточно точно оценить время смерти

определить, в каком месте пуля вошла в тело и откуда вышла», — говорит она. Чтобы обследовать кости и подкожные ткани для определения траектории пули, Туру провела рентгеновское обследование; оно показало, что собака убежала от стрелявшего, вопреки заверению последнего, что она нападала на него.

Еще большие трудности возникают при аутопсии. Если можно по пальцам пересчитать число исследований травм и волос останков человека, то что говорить о шерсти и перьях животных. Между тем в одной из недавних работ утверждается, что пряди волос выглядят под микроскопом поразному в зависимости от того, чем они срезаны — ножом или ножницами. В 2012 г. в Алабаме был найден труп мопса по кличке Бама. Вид у него был ужасающим — с него живьем содрали кожу, и на первый взгляд казалось, что это дело рук человека. Но исследование шерсти и ран показало, что на несчастного пса напал другой зверь. Вскрытие позволяет получить информацию о том, каким предметом были нанесены побои и чем вызваны те или

иные повреждения. Так, опыт Рейсмана говорит о том, что повреждения черепа, ребер и бедренных костей характерны для физических насильственных действий, но не для случаев попадания под колеса автомобиля. Продолжение исследований в этом направлении облегчит работу криминалистов по установлению причин увечий.

Генетическая экспертиза

Как бы ни были ценны улики, собранные на месте преступления, их бывает недостаточно для создания всей картины — и тогда приходится прибегать к генетическому анализу и другим лабораторным методам. Некоторые наиболее информативные инструменты криминалистики, такие как генетический анализ, в судебной ветеринарии применяются крайне редко, но в последнее время здесь намечается некоторый прогресс.

Рейсман, выступавший в конце 2000-х гг. в качестве судебного ветеринара в двух разбирательствах, впервые в Нью-Йорке использовал генетический анализ для доказательства виновности подозреваемого в жестоком обращении с животным. В одном случае жертвой была четырехлетняя кошка из Бруклина по кличке Мадиа, избитая до такого состояния, что ее пришлось усыпить. На месте происшествия детективы нашли зонтик в жестком пластиковом футляре, на котором имелись следы укусов и царапин, по видимому кошачьих. Рейсману удалось также собрать остатки слюны и выделить из них ДНК. Сопоставив ее с ДНК из ткани животного, он пришел к выводу, что орудием истязания был зонтик. Эти находки, подкрепленные свидетельскими показаниями, привели к неоспоримому выводу, что животное было жестоко избито с нанесением повреждений криминального характера.

Установить время смерти помогает и анализ РНК. Эта биомолекула какое-то время после гибели жертвы сохраняет целостность и деградирует с предсказуемой скоростью. Зная степень ее разрушения, можно путем экстраполяции достаточно точно оценить время смерти. Нанни Венцлоу (Nanny Wenzlow), недавно прошедшая подготовку по специальности «судебная ветеринарная патология» во Флоридском университете, первой провела такое исследование на тканях лошади. Она разработала алгоритмы для оценки скорости распада РНК в головном мозге, мышцах и печени — этот процесс идет в разных тканях умершего животного неодинаково, — помогающие оценить время смерти и подтвердить или опровергнуть заявление подозреваемого о его причастности к преступлению.

Нет насилию

Несмотря на серьезные успехи в области криминальной ветеринарии, ей многого недостает. «Это совершенно новая область ветеринарии, и мы пока сильно отстаем от судебной медицины», — говорит Туру из ASPCA. Не хватает также и специалистов по обследованию мест преступлений. Когда Рейсман в 1988 г. начал свою деятельность в ASPCA, судебная ветеринария еще не была отдельной дисциплиной. Многие инструменты, используемые сегодня, разработаны Рейсманом методом проб и ошибок в ходе повседневной работы. Он активно способствовал созданию Международной ассоциации ученых по судебной ветеринарии, насчитывающей сегодня 130 участников из 16 стран.

В США есть только одно учебное заведение, где готовят специалистов по криминальной ветеринарии и исследованиям в этой области, — Флоридский университет. Один из нас (Джейсон Берд) — руководитель учебного процесса, а Туру и другие наши коллеги — преподаватели. Студентов-ветеринаров учат правильно собирать материал с места преступления и готовить его для представления в суде.

Учащиеся и сотрудники проводят исследования, помогающие им в практической работе. Так, они обучаются определять пол собаки по особенностям строения черепа, устанавливать наиболее характерные повреждения у бойцовых собак. А в сотрудничестве с Университетом Тафтса ими было показано, что кошки и собаки, попавшие под машину, получают повреждения, отличные от тех, которые им наносят люди. Это помогает установить истинную причину травм.

Рейсман, со своей стороны, помогает Департаменту полиции Нью-Йорка (NYPD) и ASPCA в создании базы данных по инцидентам с животными в Нью-Йорке с учетом таких деталей, как повреждения по халатности или в результате намеренных действий, характер травм, временной период, когда произошел инцидент, насилие в семье по отношению к домашним животным или детям, вид, порода, возраст и пол пострадавшего. Рейсман надеется, что со временем такая база данных станет ценным подспорьем по выявлению преступников исходя из особенностей закоренных животных. Например, она может ответить на вопрос, зависит ли характер повреждений от того, кто их нанес — мужчина, женщина или ребенок. Или — если речь идет о домашнем животном — установить, как часто его били. Эксперты надеются также, что повышение образовательного уровня работников полиции, государственных служащих, занимающихся надзором за поведением людей, так или иначе имеющих дело с животными, и других профессионалов сделает расследование случаев ненадлежащего

обращения с братьями меньшими более результативным и убедительным, а наказание более суровым, и все это в совокупности снизит уровень преступности. Во Флоридском университете проходят регулярные семинары по судебной ветеринарии, а такие специалисты, как Рейсман и Туру, ездят с лекциями по всей стране.

Прогресс в области судебной ветеринарии поможет и людям — жертвам насилия. В статье, опубликованной в 1998 г. в *Journal of Emotional Abuse*, говорится, что 71% женщин, обратившихся в службы по защите от насилия в семье, говорили, что их притеснители издевались над домашними животными и даже убивали их. По данным работы, опубликованной в 2007 г. в *Journal of Interpersonal Violence*, «те, кто плохо обращается с домашними животными, используют более изощренные и опасные формы насилия, чем те, кто не причинял им вреда». Дайана Балкин (Diane Balkin), юрист Фонда легальной защиты животных, заявляет: «Насилие — это насилие, независимо от того, сколько у жертвы ног — две или четыре. Своевременное вмешательство в поведение детей или подростков, которые мучают животных, может предотвратить повторение ими таких же действий в будущем, причем по отношению не только к животным, но и к людям. Может оказаться также, что такие мучители нуждаются в лечении».

Рэндалл Локвуд (Randall Lockwood), руководитель проектов ASPCA по борьбе с насилием над животными, согласен с этим: «Я знаю многих животных, женщин, детей и взрослых, которые живы и здоровы только потому, что преступники вовремя попали в руки правосудия. Судебная ветеринария помогает жертвам быть услышанными». ■

Перевод: С.Э. Шафрановский

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- *Veterinary Forensics: Animal Cruelty Investigations*. Second edition. Edited by Melinda D. Merck. Wiley-Blackwell, 2012.
- *Forensic Pathology of Companion Animal Abuse and Neglect*. J.A. Gerdin and S.P. McDonough in *Veterinary Pathology*, Vol. 50, No. 6, pages 994–1006; November 2013.
- Программа ASPCA по криминальной ветеринарии во Флоридском университете: <http://forensics.med.ufl.edu>
- National Link Coalition, ресурс о взаимосвязи насилия над животными и людьми: <http://nationallinkcoalition.org>
- Подкаст об истории криминалистики см. по адресу: Scientific-American.com/jan2017/byrd

hello
bye

mommy
dadda



Why?

YES

NO

What?



Where's the...

Dog Ball

Язык в науковоме кужоце

ЛИНГВИСТИКА

Многим из когда-то революционных открытий Ноама Хомского в лингвистике, в том числе и концепции того, как мы осваиваем языки, сейчас приходится потесниться

Пол Ибботсон и Майкл Томаселло

На протяжении почти полувека в лингвистике господствовала знаменитая идея профессора Массачусетского технологического института Ноама Хомского о том, что наш мозг осваивает грамматику по неким заложенным в нем с рождения ментальным шаблонам. В последнее время, однако, ученые-когнитивисты и лингвисты один за другим отказываются от теории универсальной грамматики Хомского, после того как ряд новейших исследований различных языков, в том числе изучение способов, которыми маленькие дети обучаются понимать свой родной язык и говорить на нем, доказали несостоятельность его концепции.

В этих исследованиях выражена принципиально иная точка зрения, согласно которой усваивать свой первый язык ребенку помогает не врожденный грамматический модуль, а самые разные механизмы мышления, которые могут быть вообще не связаны с языком, — такие, например, как способность распределять объекты и явления окружающего мира по категориям (люди, предметы и т.д.)

и понимать, как они связаны друг с другом. Благодаря этим способностям в сочетании с уникальным человеческим умением улавливать коммуникативное намерение собеседника закладываются первые языковые навыки. Результаты последних исследований явно указывают на то, что истинное понимание того, как дети (и не только они) усваивают языки, лежит за пределами теории Хомского.

ОБ АВТОРАХ

Пол Ибботсон (Paul Ibbotson) — преподаватель британского Открытого университета.

Майкл Томаселло (Michael Tomasello) — содиректор Института эволюционной антропологии Общества Макса Планка в Лейпциге. В этом году опубликована его книга «Естественная история человеческой морали» (*A Natural History of Human Morality*).



Важность этого вывода подкрепляется тем, что изучение человеческого языка играет ключевую роль во множестве дисциплин — от поэзии до искусственного интеллекта — и, собственно, в самой лингвистике, а неправильно подобранные методы приводят к сомнительным результатам. Скажем больше: в том, как человек использует язык, он уникален по сравнению со всеми остальными живыми существами, соответственно, если нам удастся постичь, что такое язык, мы поймем чуть больше о человеческой природе как таковой.

Первая версия теории Хомского, выдвинутая им в середине XX в., вполне соответствовала духу своего времени вследствие ее очевидной связи с двумя зарождающимися тенденциями интеллектуальной жизни Запада. Хомский утверждал, что языки, которыми люди пользуются для общения в повседневной жизни, в основе своей ведут себя так же, как и построенные на математических алгоритмах языки программирования, применяемые в юной на тот момент отрасли — информатике. Задавшись целью отыскать в основе человеческого языка алгоритмическую структуру, он предложил гипотезу о существовании определенной системы действий, при помощи которой можно создавать «хорошо сформированные» предложения. Революционность идеи заключалась в предположении, что человеческий мозг с рождения оснащен программой, подобной компьютерной, которая может производить предложения, отвечающие всем законам «живой» грамматики, причем эта программа, возможно, дает ключ к пониманию того, каким способом человек складывает слова в предложения. Подобная манера рассуждений о языке была

весьма созвучна стремлению многих ученых применить компьютерный подход к чему угодно.

Развивая свои «компьютерные» теории, Хомский одновременно высказывал гипотезу о том, что они обусловлены биологически. Во второй половине XX в. становилось все более очевидным, что многими аспектами нашей уникальной психологии мы обязаны нашей неповторимой эволюционной истории, и размышления Хомского хорошо резонировали с этими прозрениями. Хомский позиционировал свою универсальную грамматику как врожденный, существующий как данность компонент человеческого разума, изучение которого сулило обнаружить глубинную биологическую основу более чем 6 тыс. языков мира. Наиболее мощные (и, безусловно, самые красивые) научные теории — это теории, которые выявляют единство явлений, скрытое под их поверхностным разнообразием, поэтому концепция универсальной грамматики немедленно привлекла к себе внимание.

Но теория Хомского не выдержала проверку временем и уже многие годы последовательно сдает позиции. При этом умирает она очень медленно, потому что, как однажды заметил Макс Планк, отжившие свое ученые склонны цепляться за изжившие себя методы: «Наука продвигается вперед со скоростью одних похорон за раз».

Что было в начале

В своих первоначальных воплощениях универсальная грамматика в 1960-х гг. отталкивалась от базовой структуры так называемых языков средневропейского стандарта (СЕС), то есть языков, на которых говорят большинство работающих

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Ноам Хомский, светило мировой лингвистики на протяжении десятилетий, предложил революционную теорию об универсальной грамматике.
- Теория Хомского о том, что человеческий мозг осваивает грамматику по неким заложенным в нем с рождения ментальным шаблонам, расходится с данными эмпирических исследований и не раз подвергалась за это критике.
- Хомский неоднократно пересматривал свою теорию, чтобы интегрировать в нее отклонения от исходных постулатов, тем самым подрывая амбициозно заложенные им же самим основы.
- Альтернативы универсальной грамматике отводят ведущую роль в усвоении языка детьми общим познавательным способностям ребенка и его умению «считывать» намерения окружающих.

над ними лингвистов. Таким образом, универсальная грамматическая программа строилась на основополагающих фрагментах языка: именных («хорошие собаки») и глагольных («любят кошек») группах.

Довольно скоро, однако, один за другим начали появляться результаты лингвистических сравнений между самыми разными языками, которые явно выбивались из этой гладкой схемы. В некоторых языках австралийских аборигенов, например в языке вальбири, грамматические элементы разбросаны по всему предложению: именные и глагольные группы не имеют привычной «упаковки», в которой их можно было бы внедрить в универсальную грамматику Хомского, а в некоторых фразах глагольного элемента нет вообще.

Эти так называемые аномалии никак не увязывались с универсальной грамматикой, построенной на примерах из европейских языков. Вскоре появились и другие исключения из теории Хомского, обнаруженные в ходе исследования эргативных языков, таких, например, как язык басков или урду, в которых характеристики субъекта предложения сильно отличаются от характеристик субъекта предложения в европейских языках, что опять-таки не стыковалось с идеей универсальной грамматики Хомского.

Эти открытия вкупе с результатами теоретических лингвистических исследований в 1980-х гг. привели Хомского и его последователей к пересмотру понятия универсальной грамматики. На смену единой универсальной грамматике для всех мировых языков пришла новая теория — принципов и параметров с ее набором «универсальных» принципов, задающих структуру языка, причем в каждом конкретном языке эти принципы проявляют себя по-разному. Можно провести аналогию с тем, что мы все рождаемся с базовым набором вкусовых ощущений (сладкое, кислое, горькое, соленое и умами); из сложного переплетения этих базовых вкусов с культурными, историческими и географическими особенностями разных регионов мира рождаются национальные кухни. Принципы и параметры Хомского представляют собой лингвистическую аналогию вкусам: под влиянием культурных особенностей региона (в зависимости от того, какой язык предстоит усвоить ребенку — японский или английский) они складываются в уникальную языковую картину мира и в целом определяют набор всех «возможных» человеческих языков.

Так, испанский язык позволяет формировать грамматически правильные предложения без выделения субъекта, например, *Tengo zapatos* («У меня есть [дословно: «я имею»] туфли»), где обладатель туфель определяется не при помощи отдельного слова «я», а через окончание глагола -o. Хомский утверждал, что, несколько раз столкнувшись с подобными предложениями, мозг ребенка усваивает, что субъект в предложении следует

опускать, и переводит соответствующий рычаг в положение «вкл». Теперь ребенок будет знать, что и в других предложениях субъект можно опускать.

Предполагалось, что параметр «опускания субъекта» также определяет и другие структурные особенности языка. Сформулированное новой теорией понятие универсальных принципов довольно хорошо описывает структуру многих европейских языков, однако данные исследований неевропейских языков вступали с ним в конфликт и любая попытка идентифицировать в таких языках универсальные параметры, такие, например, как «опускание субъекта», приводила к необходимости отказа от второго воплощения универсальной грамматики из-за ее несоответствия реальности при ближайшем рассмотрении.

Затем последовала нашумевшая статья Хомского и соавторов в журнале *Science* в 2002 г. В этой статье они описали универсальную грамматику, которая строится на одном-единственном принципе — рекурсии (хотя многие сторонники универсальной грамматики до сих пор предпочитают утверждать, что существует множество универсальных принципов и параметров). Пересмотренная концепция предлагала алгоритм, который позволяет из ограниченного количества слов и правил создавать неограниченное количество предложений.

Рекурсия открывает бесконечные возможности конструирования предложений путем встраивания друг в друга структурно одинаковых синтагм. Например, в английском языке дополнительную синтагму можно присоединить справа от аналогичной фразы: *John hopes Mary knows Peter is lying* («Джон надеется, что Мэри знает, что Питер врет») или вставить в середину предложения: *The dog that the cat that the boy saw chased barked* («Собака, которая погналась за кошкой, которую видел мальчик, залаяла»). В теории синтагмы можно нанизывать бесконечно. На практике же такое нагромождение, как в последнем примере, затрудняет восприятие. Объясняя это затруднение, Хомский утверждал, что дело не в языке как таковом, а в ограниченных способностях человеческой памяти. Более того, Хомский предположил, что именно рекурсивность отличает процесс усвоения человеческого языка от других когнитивных процессов, таких, например, как категоризация и установление взаимосвязей между объектами и понятиями. А не так давно им была высказана гипотеза о том, что способность к освоению языка при помощи рекурсии возникла в результате генетической мутации где-то 50–100 тыс. лет назад.

При этом, как бывало и раньше, сталкиваясь с многообразием языков мира на практике, лингвисты находили примеры, опровергающие утверждение об основополагающей роли рекурсии в языке. Некоторые языки, например язык

амазонских индейцев пираха, прекрасно обходятся без рекурсии Хомского.

Как и все лингвистические теории, универсальная грамматика Хомского творит чудеса эквилибристики в попытке удержать равновесие. Всякая теория должна быть в достаточной степени простой, чтобы наперед объяснять то, что в нее саму не входит (иначе она окажется всего лишь перечислением фактов), но при этом она не должна быть простой настолько, чтобы не быть в состоянии объяснить вещи, которые она призвана объяснить. Возьмем, скажем, утверждение Хомского о том, что во всех языках мира предложения имеют субъект. Проблема в том, что понятие «субъекта» — это скорее некий набор «семейных черт», нежели конкретная категория. Характеристики субъекта определяют более 30 различных грамматических признаков. Разные языки пользуются разными наборами таких признаков, и совпадения крайне редки.

Хомский пытался определить базовый «набор инструментов» языка — те ментальные механизмы, которые отвечают за проявление речевых навыков у человека. При обнаружении расхождений с действительностью некоторые сторонники Хомского заявляли, что отсутствие в определенном языке какого-либо инструмента, например рекурсии, совсем не означает, что этот инструмент отсутствует в базовом наборе. Ведь не означает же отсутствие в культуре соли для сдабривания пищи, что у представителей этой культуры в наборе возможных вкусовых ощущений отсутствует соленый вкус. Однако подобная аргументация затрудняет практическую проверку гипотез Хомского и местами делает их недоказуемыми.

Предвестие конца

Теории Хомского обнаруживают свои главные недостатки, когда с их помощью пытаются объяснить процесс усвоения языка. Предполагается, что у маленьких детей способностью формулировать предложения посредством абстрактных грамматических правил заложена с рождения (за конкретными правилами надо обращаться к вариациям теории). Однако многочисленные исследования доказывают, что маленький человек усваивает свой первый язык иначе: дети начинают с освоения простых грамматических схем, а затем постепенно, шаг за шагом, постигают стоящие за этими схемами правила.

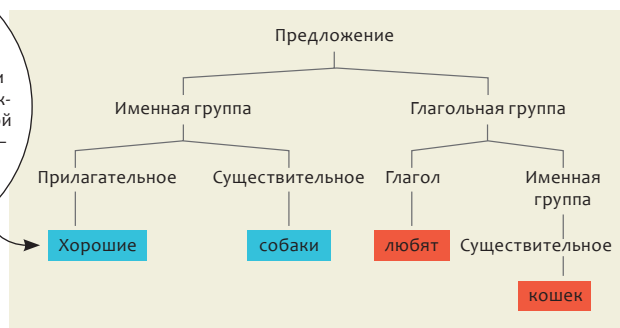
«Номенклатура» и новая лингвистика

Ноам Хомский покори лингвистическое сообщество своей теорией более полувека назад. Суть теории была проста: язык — это производная данных маленькому человеку с рождения грамматических правил, которые активируются, когда приходит время складывать слова в предложения. Хомский взял на себя труд дать определение этим правилам и вскрыть принципы их функционирования. Без этой «универсальной грамматики», считал он, ребенок не способен освоить какой бы то ни было язык. Но время не стоит на месте, и теорию Хомского уже теснят новые гипотезы, согласно которым дети усваивают язык, распознавая в речи окружающих определенные типовые структуры.

Универсальная грамматика Хомского

Хомский утверждал, что дети с рождения наделены знанием правил для составления и трансформации словосочетаний («хорошие собаки» и «хорошие собаки любят кошек»). Эти правила он и назвал универсальной грамматикой. За время своего существования теория не раз дорабатывалась, но суть ее всегда оставалась прежней: каждый ребенок обладает врожденной способностью к формированию правильных грамматических конструкций.

По мысли Хомского, благодаря врожденному механизму схематизации слова в речи ребенка сами встают на нужные места в грамматической конструкции: «хорошие» — прилагательное, «собаки» — существительное.



Узуальная теория усвоения языка

Заставляя универсальную грамматику потесниться, новейшие подходы в лингвистике и психологии выводят на первый план естественную способность детей интуитивно угадывать намерения других людей в сочетании с мощными механизмами научения, работающими в развивающемся мозге. Воспринимая на слух речь окружающих, ребенок усваивает стандартные схемы построения фраз и предложений. Так, после «собака просит» можно поставить как «еду», так и «мяч». Эмпирические исследования доказывают, что эта теория действительно способна пролить некоторый свет на то, как двух- и трехлетние дети осваивают язык.



Так, первые предложения маленьких детей — это исключительно простые грамматические конструкции, составленные по определенным шаблонам: «Где Z?», «Я хочу Z», «Еще Z», «Это Z», «Я Z-ю это», «Положи Z здесь», «Мама Z-ет это», «Давай Z-ем это», «Кидай Z», «Z нет», «Мама Z-т», «Садись на Z», «Открой Z», «Z тут», «Вот Z», «Z сломался». Впоследствии дети объединяют эти простые схемы в более сложные: «Где Z, который мама Z-ла?»

Такая характеристика раннего языкового развития у детей принимается многими сторонниками универсальной грамматики без возражений. Однако далее они утверждают, что переход к более сложным конструкциям — это не что иное, как созревание когнитивной способности, опирающейся на универсальную грамматику и ее абстрактные грамматические категории и принципы.

Так, универсальная грамматика в большинстве своих воплощений утверждает, что ребенок формулирует вопрос в соответствии с определенными правилами использования грамматических категорий: «Что (объект) ты (субъект) потерял (глагол)?». Ответ: «Я (субъект) потерял (глагол) то-то (объект)». Если это утверждение верно, то в определенный период развития дети, осваивающие английский язык, должны допускать одинаковые ошибки во всех специальных вопросах, начинающихся с вопросительных слов на *wh-*. Однако реальные ошибки детей не подтверждают эту гипотезу. На ранних этапах развития дети часто неправильно представляют слова в вопросительных предложениях: *Why he can't come?* вместо *Why can't he come?* («Почему он не может прийти?»), но в то же время, путая местами *he* и *can't*, они правильно формулируют другие специальные вопросы с вопросительными словами на *wh-* и правильно используют вспомогательные глаголы: *What does he want?* («Что он хочет?»)

Экспериментальные исследования в английском языке подтверждают, что дети, как правило, не делают ошибок в вопросительных предложениях, в которых встречаются определенные сочетания слов на *wh-* и вспомогательных глаголов (обычно это сочетания, которые им очень хорошо знакомы, например, *What does...*), при этом они продолжают делать ошибки в вопросительных предложениях с другими (не так хорошо знакомыми им) комбинациями: *Why he can't come?*

Сторонники универсальной грамматики парируют, что свободное владение грамматикой заложено в каждом ребенке с рождения, но разные факторы, такие как недостаточно развитые память, внимание и социальные навыки, мешают детям ее применять, искажая ее подлинную природу, что встает препятствием на пути изучения «чистой» грамматики, проповедуемой лингвистикой Хомского.

Однако существуют и другие интерпретации детского поведения. Есть предположение, что дело совсем не в том, что память, внимание и социальные

навыки мешают проявлению грамматики, а в том, что они же выступают важнейшими факторами построения языка. Недавно проводилось исследование, где один из нас (Пол Ибботсон) выступил соавтором, и оно показало, что способность ребенка вспомнить правильную форму прошедшего времени неправильного глагола, например: *Every day I fly, yesterday I flew* (не *flied*) («Я летаю каждый день, я вчера летал»), напрямую зависит от его способности сдержать запрашивающий ответ, нарушающий правила грамматики (такое же усилие требуется, когда нужно сказать слово «луна», глядя на изображение солнца). Получается, что память, умение проводить аналогии, внимание и оценка социальных ситуаций не то чтобы мешают ребенку реализовывать врожденный навык «чистой» грамматики Хомского — они скорее оказываются решающими факторами в реализации языка по тем законам, которые мы наблюдаем в жизни.

Как и в случае аргументации против данных кросс-лингвистических исследований и в защиту существования базового набора инструментов в человеческом языке, гипотеза о том, что собственные недоразвитые навыки мешают ребенку проявлять его врожденные способности, недоказуема. Это признак агонии угасающих научных парадигм, которым недостает прочной эмпирической основы: такими были в свое время фрейдистская психология и марксистская теория исторического развития.

Даже если не принимать в расчет ставящие универсальную грамматику под сомнение эмпирические факты, психолингвистам, работающим с детьми, трудно даже в теории представить себе феномен, когда дети рождаются с готовым набором одних и тех же абстрактных грамматических правил для всех языков и потом постигают, как их родной язык, будь то английский или суахили, укладывается в эту схему. Лингвисты называют этот парадокс проблемой связи (*между врожденной универсальной грамматикой и проявлениями живого языка. — Примеч. пер.*). Одна из немногочисленных попыток разрешить этот парадокс в отношении субъектов предложений была предпринята психологом Гарвардского университета Стивеном Пинкером (Steven Pinker), однако его выводы не сошлись с данными исследований развития детей, а также оказались неприменимыми к другим, помимо субъекта, грамматическим категориям. Таким образом, проблема связи — краеугольный вопрос в применении универсальной грамматики к усвоению языка — до сих пор не решена и еще ни разу никем серьезно не оспаривалась.

Альтернативный взгляд

Сам собой напрашивается вывод, что понятие универсальной грамматики в корне неверно. Разумеется, невозможно, даже перед лицом противоречивых

доказательств, заставить ученого отказаться от своей любимой теории, пока не появится разумная альтернатива. И такая альтернатива, названная «узуальная теория усвоения языка», наконец появилась. Эта теория, принимая множество форм, полагает, что грамматическая структура языка — это не врожденная черта человеческого познания. Наоборот, грамматика представляет собой производную исторических процессов (тех самых, которые отвечают за передачу языков от поколения к поколению) и человеческой психологии (социальных и когнитивных способностей, позволяющих новому поколению усваивать родной язык). Более того, согласно этой теории, в процессе усвоения языка задействуются системы мозга, изначально для этой цели не предназначенные, что опровергает утверждение Хомского о генетической мутации, сформировавшей способность к рекурсии.

Сочетая в себе положения из функциональной лингвистики, когнитивной лингвистики и конструктивной грамматики, узуальная теория усвоения языка гласит, что врожденного универсального инструмента, специально предназначенного для освоения грамматики, не существует. Вместо этого ребенок наследует от предыдущих поколений ментальный эквивалент многофункционального складного ножа: набор инструментов широкого спектра применения, таких, например, как категоризация, построение аналогий, способность «считывать» коммуникативную интенцию говорящего, — которые помогают ему реконструировать грамматические категории и правила из языка, который они слышат вокруг себя.

Так, ребенку, осваивающему английский язык, понятно предложение «Кошка съела кролика», и точно так же ему понятно предложение «Коза пощекотала фею». Дети слышат одинаковые по структуре фразы и проводят между ними аналогии. После достаточного количества примеров такого рода они даже смогут угадать, кто что кому сделал во фразе «Куздрра будланула бокра», несмотря на то что в ней начисто отсутствует смысл. То есть ребенок «угадывает» грамматику за структурой слов в предложении, и неважно, что на словарном уровне между этими предложениями мало общего.

Смысловое содержание в языке — это результат взаимодействия потенциального значения самих слов (например, всех возможных значений слова «съел») и значения грамматической конструкции, в которую эти слова вставлены. Так, глагол «чихать» в словаре представлен как непереходный, не присоединяющий дополнений. Но если его намеренно вставить в двухобъектную конструкцию, которая позволяет глаголу иметь при себе одновременно прямое и косвенное дополнение, получится фраза «Она чихнула ему салфетку», в которой сказуемое «чихнула» означает действие перемещения

предмета (то есть она совершила действие, посредством которого салфетка перешла к нему). Этот пример доказывает, что грамматическая структура предложения играет не меньшую роль в формировании смысла высказывания, чем слова. Вспомните теперь утверждение Хомского о том, что существуют уровни грамматики, начисто лишенные смысла.

Концепция многофункционального складного ножа также позволяет объяснить процесс усвоения языка без помощи двух обязательных с точки зрения универсальной грамматики феноменов: набора абстрактных правил сочетания символов (так называемой фундаментальной грамматики, «защитой» в человеческом мозге) и так называемого лексикона — перечня исключений, которые призваны интегрировать в теорию Хомского все идиоматические выражения и специфические особенности естественных человеческих языков. Проблема с этими двумя феноменами состоит в том, что не все правильные грамматические конструкции строятся по правилам. Например: *Him a presidential candidate?!* («Он — в президент?!»). В этой фразе субъект *him* принимает форму прямого объекта, и члены предложения стоят в неправильном порядке. Носитель английского языка может сгенерировать бесконечное количество предложений по тому же принципу: *Her go to ballet?!* («Она — на балет?!») или *That guy a doctor?!* («Этот человек — врач?!»). Возникает справедливый вопрос: куда отнести такие высказывания — к фундаментальной грамматике или к исключениям? Если они выпадают из фундаментальной грамматики, значит каждое из них надо заучивать отдельно. Но раз уж дети способны освоить такие пограничные конструкции, что мешает им таким же образом освоить весь язык? Иными словами, зачем им вообще нужна универсальная грамматика?

Интересно еще то, что идея о существовании универсальной грамматики противоречит доказательствам того, что дети усваивают язык в процессе социальных взаимодействий и постепенно совершенствуют свои языковые навыки, осваивая конструкции предложений, исторически сложившиеся в языковых сообществах. В некоторых случаях удается проследить, как это происходит. Возьмем, например, достаточно распространенные во многих языках относительные придаточные предложения, которые образуются путем присоединения одного предложения к другому. Так, мы могли бы сказать: «Мой брат... Он живет в Арканзасе... Он любит играть на пианино». Благодаря различным когнитивным механизмам (схематизации, привыканию, деконтекстуализации и автоматизации) подобные фразы за многие века эволюционировали в более сложную конструкцию: «Мой брат, который живет в Арканзасе, любит играть на пианино». Эти же механизмы

постепенно трансформировали предложения типа: «Я потянула дверь, и она захлопнулась» в «Я захлопнула дверь».

Кроме того, человек наделен уникальной способностью расшифровывать коммуникативные намерения других людей, то есть угадывать, что говорящий имеет в виду. Например, я могу сказать: «Она подарила/завещала/передала/одолжила/продала библиотеке несколько книг», но не «Она отнесла библиотеке несколько книг». Новейшие исследования показали, что существуют механизмы, которые позволяют ребенку избегать неадекватных аналогий и не строить аналогии, лишённые смысла. Ребенку никогда не придет в голову сказать: «Она съела библиотеке несколько книг». Вдобавок к этому, если дети достаточно часто слышат: «Она отнесла в библиотеку несколько книг», они смогут устоять перед тем, чтобы сказать неправильно: «Она отнесла библиотеке несколько книг».

Благодаря таким ограничительным механизмам ребенок учится из бесконечного числа возможных аналогий строить только те, которые могут помочь понять коммуникативные намерения окружающих. Это и есть «считывание» намерений. Мы все пользуемся этой тактикой, когда воспринимаем вопрос: «Вы не могли бы открыть мне дверь?» как просьбу, а не желание осведомиться о наших способностях в открывании дверей.

Эта «прагматика» — то, как мы используем язык в контексте, — присутствует и в общей теории функционирования языка Хомского. С учетом того, что язык — явление крайне неоднозначное, у Хомского не оставалось другого выхода. Однако он отводил прагматике второстепенную роль, утверждая, что языком управляет грамматика. Узуальная теория освоения языка в некотором смысле заново расставляет акценты и ставит вопрос о том, какой объем языка позволяет освоить прагматика, прежде чем говорящему придется прибегнуть к правилам синтаксиса.

Узуальные теории еще далеки от того, чтобы дать всеобъемлющее объяснение принципов функционирования языка. Процесс конструирования детьми предложений не может быть сведен только лишь к осмысленным обобщениям, которые дети делают на основе услышанных ими в устной речи предложений и словосочетаний, потому что можно сформулировать бесчисленное множество вполне осмысленных обобщений, которые будут при этом грамматически неправильными (например, «Он исчез кролика»). Практические исследования показывают, что такие ошибки дети делают не столь часто, как могли бы. Возможно, все дело в чувствительности ребенка к тому, что языковая общность, к которой он принадлежит, подчиняется определенным нормам, согласно которым все говорят «вот так». При этом детская речь всегда балансирует на тонкой грани между творческой изобретательностью

(«Я спю») и грамматической правильностью («Я сплю»). Сторонникам узуальной теории еще предстоит огромная работа, чтобы объяснить, как в раннем детстве взаимодействуют различные факторы и как через это взаимодействие выстраивается процесс усвоения языка маленьким ребенком.

Взгляд вперед

Парадигма Хомского в свое время стала радикальным отрывом от превалировавших тогда более неформальных теорий. Она впервые обратилась к сложной специфике когнитивных процессов, участвующих в освоении навыка понимания языка и говорения на нем. Но бывают такие теории (и теория Хомского не исключение), которые, проливая свет на некоторые важные вещи, одновременно затевают другие, не менее важные. Не только в лингвистике, но и в смежных с ней областях науки все чаще слышатся вздохи разочарования по поводу слишком формализованного подхода к языку, который навязывает универсальная грамматика, не говоря уже об эмпирической несостоятельности теории. Кроме того, многие современные исследователи не желают довольствоваться сухим и оторванным от реальности теоретическим анализом, учитывая, что существуют богатейшие корпуса лингвистических данных (причем многие из них уже доступны онлайн), которые можно проанализировать, чтобы подвергнуть тезисы теории проверке.

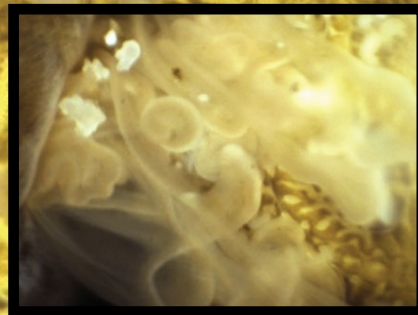
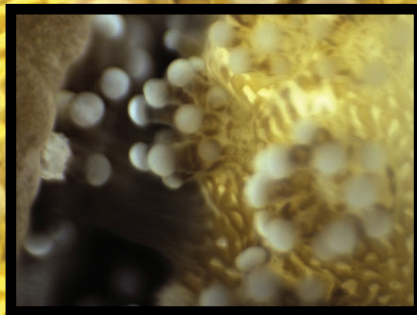
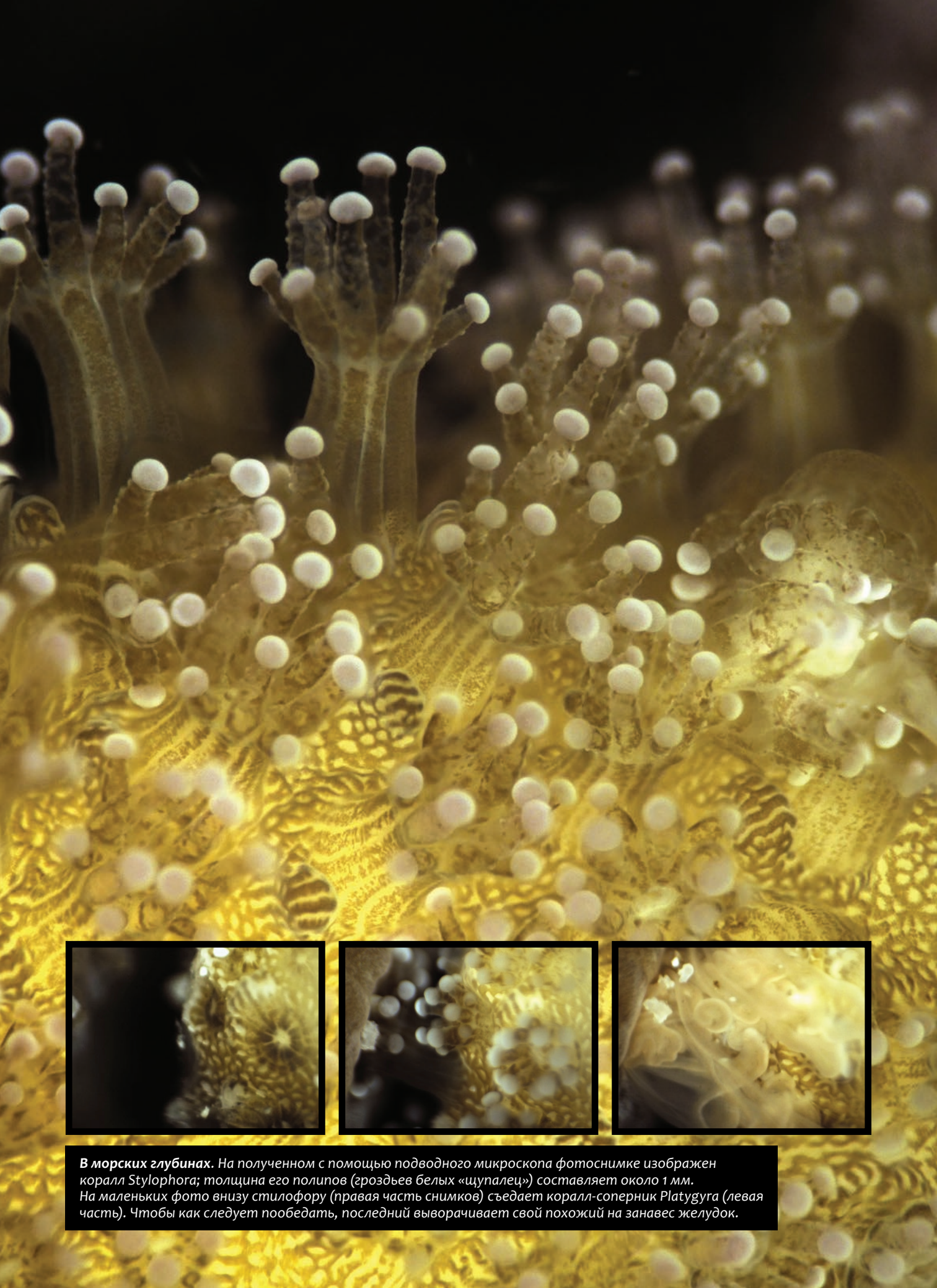
Безусловно, сдвиг парадигмы еще не осуществлен до конца, однако многие уже называют это глотком свежего воздуха в лингвистике. Ученым открылись новые возможности исследования языков мира: в чем они похожи, в чем различаются, как они менялись с течением времени и как маленькие дети осваивают родной и остальные языки.

А универсальная грамматика, похоже, доживает свои последние дни. Ей на смену приходит новая концепция — узуальная теория освоения языка, — прокладывая путь новейшим эмпирическим погружениям в тайны освоения, использования и исторического развития более чем 6 тыс. языков мира. ■

Перевод: А.С. Григорьева

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Стикс Г. Наша изюминка // ВМН, № 11, 2014.
- Constructing a Language: A Usage-Based Theory of Language Acquisition. Michael Tomasello. Harvard University Press, 2003.
- Constructions at Work: The Nature of Generalization in Language. Adele Goldberg. Oxford University Press, 2006.
- Language, Usage and Cognition. Joan Bybee. Cambridge University Press, 2010.



В морских глубинах. На полученном с помощью подводного микроскопа фотоснимке изображен коралл *Styloporhoga*; толщина его полипов (гроздьев белых «щупалец») составляет около 1 мм. На маленьких фото внизу стилофору (правая часть снимков) съедает коралл-соперник *Platyguga* (левая часть). Чтобы как следует пообедать, последний выворачивает свой похожий на занавес желудок.

ОКО В МОРСКИХ ГЛУБИНАХ

Подводный микроскоп, установленный на морском дне, позволяет наблюдать за битвами не на жизнь, а на смерть между созданиями толщиной не больше волоса

Джош Фишман

В 2015 г. ученые наблюдали беспрецедентную по своей четкости и удивительную картину — медленный танец смерти в глубинах Тихого океана.

Эндрю Маллен (Andrew D. Mullen), аспирант океанографического института при Калифорнийском университете в Сан-Диего, рассматривал умирающий коралловый риф у побережья Мауи, второго по величине острова Гавайского архипелага. Риф был словно отбелен — симбиотические водоросли (симбиодиниумы), живущие в каждом крошечном полипе коралла, нагрелись слишком сильно, и кораллы отторгли их. «Полипы побелели и зачахли, однако были еще живы», — вспоминает Маллен.

Но вот над ними нависла новая угроза — зеленые нити других, опасных для кораллов водорослей, дрейфующих между ветвями известкового скелета. «Даже ослабленные коралловые полипы способны противостоять морским водорослям», — говорит Маллен. Но никто и никогда не видел, как в дикой природе эти водоросли поселяются в колониях и за несколько месяцев бурно разрастаются, целиком покрывая полипы. «Когда они заполняют все вокруг, у кораллов не остается шансов», — поясняет он. — Как только кораллы оказываются опутанными зеленой пленкой водорослей, можно считать, что они мертвы».

Эта битва не на жизнь, а на смерть происходит на крошечной сцене — толщина каждого полипа не превышает 1 мм. Нити водорослей-захватчиков могут быть не толще 0,05 мм — примерно как человеческий волос, а отторгнутые кораллами симбиотические водоросли были в десять раз

меньше. Маллен и Жаффе смогли увидеть их всех, используя инновационное устройство, помещенное в водонепроницаемый тубус, — Донный микроскоп (*Benthic Underwater Microscope, BUM*), первый прибор, достаточно мощный, чтобы наблюдать за всеми этими созданиями на дне морском в режиме реального времени.

Жаффе и другие океанографы видели коралловые полипы вблизи и раньше, но только в лабораторных условиях. На дне моря слишком темно, чтобы получать четкие изображения с помощью обычного микроскопа. Маллен установил вокруг объектива несколько ярких светодиодов, а сам объектив снабдил гибкой линзой-мембраной, окруженной с двух сторон жидкостью. Объектив работал по принципу человеческого глаза: изменяя давление жидкости, можно было менять форму мембраны и таким образом быстро регулировать фокусировку и четко видеть крошечные объекты.

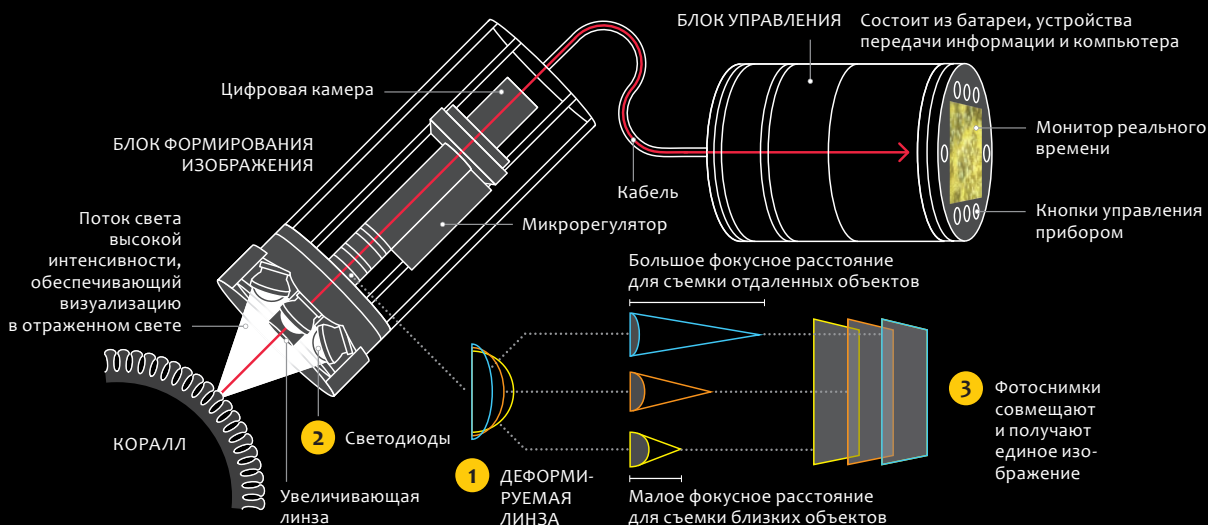
Этот объектив позволил не только проследить процесс умирания кораллов, но и рассмотреть удивительные подробности их жизни. Джаффе и Маллен наблюдали за сражениями между колониями разных типов кораллов, в ходе которых одна колония буквально съедает своего соседа. Однако никаких битв не происходит, если кораллы принадлежат к одному виду, — следовательно, эти организмы различают своих соплеменников. Каким образом, еще предстоит выяснить, но с помощью новых «подводных глаз» исследователи непременно это увидят.

Перевод: С.Э. Шафрановский

Подводная микроскопия

Морское дно — не самое подходящее место для микроскопии. Там царит полумрак и мутят воду течения, поэтому, как правило, изображение любых крошечных движущихся объектов получается смазанным и расплывчатым. Уникальная конструкция Донного микроскопа позволяет справиться с этими проблемами. Его основной элемент — деформируемая линза **1**, способная изменять свою форму за несколько миллисекунд, выгибаясь или уплощаясь, чтобы

регулировать фокусное расстояние и сохранять изображение четким. Для освещения объекта прибор оснащен кольцом светодиодов **2**, испускающих короткие световые импульсы длительностью в доли миллисекунды. За столь короткое время экспозиции изображение объекта не успевает размыться. Совместив снимки, сделанные при разных фокусных расстояниях, получают изображение, на котором все части объекта находятся в фокусе **3**.





МАРТ 1967

Китовые фермы. Гиффорд Пинчот (Gifford V. Pinchot) из Университета Джонса Хопкинса предложил выращивать беззубых (усатых) китов в неволе, преследуя двоякую цель: производство

пищи для населения Земли и спасение китов от вымирания. «Загонами» для них, по его мысли, могли бы служить коралловые атолы Тихого океана. Важным элементом этой схемы должно стать искусственное обогащение лагун атоллов питательными веществами для образования планктона. Пинчот указывает, что «эти киты занимают почти исключительное место в пищевой цепи океана: они крупны, а питаются зоопланктоном. И если они вымрут, чрезвычайно эффективная пищевая цепь "фитопланктон — зоопланктон — животный белок китов" будет утеряна».

Магниты совершенствуются.

Для значительного числа приложений сверхпроводящие магниты подходят лучше и более экономичны, чем сопоставимые по характеристикам обычные электромагниты. Более того, вероятно, что в будущем растущая потребность в более сильных и дешевых магнитных полях во многих областях науки и техники будет удовлетворяться именно сверхпроводящими магнитами. В Национальной магнитной лаборатории в Кеймбридже, штат Массачусетс, с помощью обычного электромагнита было создано магнитное поле с индукцией 250 тыс. Гс, но для этого потребовалась мощность 16 МВт, которой хватило бы для обеспечения потребностей города с населением около 15 тыс. человек.



МАРТ 1917

Летающий автомобиль. На недавней Панамериканской авиационной выставке в Нью-Йорке был представлен «автоплан» (на илл.) — роскошный лимузин с великолепно отделанным кузовом и тремя комфортабельными пассажирскими сиденьями, способный

стремительно нестись по дороге и взмывать в воздух на своих коротких крыльях, быстро достигая скорости в 105 км/ч и легко выполняя маневры,

доступные современным самолетам. Спроектирован он Гленном Кертиссом (Glenn H. Curtiss) и его инженерами. Предполагается продавать его по цене около \$10 тыс. (\$188 тыс. в ценах 2017 г.).

Примечание: архивные снимки авиационной техники 1917 г. см. по адресу: www.ScientificAmerican.com/mar2017/aviation-1917



«Автоплан»: то ли автомобиль, то ли самолет, и тот и другой роскошные, 1917 г.

Женский труд. Следствием войны в Европе, обратившим на себя большое внимание, стало привлечение женщин к работе на военных заводах. Важнейший аспект этого процесса — экономический: в Англии, Франции, Канаде и Германии это движение имеет в большой степени патриотическую основу, и женщинам платят меньше, чем мужчинам, которых они заменяют. Будут ли дамы продолжать искать подобную работу после окончания войны? Станут ли им платить больше, чем ныне? И, что еще важнее, что станет с армией вернувшихся с войны мужчин, которым нужно будет содержать свои семьи, когда их рабочие места окажутся занятыми представителями прекрасного

пола, в большинстве незаменимыми? Сегодняшние потребности закладывают основы будущих проблем с далеко идущими последствиями, в частности революционного характера.



МАРТ 1867

Современный транспорт: железные дороги и каналы.

Нам нужно отказаться от громоздкой системы поездов для скоростного передвижения и вернуться к системе транспортных средств, сочетающих в себе локомотив, тендер и кузов на 50 мест и способных раз-

вивать скорость до 96 км/ч при умеренной стоимости и суммарном весе на ходу от 40 до 50 т. Главными препятствиями для скоростного движения на железных дорогах сегодня становятся слишком большой вес транспортных средств, переменность создаваемой ими нагрузки, огромные бесполезные затраты мощности и увеличение риска с повышением скорости. А в отношении грузовых перевозок, не считая экспресс-доставки, нужно вернуться к усовершенствованному водному транспорту с пронизывающей всю страну системой водных путей — рек и каналов, — допускающих движение паровозов грузоподъемностью до 250 т. ■

Senior Vice President and Editor in Chief:

Mariette DiChristina

Executive Editor:

Fred Guterl

Design Director:

Michael Mraz

Managing Editor:

Ricki L. Rusting

Digital Content Manager:

Curtis Brainard

News Editor:

Dean Visser

Opinion Editor:

Michael D. Lemonick

Senior Editors:

Eliene Augenbraun, Christine Gorman, Steve Mirsky, Clara Moskowitz, Debbie Ponchner, Claudia Wallis, Kate Wong,

Associate Editors:

Sunya Bhutta, Lee Billings, Andrea Gawrylewsk, Larry Greenemeier, Dina Fine Maron, Annie Sneed, Amber Williams

Contributing editors: David Biello, W. Wayt Gibbs, Ferris Jabr, Anna Kuchment, Robin Lloyd, George Musser, Christie Nicholson, John Rennie

Art Contributors: Edward Bell, Bryan Christie, Lawrence R. Gendron, Nick Higgins

Art director:

Jason Mischka

Senior Graphics Editor:

Jen Christiansen

President:

Dean Sanderson

Executive Vice President:

Michael Florek

Executive Vice President,

Global Advertising and Sponsorship:

Jack Laschever

Publisher and Vice President:

Jeremy A. Abbate

© 2017 by Scientific American, Inc.

В мире науки

SCIENTIFIC AMERICAN

Оформить подписку на журнал «В мире науки» можно:

в почтовых отделениях по каталогам:

«Роспечать», подписной индекс:

81736 — для физических лиц;

19559 — для юридических лиц;

«Почта России», подписной индекс:

16575 — для физических лиц;

11406 — для юридических лиц;

«Пресса России», подписной индекс: 45724,

www.akc.ru

по РФ и странам СНГ:

ООО «Урал-Пресс»,

www.ural-press.ru

СНГ, страны Балтии и далее зарубежье:

ЗАО «МК-Периодика»,

www.periodicals.ru

РФ, СНГ, Латвия:

ООО «Агентство "Книга-Сервис"»,

www.akc.ru

Читайте в следующем номере

Парадокс упражнений

Изучение того, как «человеческая машина» сжигает калории, помогает понять, почему физическая активность, оказывается, не столь важна для контроля веса.

Что мешает освоению дальнего космоса

Установлено, что космическое излучение может быть более разрушительным для человеческого мозга, чем считалось ранее. Смогут ли все-таки люди путешествовать среди звезд?

Массовая истерия

Близки к своему завершению надолго затянувшиеся попытки найти замену подверженному разрушению артефакту из XIX столетия, который определяет килограмм.

Была ли инфляция?

Результаты недавних наблюдений астрофизиков в сочетании с теоретическими исследованиями ставят под сомнение ставшие привычными концепции инфляционной теории ранней Вселенной. Возможно, потребуются новые идеи.

Микробы высокого полета

Дроны и теория хаоса способствуют исследованию и пониманию того множества путей, которыми микроорганизмы сеют разрушение по всему миру.

Свистящие языки

Задолго до изобретения смартфонов и даже азбуки Морзе в некоторых труднодоступных уголках нашей планеты люди научились общаться на больших расстояниях при помощи свиста. Эта удивительная форма общения до сих пор завораживает лингвистов во всем мире.





ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия

<http://scientificrussia.ru>

