

НЕЙРОНАУКИ

Люди, которые
помнят все

МЕДИЦИНА

Новый путь
к укрощению рака

ИНФОТЕХ

Образовательный
потенциал видеоигр

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

www.sci-ru.org

№4 2014

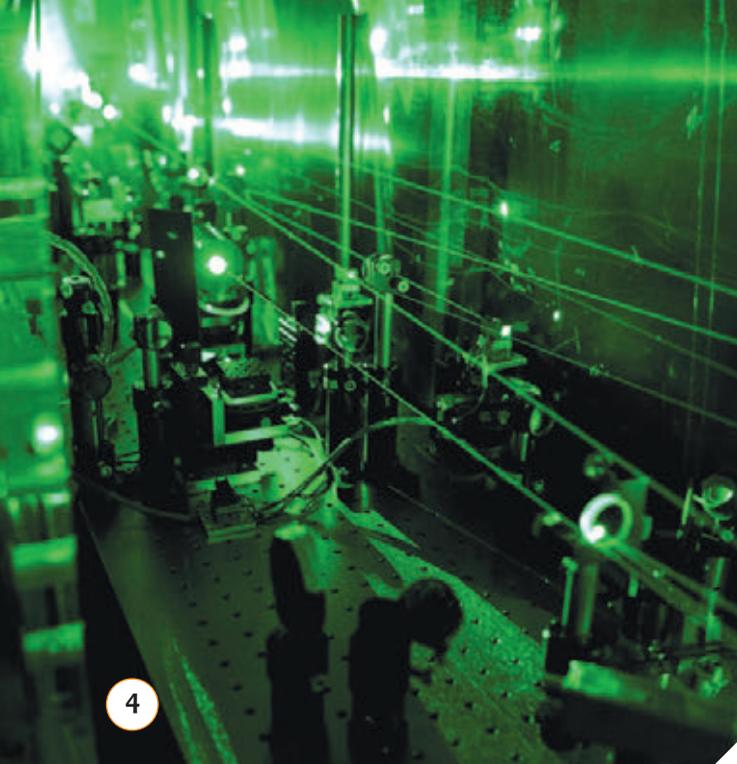
12+



**ПРОТОН:
НОВОЕ
ИЗМЕРЕНИЕ
ФИЗИКИ**



Журнал выходит при поддержке
МГУ имени М.В. Ломоносова



СОДЕРЖАНИЕ

Апрель 2014

Главные темы номера

Физика

ПРОБЛЕМА РАДИУСА ПРОТОНА

Ян Бернауэр и Рандольф Поль

Два эксперимента неожиданно показали два значения радиуса протона, существенно отличающихся друг от друга. При удачном стечении обстоятельств эта аномалия, возможно, приведет к фундаментальному пересмотру законов физики

Энергетика

ДОЛГИЙ ПУТЬ БЫСТРОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Виктор Фридман

О технологии быстрых реакторов, об истории их развития и перспективах на будущее рассказывает заместитель генерального директора ГНЦ РФ — ФЭИ доктор технических наук **Владимир Поплавский**

Космология

ЭНЕРГИЯ — ДЕЛО ТЕМНОЕ?

Валерий Чумаков

Наверное, самая увлекательная тема в современной космологии — вопрос о темной материи и темной энергии. Что знает об этих загадочных сущностях современная наука, объясняет один из ведущих мировых специалистов в этой сфере академик **Валерий Рубаков**

Медицина

В ПОИСКАХ СВОЕЙ МЕЧТЫ

Владимир Губарев

Президент РАМН академик **Иван Дедов** — об истории и современных достижениях российской эндокринологии, о состоянии отечественной медицины, о судьбах науки в стране

Математика

4 СЕКРЕТНОЕ СЕРДЦЕ НАУКИ

Владимир Губарев

Директор Института прикладной математики им. М.В. Келдыша академик **Борис Четверушкин** и его ученик **Андрей Горобец**, недавний лауреат президентской премии в области науки и инноваций, — о тайнах математики и секретах технологий

Биология

14 О НАНОНАСЕКОМЫХ И ВЕРБЛЮДЕ, ПРОЛЕЗАЮЩЕМ В ИГОЛЬНОЕ УШКО

Владимир Губарев

Как получить премию президента России? Нужно ли ученому идти во власть? Где проходит граница между живым и мертвым? Что такое нанонасекомые? Кто побеждает: природа или человек? На все эти вопросы может ответить декан биологического факультета МГУ академик **Михаил Кирпичников**

Поведение животных

КУРИНЫЕ МОЗГИ?

Сара Зелински и Кэрولينн Смит

Оказывается, домашние куры весьма умны и прекрасно ориентируются в окружающем их мире. Такое открытие ставит серьезные этические вопросы

Медицина

28 ОБХОДНЫЕ ПУТИ В БОРЬБЕ С РАКОМ

Ракеш Джайн

Нередко клетки и матрикс сдавливают кровеносные сосуды в опухоли и перекрывают доступ к ней противораковых средств. Возможно, в недалеком будущем мы сможем справиться с этой проблемой





62

Биотехнологии

ВПОЛНЕ ГЛОБАЛЬНАЯ ЗАДАЧА

70

Валерий Чумаков

Сегодня биотехнологии включают самые разные области: биоэнергетику, биоэкономику, биоэтику и даже биополитику. Рассказать обо всех этих направлениях мы попросили начальника НТК биоэнергетики НИЦ «Курчатовский институт» профессора **Раифа Василова** и заведующего лабораторией электробиосинтеза НТК биоэнергетики кандидата биологических наук **Зоригто Намсараева**



Образование

РЕВОЛЮЦИЯ В ОЦЕНКЕ НАУЧНЫХ РАБОТ

76

Евгений Балабас

Что сделано за минувший год в плане реформирования деятельности ВАК и какие получены результаты? Почему не начата масштабная кампания против защитившихся ранее диссертантов-плагиатчиков? Об этом и обо многом другом — глава ВАК **Владимир Филиппов**



Информационные технологии

ИГРЫ РАЗУМА

80

Алан Гершенфельд

Компьютерные игры могут изменить лицо образования, но для начала игровым дизайнерам, учителям и родителям придется умерить как восторги, так и страхи



12+

88

Нейронауки

ВСПОМИНАЯ ВСЕ, ЧТО БЫЛО

88

Аврора Лепорт и Джеймс Макгоу

Ученые обнаружили, что некоторые люди способны вспоминать детали события двадцатилетней давности так же хорошо, как если бы оно произошло вчера

Квантовая физика

ЧТО РЕАЛЬНО В РЕАЛЬНОСТИ?

94

Майнард Кульман

Физики говорят, что мир состоит из частиц и силовых полей, но совсем не ясно, что такое частицы и силовое поле в квантовом царстве. Возможно, на самом деле мир складывается из некоего набора свойств, таких как цвет и форма

Математика

НИКОГДА НЕ ГОВОРИ «НИКОГДА»

104

Дэвид Хэнд

Почему не стоит удивляться невероятным на первый взгляд совпадениям — даже когда речь идет о двух розыгрышах лотереи, в которых выпадали шесть одинаковых чисел

Разделы

От редакции

3

50, 100, 150 лет тому назад

61

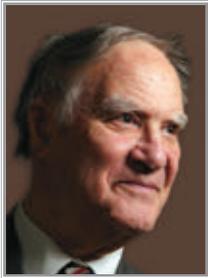
Книжное обозрение

108

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN

В мире науки



Основатель и первый главный редактор журнала «В мире науки/Scientific American», профессор СЕРГЕЙ ПЕТРОВИЧ КАПИЦА

НАШИ ПАРТНЕРЫ:



очевидное



невероятное



Российская Академия Наук

PETER



SERVICE



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



РОСАТОМ



Сибирское отделение РАН



Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

Главный редактор:

В.Е. Фортов

Первый заместитель главного редактора:

А.Л. Асеев

Директор НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

С.В. Попова

Заместитель главного редактора:

А.Ю. Мостинская

Зав. отделом естественных наук:

В.Д. Ардаматская

Зав. отделом российских исследований:

Ю.Г. Юшквичюте

Выпускающий редактор:

М.А. Янушкевич

Обозреватели:

В.С. Губарев, Ф.С. Капица, В.Ю. Чумаков

Администратор редакции:

О.М. Горлова

Научные консультанты:

начальник НТК биоэнергетики

НИЦ «Курчатовский институт» профессор Р.Г. Васильев;

к.ф.-м.н. А.В. Горобец; президент РАМН академик

И.И. Дедов; декан биологического факультета МГУ академик

М.П. Кирпичников; к.б.н. З.Б. Намсараев; генеральный директор

ГНЦ РФ — ФЭИ д.т.н. В.М. Поплавский; академик В.А. Рубаков;

руководитель ВАК академик В.М. Филиппов; директор Института

прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН академик

Б.Н. Четверушкин

Над номером работали:

М.С. Багоцкая, Е.А. Балабас,

О.Л. Беленицкая, С.В. Гогин, Т.М. Колядич, А.П. Кузнецов,

А.И. Прокопенко, И.Е. Сацевич, В.Э. Скворцов, В.П. Фридман,

Н.Н. Шафрановская

Верстка:

А.Р. Гукасян

Дизайнер:

Я.В. Крутий

Корректора:

Я.Т. Лебедева

Президент координационного совета

НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

Ю.С. Осипов

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: (495) 939-42-66; E-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru

Иллюстрации предоставлены *Scientific American, Inc.*

Отпечатано: В ЗАО «ПК «ЭКСТРА М», 143405, Московская

область, Красногорский р-н, г. Красногорск, автодорога «Балтия»,

23 км, владение 1, д. 1

Заказ №4 14-03-00196

© **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.

Мариэтт Ди Кристина,
главный редактор журнала
Scientific American



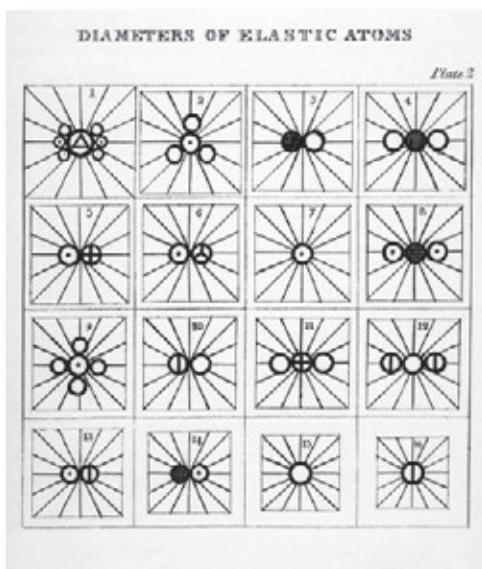
Поиск знаний

В статье «Проблема радиуса протона» Ян Бернауэр и Рандольф Поль пишут: «Мы проникли вглубь материи и выудили оттуда аномалию. Следовательно, у нас появился отличный шанс узнать нечто новое».

Их задача была простой: измерить радиус протона. Однако, применив для получения высокой точности два дополняющих друг друга метода измерений, они получили различные результаты. И различие нельзя было считать незначительным: оно более чем впятеро превышало погрешность каждого из измерений. Как это могло случиться? То ли мы не вполне понимали физику явлений, используемых для точных измерений, то ли не так хорошо, как нам казалось, понимали физику вроде бы отлично знакомого протона?

Когда я смотрю на эту статью и другие материалы, которые мы готовим к печати, я возвращаюсь к мысли, как часто наука показывает человечеству: то, о чем вы думаете, не так-то просто. И реакция ученых — не разочарование, как можно было бы подумать, а стремление поглубже исследовать очередную восхитительную тайну. Я считаю, что поиски очень вдохновляют. Стремление понять и поделиться приобретенным знанием, чтобы улучшить мир, не только питает науку, но и служит основой всего, что мы делаем в нашем журнале.

Мы можем подкрепить наши стремления с помощью некоторых удивительных средств, о которых говорится



Атомная диаграмма, составленная британским химиком Джоном Далтоном, из публикации 1896 г.

в статье «Игры разума». По словам ее автора Алана Гершенфельда, исследования показывают, что видеоигры имеют большой потенциал в деле приобретения умений более высокого уровня, в том числе умения решать задачи и делать выводы из имеющихся фактов. Более подробные результаты своих изысканий Гершенфельд намерен представить на очередном Всемирном экономическом форуме в Давосе (Швейцария) в грядущем январе; он также будет докладчиком на модерерируемой мною дискуссии о научной грамотности.

Наш журнал, основанный в 1845 г., не только имеет самый большой стаж непрерывного издания в США, но и сам, как и все на нашей планете, эволюционировал и приспособивался к требованиям времени. Наши цифровые архивы, ставшие в последние годы доступными библиотекам и научным учреждениям, впервые открылись и для личных пользователей. Как поступил бы всякий, заинтересованный в развитии науки, мы приглашаем вас исследовать факты самостоятельно и надеемся, что вы найдете это занятие поучительным. ■

*Мариэтт ДиКристина,
главный редактор журнала Scientific American*



УКАЗ

ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Об увековечении памяти С.П. Капицы

Отмечая большой вклад С.П. Капицы в развитие отечественной и мировой науки и выдающуюся роль в пропаганде научных знаний, а также учитывая его многолетнюю плодотворную общественную деятельность, п о с т а н о в л я ю:

1. Одобрить инициативу ряда организаций и общественных деятелей по увековечению памяти С.П. Капицы.

2. Министерству культуры Российской Федерации совместно с Министерством связи и массовых коммуникаций Российской Федерации обеспечить размещение в информационно-телекоммуникационной сети Интернет ретроспективы научно-просветительской телевизионной программы «Очевидное – невероятное», бессменным ведущим которой был С.П. Капица.

3. Рекомендовать Правительству Москвы:

а) рассмотреть вопрос об установлении мемориальной доски на доме, где жил С.П. Капица;

б) присвоить имя С.П. Капицы одной из улиц или площадей г. Москвы.

4. Настоящий Указ вступает в силу со дня его подписания.



Президент
Российской Федерации В.В. Путин

Москва, Кремль
5 марта 2014 года
№ 113





В личности Сергея Петровича Капицы удивительным образом переплелись и противоречивость эпохи, в которую ему довелось жить, и его поразительное окружение, и уникальное научное чутье, и многогранность натуры.

Прошло почти два года после его ухода, но его мысли, убеждения, взгляды продолжают жить в его телепрограммах, книгах, делах его коллег и учеников. Вспоминая его, те, кто с ним дружил, работал или просто общался, смогли осознать, как много изменилось в их жизни и в них самих благодаря тому, что их судьбы пересеклись с судьбой Сергея Петровича. Он умел направить наши мысли и поступки в нужное русло, заставить задуматься о смысле своего пребывания на Земле, пробудить интерес к жизни и своему делу.

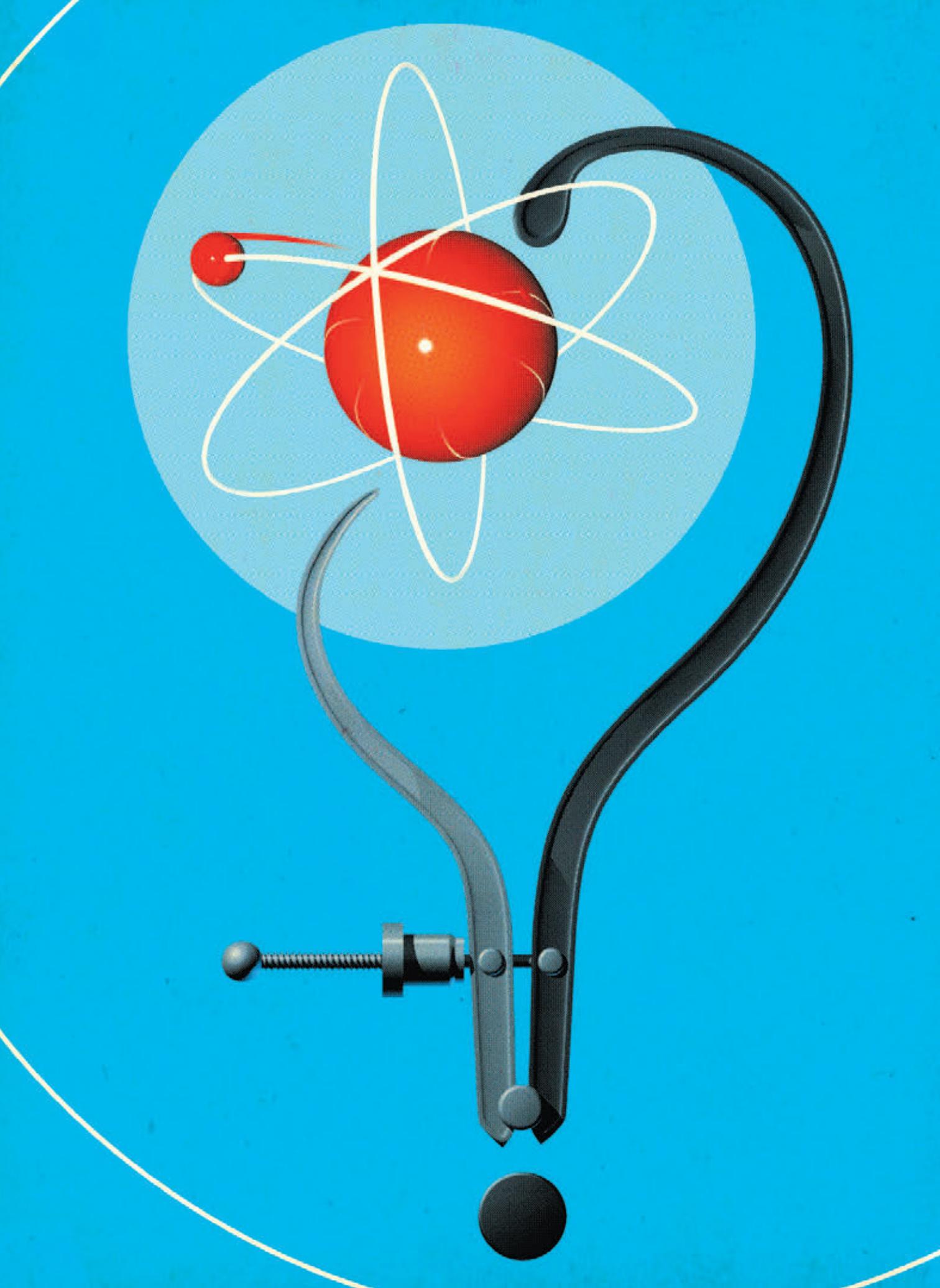
7 марта 2014 г. был подписан указ «Об увековечении памяти С.П. Капицы». Подписание указа произошло в беспрецедентно короткие сроки благодаря инициативе и усилиям руководства медиахолдинга ВГТРК и телекомпании «Очевидное — невероятное», которые были поддержаны Администрацией Президента РФ и правительством Москвы.

П радиуса протона

Ян Бернауэр и Рандольф Поль

б
л
е
м
а

Два эксперимента неожиданно показали два значения радиуса протона, существенно отличающихся друг от друга. В чем же дело?



ОБ АВТОРАХ

Ян Бернауэр (Jan C. Bernauer) — научный сотрудник Лаборатории ядерной физики Массачусетского технологического института.



Рандольф Поля (Randolf Pohl) работает в области лазерной спектроскопии водорода и водородоподобных экзотических атомов в Институте квантовой оптики им. Макса Планка в Гархинге, Германия.



Простительно предполагать, что мы знаем о протоне все. Ведь в конце концов он — основная составляющая наблюдаемой Вселенной, топливо жарких звездных горнов. Изучение протона (в атоме его положительный заряд определенным образом связан с отрицательно заряженным электроном) вызвало 100 лет назад революцию в физике, приведшую к рождению квантовой механики. Сегодня ученые организуют несметное число столкновений протонов высоких энергий, чтобы явить на свет божий такую экзотику, как бозон Хиггса.

Однако результаты недавних работ по изучению протона стали для нас настоящим сюрпризом. Авторы этой статьи с коллегами провели самые точные на сегодня измерения радиуса протона в рамках двух дополняющих друг друга экспериментов. Когда мы начинали свои изыскания, то предполагали, что результаты нашей работы помогут повысить точность измерения размера протона. Но мы ошибались. Данные наших измерений радиуса протона отстоят друг от друга, как небо от земли. Разница более чем в пять раз превышает точность и того и другого измерений, а это означает, что вероятность случайной ошибки в данном случае составляет менее одной миллионной.

Ясно, что здесь что-то не так. Либо мы не имеем полного представления о протоне, либо мы не понимаем физику явлений, используемых для точного измерения протона. Мы проникли глубоко вглубь материи и выудили оттуда аномалию. Следовательно, у нас появился отличный шанс узнать нечто новое.

Недостаточный сдвиг

Наша история начинается на итальянском острове Сан-Серволо, в десяти минутах езды на быстроходном катере от площади Сан-Марко в Венеции. На острове до конца 1970-х гг. располагалась больница для душевнобольных. Тридцать лет спустя после ее закрытия несколько десятков физиков избрали этот остров, чтобы встречаться и обсуждать точные эксперименты по проверке самой хорошо проработанной теории физики, если не науки в целом: квантовой электродинамики (КЭД).

История КЭД прослеживается с конца 1928 г., когда Поль Дирак объединил квантовую механику и специальную теорию относительности в то, что теперь называется уравнением Дирака. Это наша лучшая теория электричества и магнетизма, поскольку она полностью описывает то, как свет взаимодействует с материей. Рассмотрим лишь один пример: КЭД объясняет структуру атомов, используя только законы физики и значения фундаментальных констант, таких как масса электрона. Поэтому физики используют простые атомы, такие как атом водорода, чтобы проверить справедливость квантовой электродинамики. Они могут предсказать результаты экспериментов с неопределенностью в 0,0000000001%. Точность экспериментов соответствующая.

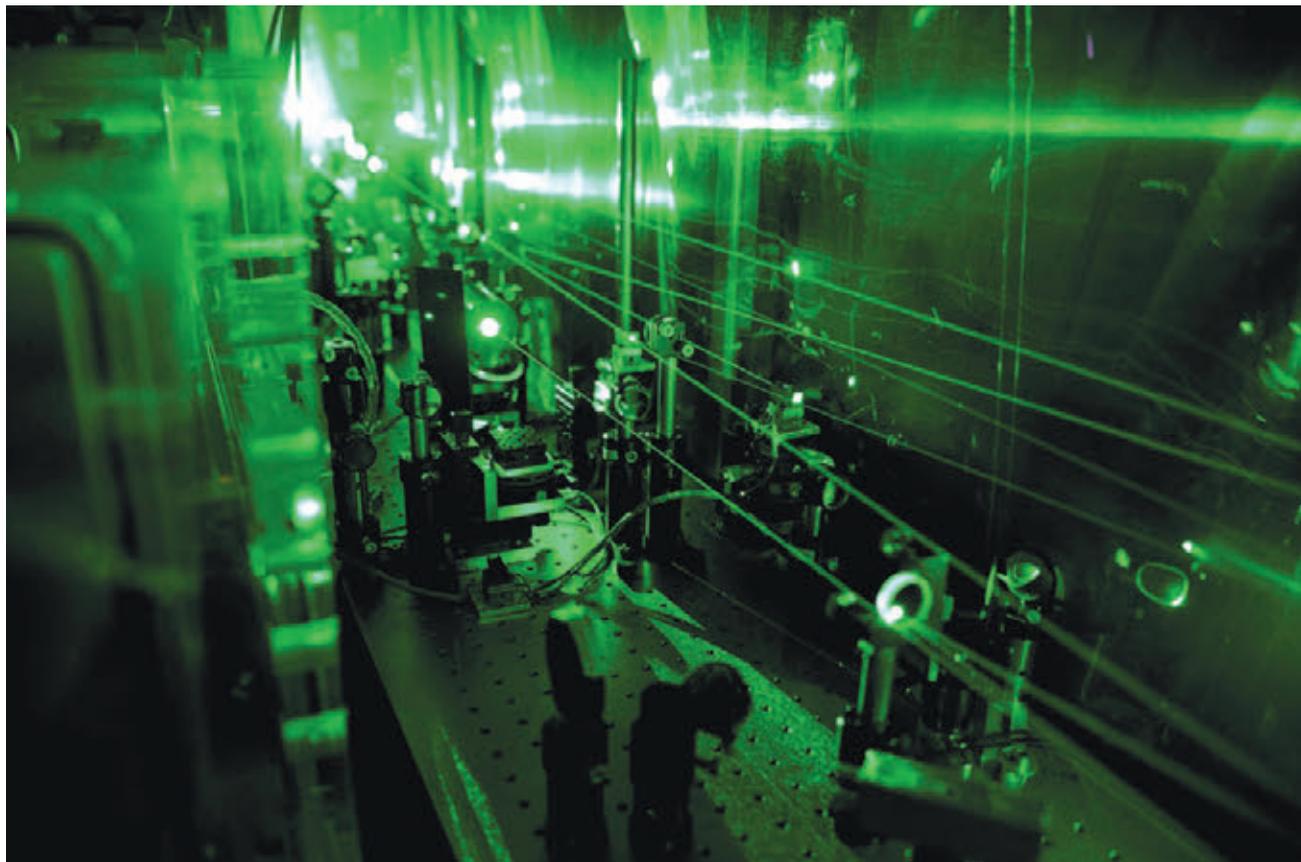
Впервые мы встретились друг с другом именно на Сан-Серволо. Мы начали измерения протона, которые должны были помочь уточнить наши знания КЭД. Целью эксперимента Яна Бернауэра было исследование внутренней структуры протона с помощью усовершенствованной версии методики, которая уже позволила провести самые точные на тот день измерения.

Группа Рандольфа Поля использовала новый подход. Они изучали очень слабые сдвиги в энергетических уровнях экзотической формы атома водорода, у которого электрон заменен на мюон — у них эти сдвиги гораздо сильнее зависят от размера протона. Сдвиги эти впервые были выявлены в обычном водороде еще в 1947 г. покойным Уиллисом Юджином Лэмбом (Willis E. Lamb). Несмотря на то что физики называют это явление лэмбовским сдвигом, они пришли к пониманию, что обусловлен он двумя различными причинами.

Во-первых, вклад в лэмбовский сдвиг дают так называемые виртуальные частицы, призраки, которые

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- В новом эксперименте по измерению радиуса протона обнаружено, что он гораздо меньше, чем предполагалось ранее.
- Эта разница дает основания предполагать, что физики не понимают нечто важное либо в самом протоне, либо в теории квантовой электродинамики — до настоящего времени самой хорошо проверенной и проработанной теории в науке.
- При удачном стечении обстоятельств эта аномалия, возможно, приведет к фундаментальному пересмотру законов физики.



Протонный зонд: один из способов измерения радиуса протона заключается в том, чтобы направить этот точно настроенный лазерный пучок на экспериментальный образец так называемого мюонного водорода — атомов, состоящих из одного протона и одного мюона, тяжелого родственника электрона

неожиданно возникают внутри атома и почти сразу же исчезают. Ученые могут воспользоваться квантовой электродинамикой, чтобы с поразительной точностью вычислить, как эти виртуальные частицы влияют на энергетические уровни атома. Однако в последние годы неопределенности, связанные с вкладом в лэмбовский сдвиг другого явления, стали ограничивающим фактором в точности предсказаний ученых. Эта вторая причина, должно быть, имеет отношение к радиусу протона и причудливой квантово-механической природе электрона.

В квантовой механике электрон принимает форму похожей на облако волновой функции, которая распределена внутри объема, занимаемого атомом. Волновая функция (вернее, ее квадрат) описывает вероятность обнаружить электрон в данной области и может принимать только определенные дискретные формы, которые мы называем состояниями атома.

Часть этих атомных состояний, названных по ряду исторических причин *S*-состояниями, имеет волновую функцию, которая принимает максимальное значение у атомного ядра; т.е. существует ненулевая вероятность найти электрон внутри самого протона — и вероятность эта тем больше, чем больше радиус протона. Когда электрон находится внутри протона, он не «чувствует» в полной мере положительный электрический

заряд протона, что уменьшает величину силы суммарного притяжения между протоном и электроном.

Это уменьшение прочности связи вызывает изменение лэмбовского сдвига самого нижнего энергетического состояния — состояния *1S* — на 0,02%. Такая доля может показаться несущественной. Но разность энергий между основным, *1S*, и первым возбужденным, *2S*, состоянием была измерена с невероятной точностью — несколько 10^{-15} долей. Следовательно, если требуется сравнить данные, полученные с помощью КЭД, с результатами прецизионных экспериментов, необходимо учитывать даже такой слабый эффект, который связан с величиной радиуса протона.

Группа Поля в течение восьми лет пыталась определить точное значение радиуса протона. Однако ко времени той первой конференции на Сан-Серволо оказалось, что их эксперимент не работает, и для всех это стало большой загадкой.

Тем временем группа Бернауэра собиралась начать собственный эксперимент по определению радиуса протона. Их подход не был связан с энергетическими уровнями водорода. Вместо этого они собирались использовать рассеяние электронов на мишени — атомах водорода, чтобы на основании этого сделать вывод о том, насколько велики протоны.

Частица-мишень

Газообразный водород — это главным образом рой протонов. Если вы выстрелите в мишень из атомов водорода пучком электронов, часть отрицательно заряженных электронов отклонится под действием положительного заряженного протона и «рассеется» в сторону от первоначального направления пучка. Более того, это рассеяние в очень большой степени зависит от внутренней структуры протона. (Протоны, в отличие от электронов, состоят из еще более элементарных компонентов).

Давайте пристально рассмотрим, как взаимодействуют протон и электрон, когда один рассеивается на другом. Когда электрон рассеивается на протоне, он передает тому часть своего импульса. В КЭД физики описывают это взаимодействие как обмен виртуальным фотоном между электроном и протоном. Если электрон рассеивается лишь на незначительный угол — при скользящем ударе, — он передает протону только небольшую часть своего импульса. Если электрон рассеивается на угол, близкий к 180°, мы представляем это как попадание электрона в самый центр протона, при этом он передает протону существенную часть своего импульса. В КЭД большая величина импульса означает, что виртуальные фотоны имеют более короткую длину волны.

Так же как и в оптическом микроскопе, если мы хотим увидеть самые мелкие детали, мы используем самые короткие из возможных длины волны. Часть работы Бернауэра состояла в том, чтобы использовать короткие волны для исследования распределения заряда внутри протона.

Однако во время встречи на Сан-Серволо физики попросили Бернауэра расширить рамки его эксперимента. Короткие длины волн хорошо подходят для изучения структур внутри протона, но если вы хотите исследовать протон как целое (а значит и его радиус), вам

потребуется волна бесконечной длины, которая позволит фотону «увидеть» весь протон. При таком крайнем значении никакого рассеяния вообще не будет.

С технической точки зрения это, конечно, невозможно: электрон должен отклониться по крайней мере на небольшой угол, чтобы можно было произвести измерение. Поэтому группа Бернауэра измеряла передачу минимально возможного импульса, которую можно было зарегистрировать с помощью их установки, а затем экстраполировать результат до нуля. Его группе удалось почти вдвое уменьшить разрыв между нулем и минимальным зарегистрированным импульсом, переданным протону, по сравнению с более ранними экспериментами, что позволило сделать экстраполяцию более надежной. Наконец, следует отметить, что в этом эксперименте было проведено почти в два раза больше измерений, чем во всех предыдущих вместе взятых. После окончания экспериментов, проводившихся в 2006–2007 гг., Бернауэру потребовалось три года, чтобы проанализировать все данные, — работа, за которую впоследствии он получит докторскую степень. Радиус протона, рассчитанный им, был равен примерно 0,879 фемтометра (примерно в десять миллиардов меньше размера капли воды в облаке тумана) и совпадал с результатами предыдущих измерений.

Странный водород

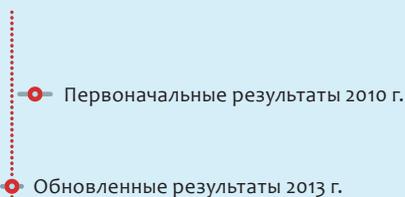
Тем временем Поль и члены его группы продолжили напряженную работу. В их эксперименте электрон в атоме водорода был заменен на его более массивного родственника — мюон. Мюоны почти во всем похожи на электроны за исключением того факта, что они примерно в 200 раз более массивны. Эта разница в массе — причина того, что мюон в мюонном атоме водорода расположен примерно в 200 раз ближе к протону, чем электрон.

Результаты

ИЗМЕРЕНИЯ, ПРОТИВОРЕЧАЩИЕ ДРУГ ДРУГУ

Размер протона должен быть одним и тем же независимо от того, как было проведено измерение. Лаборатории рассчитывали радиус протона на основе экспериментов по рассеянию и путем измерения энергетических уровней атомов водорода в экспериментах по спектроскопии. Все эти результаты совпадают с точностью до погрешности эксперимента. Но в 2010 г. измерение энергетических уровней так называемого мюонного водорода показало значительно более низкое значение радиуса протона. Попытки объяснить аномалию до сих пор терпели неудачу.

Радиус протона с использованием мюонного водорода



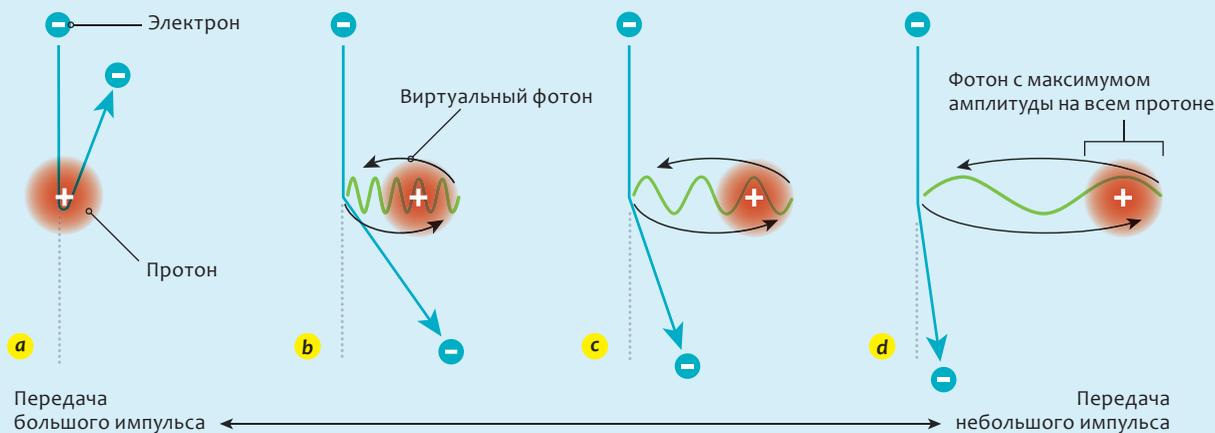
Радиус протона, полученный в других экспериментах



ИЗМЕРЕНИЕ ПО СЛУЧАЙНОМУ РАССЕЯНИЮ НА ПРОТОНАХ

В экспериментах по рассеянию электронов пучок электронов направляли на сосуд, наполненный газообразным водородом (атом водорода в основном и есть протон), и измеряли, как они рассеивались. Квантовая электродинамика (КЭД) описывает это взаимодействие, используя обмен «виртуальными» фотонами. Электрон, который попадает в протон, обменивается с ним фотоном чрезвычайно короткой длины волны **a**. Чем короче длина волны, тем выше энергия, которая

меняет направление полета электрона. Электроны, проходящие дальше от протона, производят фотоны с большей длиной волны (от **b** до **d**) и отклоняются на меньший угол. Информация о радиусе протона содержится в фотонах самых длинных волн. Представьте, что взаимодействие между фотоном и протоном зависит от амплитуды фотона. Для регистрации всего протона длина волны должна быть столь большой, чтобы амплитуда не изменялась на всем размере протона **d**.



Но если мюон расположен в 200 раз ближе к протону, он должен проводить гораздо больше времени внутри протона. (Действительно, вероятность возрастает в 200^3 , или в 8 млн раз.) Это, в свою очередь, изменяет лэмбовский сдвиг у атома на 2% — довольно большая величина, которую легко будет зафиксировать.

В эксперименте Поля мюоны выстреливаются ускорителем швейцарского Института им. Пауля Шерера в сосуд, в котором находится газообразный водород. Время от времени мюон замещает электрон, разрушая молекулу водорода и образуя атом мюонного водорода в высоковозбужденном состоянии. В течение нескольких наносекунд мюонный водород будет падать в одно за другим состояния со все более низкой энергией. В эксперименте использовались только мюонные атомы водорода, которые находились в первом возбужденном состоянии (2S).

Когда каждый из мюонов влетал в сосуд с водородом, он давал сигнал на запуск лазерной системе, которая выстреливала импульс продолжительностью примерно в одну микросекунду. Если бы фотоны лазерного излучения имели в точности необходимую энергию, которая измеряется его длиной волны, лазерное излучение подняло бы атом из состояния 2S в состояние с большей энергией 2P. Форма состояния 2P такова, что мюон никогда нельзя найти внутри протона, поэтому, измеряя разницу энергий между состояниями 2S и 2P, мы смогли бы сделать вывод о том, сколько времени мюон проводит внутри протона, и таким образом получить радиус протона.

Здесь необходимо важное замечание: мы должны были настроить длину волны излучения лазера таким образом, чтобы энергия кванта в точности равнялась

необходимой величине. Атом перескочит в состояние с более высокой энергией, только если энергия кванта его излучения строго равна разнице энергий состояний 2S и 2P. Если бы длина волны даже чуть-чуть отличалась от требуемой, ничего бы не произошло. Как же мы узнали, перескочили ли атомы в более высокое состояние? Любой атом, перешедший в состояние 2P, быстро испустит фотон мягкого рентгеновского излучения. Если бы мы обнаружили эти фотоны, мы точно знали бы, что длина волны излучения подобрана правильно.

Несмотря на кажущуюся теоретическую простоту, хорошо известно, что эти эксперименты очень трудно провести. Аналогичные эксперименты впервые были предложены еще в 1960-х гг., когда КЭД была относительно новой наукой, в качестве прецизионного инструмента для ее проверки. Но подобный эксперимент был гораздо более трудным, чем дополняющие его опыты с водородом и другими атомами с электронными оболочками, поэтому интерес к нему затухал до 1990-х гг., когда точность других методов проверки уперлась в ограничения, связанные с неопределенностью в размерах протона.

Группа Поля предложила руководству Института им. Пауля Шерера провести эксперимент по измерению лэмбовского сдвига у мюонного водорода в 1997 г. В начале 1999 г. институт одобрил этот проект, и три года мы потратили на постройку лазерной системы, детекторов мягкого рентгеновского излучения и получение пучка мюонов низкой энергии.

После того как в 2002 г. мы подготовили все в Институте им. Пауля Шерера для проведения экспериментов, возникло несколько технических вопросов. К тому

времени, когда мы все наконец утрясли, у нас осталось лишь несколько часов, чтобы направить излучение лазеров на мюонные атомы водорода прежде, чем истечет все выделенное нам на ускорителе время. Кое-кто из нас был очень разочарован, потому что мы действительно считали, что нам удастся обнаружить сдвиг $2S-2P$ в первой же серии экспериментов. Старшие члены нашей группы, однако, были настроены более реалистично в отношении перспектив получить готовые результаты после первого же прогона. Они были рады, что все работает и выявлено

лишь несколько небольших технических недочетов. Все их легко можно было устранить до начала серии «настоящих измерений», намеченных на 2003 г., когда мы наверняка увидим сигнал лэмбовского сдвига.

И вот после многомесячной подготовки три недели успешного сбора данных дали... Абсолютно ничего они нам не дали. Ни малейшего указания на присутствие сигнала. Несмотря на то что лазер отсканировал весь диапазон длин волн, который соответствовал известному экспериментальному значению радиуса протона. Ничего!

Второй эксперимент

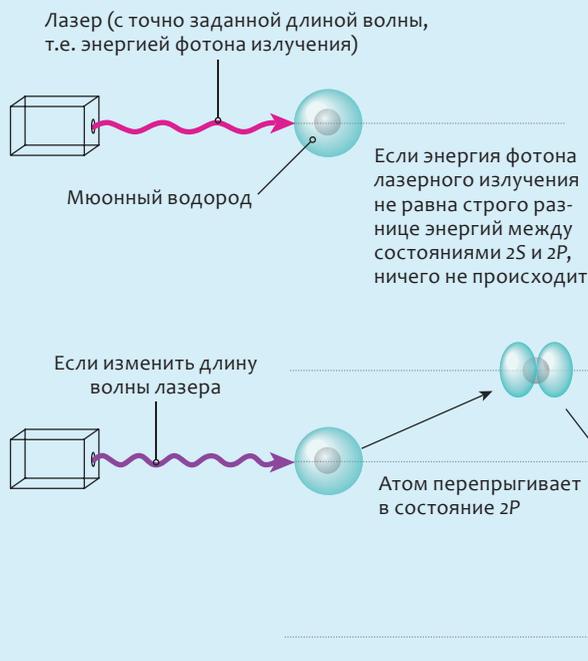
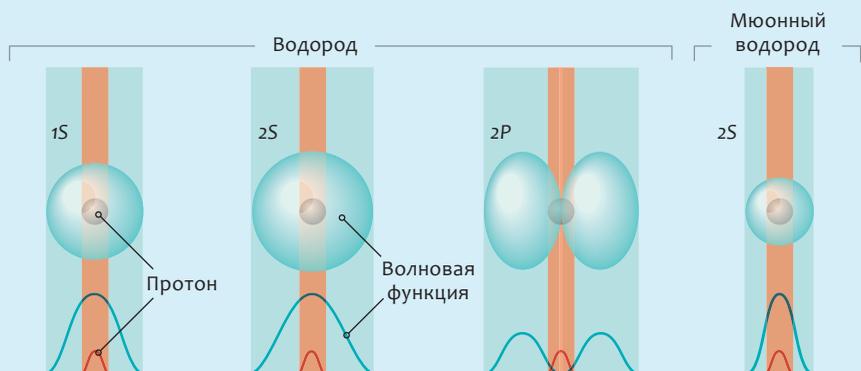
МЕТОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРАННОГО ВОДОРОДА

Электрон в атоме водорода принимает форму облака вероятности, называемого волновой функцией. Иногда волновая функция электрона охватывает протон; это предполагает, что протон находится внутри электронного облака. Такой перехлест изменяет энергию атома. Ученые могут измерить этот

лэмбовский сдвиг в энергии, чтобы вывести из него размер протона. Они также заменяют электрон мюоном, который имеет волновую функцию меньшего размера и поэтому больше времени проводит внутри протона, что усиливает сигнал.

Критический перехлест

Форма атома водорода зависит от его энергии. В состояниях с самой низкой энергией («S-состояниях») волновая функция электрона и протон перехлестываются. В состояниях с более высокой энергией («P-состояниях») — нет. Ученые измеряют разницу в энергии между S- и P-состояниями, чтобы обнаружить лэмбовский сдвиг, вызванный размером протона. В мюонном водороде перехлест протона и волновой функции мюона больше, что усиливает лэмбовский сдвиг.



Эксперимент

Мюонный водород получают, бомбардируя пучком мюонов атомы водорода в газообразном состоянии (не показано). Примерно 1% образующихся мюонных атомов будет в 2S-состоянии. Затем их облучают пучком лазерного излучения строго определенной длины волны (слева). Но если длина волны лазерного излучения точно соответствует разнице в энергии между 2S- и 2P-состояниями (ниже), атом перепрыгнет в состояние с большей энергией, а затем возвратится в основное 1S-состояние, испустив рентгеновский фотон в ходе этого процесса. Поскольку разница энергий между состояниями 2S и 2P зависит от лэмбовского сдвига, ученые используют такое измерение для определения радиуса протона.

Энергия фотонов равна разнице энергий состояний 2P и 2S

Нам выделили всего лишь одну дополнительную неделю для проведения измерений. Если бы они не дали результатов, ведущийся десять лет эксперимент был бы окончательно завершен как неудачный

Мы предположили очевидное: должно быть, что-то не так в нашей установке. Соответственно, выводом, который мы тогда сделали, было следующее: нам надо усовершенствовать лазерную систему. Мы занялись ее глубокой перекомпоновкой, которая была завершена в конце 2006 г. В течение еще трех недель в 2007 г. мы снова собирали данные — и опять ничего не увидели. К счастью, нам дали последний шанс в первой половине 2009 г. Потребовалось несколько месяцев, чтобы заставить работать сложное оборудование. И опять после недели сбора данных мы не обнаружили никаких признаков сигнала.

Нам выделили еще одну неделю для проведения эксперимента. Мы боялись, что если и на этот раз нас постигнет неудача, кто-нибудь в администрации придет к выводу, что задача нам не по плечу, и этот ведущийся уже десять лет эксперимент будет окончательно прикрыт как неудачный.

И тут мы начали размышлять, а не связано ли это с более глубокими причинами. Что если мы ищем радиус протона не там, где следует? Мы решили расширить область поисков. Сообща группа приняла решение вести поиски большего радиуса протона. Однако однажды поздно вечером коллега Поля, Альдо Антоньини (Aldo Antognini), зашел в зал управления и сказал, что у него есть хорошее предчувствие, что искать нужно протон меньшего радиуса. Хотя время поджимало, Поль и Антоньини перенаправили поиски на радиус протона даже меньший, чем кто-либо смел предположить. Почти сразу же мы заметили признаки сигнала. Но на следующий день ускоритель был остановлен на четыре долгих дня для проведения очередных профилактических работ. Мы вынуждены были томиться в ожидании.

И вот вечером 4 июля 2009 г., спустя 12 лет после начала нашей работы, был получен не вызывающий никаких сомнений сигнал, который показал нам, что протон, измеренный в мюонном атоме водорода, значительно меньше, чем все считали до сих пор. Группа потратила еще несколько недель, проведя дополнительные измерения и калибровки, еще несколько месяцев занял анализ данных. Конечный результат, который мы впоследствии подтвердили с помощью дополнительных измерений, таков: радиус заряда протона составляет

0,8409 фемтометра плюс-минус 0,0004. Это значение в десять раз точнее полученного в ходе всех других предыдущих измерений и отличается от него на 4% — огромное расхождение!

В 2010 г. обе наши группы представили свои результаты на одной и той же конференции «Прецизионная физика простых атомов» на горнолыжном курорте Лез-Уш во французских Альпах. Поль впервые представил научному сообществу результаты измерений мюонного водорода. Во второй половине того же дня были представлены данные эксперимента Бернауэра. Поль и его коллеги ожидали, что анализ Бернауэра подкрепит его результаты, говорящие о меньшем размере протона. Однако, к их удивлению, результаты американской группы были почти идентичны старому радиусу: 0,877 фемтометра.

Новые идеи

Все это вызвало необычайный ажиотаж среди физиков. Такого рода расхождения полезны, поскольку они стимулируют новые направления мысли, что ведет к новым идеям и лучшему пониманию природы.

Сначала большинство ученых решили, что это, должно быть, просто ошибка. Возможно, в эксперименте что-то пошло не так, или неверны были теоретические построения, использовавшиеся для вычисления радиуса протона. Вскоре после конференции независимые ученые выдвинули множество предположений о возможных причинах ошибок.

Например, до эксперимента Поля лишь три человека выполнили сложные вычисления, необходимые для перевода данных экспериментальных измерений длины волны лазера в радиус протона. Многие физики допускали возможность наличия в этих вычислениях ошибок или неучтенных факторов. В дальнейшем большое число теоретиков повторили вычисления и расширили модель, но ошибок так и не нашли.

Другие перепроверили методику, с помощью которой Бернауэр получил радиус из данных по рассеянию. Может быть, их исходные данные можно было согласовать с меньшим радиусом протона, полученным из исследований мюонного водорода? Но, похоже, такое решение проблемы также было исключено.

И с каждым новым неудачным предположением значение этого расхождения становилась все весомее. Спустя четыре года после того как родилась загадка радиуса протона, физики исчерпали все лежащие на поверхности объяснения вроде ошибок в измерениях или в вычислениях. Теперь мы начали мечтать о более захватывающих дух возможностях.

Например, понимаем ли мы в действительности, как протон реагирует на то, что к нему притягивается мюон? Электростатическая сила мюона деформирует протон так же, как гравитационные силы Луны вызывают приливы на Земле. Деформированный протон слегка изменяет 2S-состояние в атоме мюонного водорода. Большинство физиков полагают, что мы понимаем этот эффект, но протон — такая сложная система, что, возможно, мы что-то упускаем из виду.

Самая потрясающая перспектива заключается в том, что, вероятно, измерения эти — не что иное, как знак, указывающий на новую физику, выходящую за пределы так называемой Стандартной модели физики элементарных частиц. Возможно, во Вселенной есть не обнаруженные пока еще частицы, которые каким-то образом заставляют мюоны вести себя не так, как электроны.

Ученые исследовали и такую возможность, но, как выяснилось, построить модель новой частицы, не привносящей с собой наблюдаемых последствий, которые находились бы в противоречии с результатами других экспериментов, оказалось задачей чрезвычайно трудной.

С другой стороны, у физиков есть еще одна нерешенная загадка мюона. Фундаментальные частицы, такие как мюон и электрон, обладают «магнитным моментом» — магнитным полем, которое во многом похоже на поле стержневого магнита. Что характерно, магнитный момент мюона не соответствует значению, полученному на основе вычислений КЭД. Возможно, новые физические явления объяснят как результаты измерения радиуса протона, так и аномальный магнитный момент мюона.

Спустя четыре года после того, как родилась эта загадка, физики исчерпали все лежащие на поверхности объяснения. Мы начали мечтать о более захватывающих возможностях

Чтобы раз и навсегда покончить со всеми этими предположениями, было предложено несколько новых экспериментов. По крайней мере два эксперимента по рассеянию — один в Национальной ускорительной лаборатории им. Томаса Джефферсона в городе Ньюпорт-Ньюс, штат Виргиния, и другой на Майнцском микротроне, ускорителе Майнцкого университета им. Иоганна Гутенберга в Германии, где Бернауэр и провел свой первоначальный эксперимент, — имеют целью повысить точность предыдущих экспериментов по рассеянию. Эти измерения позволят провести независимую верификацию и проверить некоторые из предложенных объяснений.

И группа Поля, и майнцская группа рассчитывают измерить радиус дейтерия — ядра, образованного одним протоном и одним нейтроном, — чтобы посмотреть, проявится ли эта разница и здесь. Поль собирается также провести с большей точностью повторное измерение обычного атома водорода — с электронной оболочкой.

Кроме того, многие физики отметили, что ученые осуществили резонансные измерения атомов с оболочкой как из мюонов, так и из электронов, но эксперименты

по рассеянию были выполнены лишь с обычным водородом. Комбинация мюонных атомов и рассеяния пока не проверена. Бернауэр участвует в проекте, цель которого — восполнить этот пробел. На базе одного из мюонных пучков ускорителя Института им. Пауля Шерера, того же самого института, в котором группа Поля проводила свою работу, для непосредственного сравнения в «Эксперименте по мюон-протонному рассеянию» (*MUSE*) будет выполнено рассеяние на протонах как электронов, так и мюонов. В этом же эксперименте можно будет проверить некоторые из самых правдоподобных объяснений, предложенных физиками.

Время покажет, получит ли загадка радиуса протона свое решение как странная ошибка или же как ключ к более глубокому пониманию Вселенной. Не исключено также, что она станет путеводной нитью, которая приведет нас к следующей главе в Книге Природы. Это трудное путешествие, но мы намерены его преодолеть. ■

Перевод: А.П. Кузнецов



ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- The Size of the Proton. Randolph Pohl et al. in *Nature*, Vol. 466, pages 213–216; July 8, 2010.
- High-Precision Determination of the Electric and Magnetic Form Factors of the Proton. J. C. Bernauer et al. in *Physical Review Letters*, Vol. 105, No. 24, Article No. 242001; December 10, 2010.
- Muonic Hydrogen and the Proton Radius Puzzle. Randolph Pohl et al. in *Annual Review of Nuclear and Particle Science*, Vol. 63, pages 175–204; October 2013.

12+ РЕКЛАМА

 www.naukatv.ru

 www.facebook.com/nauka20



ПРОСТО О
СЛОЖНОМ



2.0

НАУКА 2.0
ТЕЛЕКАНАЛ

Долгий путь быстрой энергетики



ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.И. ЛЕЙПУНСКОГО В ОБНИНСКЕ ПЕРВЫМ В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ НАЧАЛ РАЗРАБОТКУ КОНЦЕПЦИИ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ.

За более чем полувековую историю проделан колоссальный путь, но еще больше предстоит сделать. О технологии быстрых реакторов, об истории их развития и перспективах на будущее мы беседуем с заместителем генерального директора ГНЦ РФ — ФЭИ доктором технических наук Владимиром Михайловичем Поплавским

У истоков

— Владимир Михайлович, вы стояли, по сути, у истоков этого направления — развития реакторов на быстрых нейтронах. Хотелось бы возвратиться к истокам и узнать, как все начиналось.

— Если говорить в историческом аспекте, то, как вы знаете, первая реакция деления была осуществлена в США в 1942 г. Это был известный реактор под трибунами чикагского стадиона, работой руководил итальянский физик Энрико Ферми. Уже тогда, в конце 1940-х гг., было понятно, что если не замедлять нейтроны, а оставлять их быстрыми — такими, как они рождаются при реакции деления, — то получается своеобразный баланс нейтронов. Помимо самого поддержания цепной реакции здесь получается лишний нейтрон, который можно использовать в специальных целях. Цель — получение нового ядерного топлива. Этот лишний нейтрон, который образуется в быстром спектре, можно использовать путем поглощения урана-238 и превращения урана-238 в новый искусственный элемент — плутоний-239, который представляет собой точно такой же делящийся полезный ядерный материал, как и уран-235. Энрико Ферми в США это обосновал.

— А в нашей стране?

— У нас, независимо от Ферми, эту идею разрабатывал Александр Ильич Лейпунский, чье имя носит наш Физико-энергетический институт. В октябре 1949 г. Александр Ильич направил правительству записку на основе собственных рассуждений и изысканий, что необходимо заниматься быстрыми реакторами, которые могут решить проблему ядерного топлива для обеспечения ядерной энергетики.

В середине 1950 г. им была отправлена более основательная записка под названием «Система реакторов на быстрых нейтронах», где он обосновывал возможность создания таких установок. В дальнейшем именно нашему Физико-энергетическому институту и было

поручено вести это направление ядерной энергетики. На следующем этапе была поставлена задача создания экспериментальной установки для ядерно-физических исследований. Такой установкой стала критическая сборка БР-1, которая в 1955 г. была запущена в нашем институте. Следующая установка — реактор БР-2 на ртутном охлаждении — была запущена в 1956 г., а через три года был сдан в эксплуатацию реактор БР-5 уже с натриевым охлаждением тепловой мощностью 5 Мвт.

Таким образом, к концу 1950-х гг. в нашей стране был завершен первый этап создания экспериментальной базы для обоснования технологии быстрых реакторов.

— В чем виделось преимущество быстрых реакторов именно на начальных этапах?

— На заре развития атомной энергетики существовало представление, что запасы урана ограничены, их нужно как-то восполнять и именно быстрые реакторы позволяют решить эту проблему. Кроме Советского Союза технологией реактора на быстрых нейтронах занимались практически все развитые страны: Соединенные Штаты (реактор *EBR-1*, затем реактор *EBR-2*; в начале 1960-х гг. они запустили реактор Энрико Ферми, который, правда, неудачно работал), параллельно этой проблемой занималась Великобритания, где был создан экспериментальный реактор «Даунрей», также появился реактор «Рапсодия» в Кадараше на юге Франции. Так получилось, что экспериментальные реакторы были построены в странах, которые в будущем стали ведущими ядерными державами.

Расчетным и экспериментальным путем было доказано, что, в принципе, все основные положения теории быстрых реакторов правильны и что можно осуществлять воспроизводство ядерного топлива. Такой парадокс: в этом реакторе можно получать топлива больше, чем он выжигает, — это что-то похожее на вечный двигатель и вызывает у многих непонимание. Хотя физически это вполне обосновано.



Ядерный реактор на быстрых нейтронах БР-10

Далее нужно было по линии отработки технологии быстрых реакторов создавать демонстрационные установки, которые имели бы основные элементы уже атомной станции: активную зону, теплообменное оборудование, паротурбинный цикл и прочее. Было решено, что на демонстрационную стадию мы должны выйти с реактором повышенной мощности, причем мы пошли на большой риск: сразу в 200 раз была увеличена тепловая мощность активной зоны. Это реактор БН-350, который был пущен в 1973 г. в г. Шевченко (ныне Актау) на мысе Мангышлак в Казахстане.

Параллельно с этим в Великобритании создавались демонстрационный реактор (в том же Даунрейском центре) — реактор PFR, во Франции — реактор «Феникс», а в Соединенных Штатах это направление не получило дальнейшего развития. Демонстрационный реактор в Клинч-Ривер, который планировался к пуску примерно в начале 1970-х гг. и для которого даже изготовили оборудование, так и не был запущен. Итак, в начале 1970-х гг. основные страны — Советский Союз, Франция, Великобритания, а затем к ним добавилась и Япония — практически вышли на демонстрационный уровень, на котором была показана возможность реализации этого направления ядерной энергетики.

Выбор теплоносителя

— Одновременно с экспериментами по физике реакторов, которые были запущены у нас в начале 1950-х гг., в ФЭИ в частности, проводились и исследования по технологии в части подбора теплоносителей. Были рассмотрены разные теплоносители для быстрого спектра, потому что не годилась вода — она замедляет нейтроны. Можно было использовать газ, водяной пар, жидкие металлы — натрий или свинец, свинец-висмут, натрий-калий. Александр Ильич Лейпунский в силу определенных обстоятельств и освоенности технологии предложил использовать натрий. Собственно, до сих пор технология быстрых реакторов, которая существует и у нас, и за рубежом, в основном реализована на натриевом теплоносителе.

— Это было вычислено теоретически или проводились какие-то практические опыты сравнения разных теплоносителей?

— Конечно, проводился теоретический анализ, но он был существенно поддержан экспериментальными работами. Например, уже в начале 1950-х гг. были сооружены натриевые, свинцово-висмутовые стенды. Жидкие металлы можно использовать не только в гражданской атомной энергетике в быстрых реакторах, но и в реакторах, которые используются для транспортных установок. Как раз это направление — свинцово-висмутовое — параллельно с натриевым развивалось в Физико-энергетическом институте, когда создавалась подводная лодка класса «Альфа».

— Вы еще упоминали ртутное охлаждение.

— Да, ртутное. Понимаете, в чем дело: реактор БР-2 — это было бы как альтернативное решение по отношению к тем жидким металлам, которые стали использоваться впоследствии. Почему ртуть? Потому что ртутью занимались еще в довоенное время, и были известны технология, достоинства и недостатки. Но оказалось, что в данном варианте с точки зрения его применения в быстром реакторе недостатки превалировали над достоинствами. Поэтому первая попытка использовать альтернативу по отношению к натрию оказалась неудачной. Что касается натрия, то в рабочем диапазоне температур он коррозионно пассивен, т.е. материал, который работает в натрии, практически не повреждается, механические свойства не деградируют, коррозионные процессы отсутствуют. Это главное, что обеспечивает хорошую совместимость натрия как теплоносителя с конструктивными материалами. Вот почему натрий.

— Вы затронули тему неудач. Почему не заработал реактор Энрико Ферми?

— Я до сих пор не понимаю некоторые технические решения в этом проекте. Бывает такой период, когда установка в силу объективных и, может быть, субъективных причин становится неработоспособной. Такой и стала установка «Энрико Ферми». Можете себе представить: натрий и вода — эти вещества вступают между собой в активное химическое взаимодействие. В парогенераторе используется натрий как теплоноситель, с помощью которого тепло доставляется к парогенератору,

а в третьем контуре в этой установке реализован паротурбинный цикл, где используются вода и водяной пар. В случае потери герметичности теплообменной поверхности происходит химический контакт теплоносителей, что очень неприятно. Это один из недостатков натриевого теплоносителя.

Отвечая на ваш вопрос следует сказать, что в парогенераторе установки «Энрико Ферми» использовалась трубка толщиной 1 мм. Это тонкостенная трубка, которая при использованном в проекте конструктивном исполнении парогенератора легко изнашивается, и происходит контакт натрия с водой, т.е. парогенераторы практически вышли из строя очень быстро. Кроме того, по причине эксплуатационных неудач была повреждена часть активной зоны. Уже к середине 1960-х гг. стало понятно, что успеха от этой установки ждать не стоит. Американцы законсервировали ее и стали работать над следующим проектом в Клинч-Ривер, который тоже не довели до конца в силу обстоятельств, о которых я уже говорил.

— Наша установка БН-350 тоже выявила массу проблем, но работа не прекратилась. Что именно там произошло, и как в дальнейшем удалось избежать подобных проблем?

— В ядерных технологиях в силу их сложности существует правило поэтапного их освоения. При этом при переходе от одного этапа освоения к другому всегда есть некоторый объем вопросов, требующих своего решения. Это в полной мере касалось проекта парогенератора. Мы не до конца понимали всю совокупность процессов, которые могут происходить при контакте натрия с водой в условиях парогенератора. Ко времени пуска установки мы знали, что с давлением мы можем бороться, т.е. парогенератор не разрушается при большой течи, а о малых течах, для которых характерен коррозионно-эрозионный износ материалов, мы знали очень мало.

Поэтому, когда происходила малая течь (а именно с малого повреждения всегда все начинается), то она постепенно, за счет разрушения соседней трубки, переходила в большую. В связи с этим парогенераторы на первом этапе эксплуатации оказались неработоспособными. В дальнейшем мы практически ликвидировали все недостатки парогенератора, в том числе за счет конструктивных усовершенствований, и они потом продолжали нормально работать.

В целом установка показала хорошие эксплуатационные качества. Я думаю, что если бы не было реактора БН-350 и того опыта, который мы получили в части активной зоны и парогенераторов, то у нас не получился бы тот БН-600, который сейчас есть.

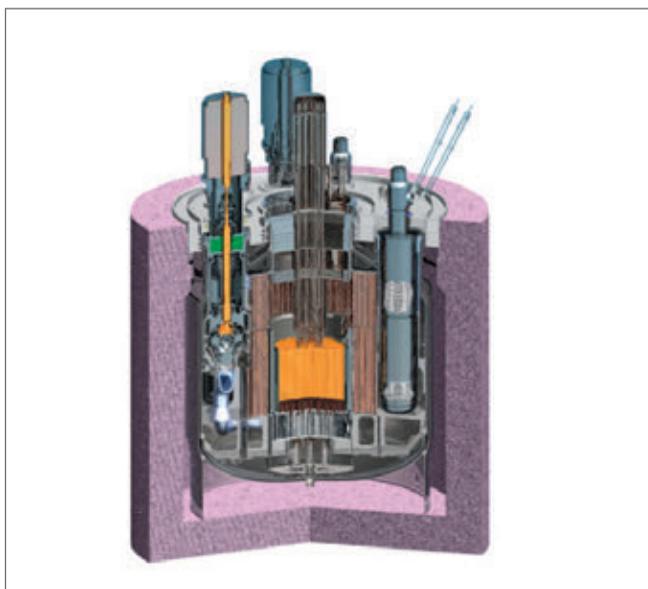
— Отрицательный результат — тоже результат.

— Безусловно. Мы учли все недостатки, весь опыт сооружения и начального этапа эксплуатации БН-350, и нам пришлось с учетом этого существенно переработать проект БН-600. В результате это единственный в мире промышленный реактор, который работает в коммерческом режиме — и работает достаточно надежно.

Плюсы и минусы

— Раз мы коснулись темы безопасности — как с этим обстоит дело у быстрых реакторов?

— Быстрый реактор, в частности натриевый (хотя сейчас есть и альтернативные решения — это отдельный вопрос), характерен тем, что у него очень компактная зона и стабильное поле энерговыделения. Реактор легко управляемый, у него обратные связи малоинерционные. Если у вас наблюдается неконтролируемое увеличение мощности, то обратные связи по реактивности его пытаются заглушить. Для демонстрации этого высокого уровня самозащитенности реактора были проведены эксперименты на реакторе «Рапсодия»,



Модель РУ БН-800 в разрезе (слева); транспортный контейнер в центральном зале БН-800 (справа)



Общий вид четвертого блока Белоярской АЭС с РУ БН-800

на реакторе *EBR-II*, на «Фениксе» — и все они подтвердили в реальных условиях высокую степень безопасности быстрого реактора. Кроме того, опыт БН-600 показал, что технология реакторов с натриевым охлаждением к настоящему периоду обоснована не только с точки зрения безопасности, но и с точки зрения работоспособности.

— Помимо безопасности какие еще достоинства у быстрых реакторов по сравнению с тепловыми?

— Прежде чем говорить о достоинствах быстрых реакторов, необходимо отметить, что в настоящее время и в среднесрочной перспективе основу ядерной энергетики составляют и будут составлять тепловые реакторы как технологически освоенный энергетический компонент.

Новая технологическая платформа ядерной энергетики принципиально отличается от существующей по таким важным положениям, как используемые сырьевые ресурсы (уран-238 и торий-232 вместо урана-235), технологии топливообеспечения (переход от горнорудного к реакторному воспроизводству ядерного топлива в замкнутом топливном цикле), реакторные технологии (переход от тепловых реакторов к двухкомпонентной структуре ядерной энергетики, включающей тепловые и быстрые, а затем только быстрые реакторы), технологии обращения с отработанным ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами (РАО): переход от длительного хранения к переработке ОЯТ и захоронению РАО.

Тем не менее общепризнанно, что перспективное развитие ядерной энергетической отрасли основано на использовании замкнутого топливного цикла. В подобной структуре быстрые реакторы играют системообразующую роль с точки зрения не только организации производственного процесса, но и топливообеспечения.

Экологическое достоинство быстрых реакторов состоит в возможности этой технологии существенно уменьшить радиотоксичность радиоактивных отходов путем трансмутации (переработки) высокоактивных актинидов в малоактивные.

И, конечно, достаточно высокие температуры термодинамического цикла позволяют обеспечить довольно высокий КПД энергоблока, что связано с уменьшением тепловых выбросов и сокращением затрат ядерного топлива на производство единицы электроэнергии.

— Как-то все идеально выходит! Но, наверное, есть у реакторов на быстрых нейтронах недостатки, раз мы до сих пор не видим их повсеместного внедрения?

— Основной недостаток быстрых реакторов, основанных на использовании технологии натрия (технология БН), состоит в более высокой их стоимости по сравнению с тепловыми реакторами. Однако в настоящее время ведутся интенсивные и довольно успешные работы по устранению этого недостатка, и проект БН-1200 тому пример.

Безусловно, необходимо искать и новые, отличные от БН технологические варианты, отрабатывать их на уровне демонстрационных образцов (технологии БРЕСТ, СВБР), и в случае успешного решения этой задачи в перспективе появится возможность выбрать оптимальный вариант быстрых реакторов с последующим широким их внедрением в структуру ядерной энергетики.

Новая технологическая платформа

— Можно ли говорить об энергетической революции, если реактор на быстрых нейтронах покажет свою экономическую и технологическую состоятельность, конкурентоспособность?

— Энергетическая революция — это слишком сильно сказано. Дело в том, что надо рассматривать ядерную энергетику в контексте общей энергетики. Пока в последних энергетических программах России ядерной энергетике не отводится решающего значения. Ее доля рассматривается на уровне максимум 25–30%. Это в перспективе. Поэтому, я думаю, ядерная энергетика в ближайшее время не будет занимать главенствующее место. Тем не менее в силу ее достоинств — самообеспечения ядерным топливом и экологичности — можно говорить о ее перспективном развитии, но на новой технологической платформе.

— Можно ли считать Россию лидером в области реакторов на быстрых нейтронах?

— Можно. Но я бы здесь оговорился: ее можно считать лидером с точки зрения реакторных технологий. Сам реактор БН-600, атомная станция в целом тому пример. У нас не было ни на БН-350, ни на БН-600 таких критических проблем, которые мы бы не решили. Но наши быстрые реакторы работали и сейчас работают на урановом топливе, что нехарактерно для технологии быстрых реакторов вообще. Реактор должен работать на смешанном уран-плутониевом топливе. Здесь у нас отставание. Скажем, Франция, обратив основное внимание на развитие уран-плутониевого топливного цикла и со временем сократив работы по реакторной технологии, в отличие от нас, ушла вперед. Одна из задач БН-800 — ликвидировать это отставание с точки зрения топливного цикла, получить опыт использования уран-плутониевого топлива. Вторая задача — отработать технологические элементы замыкания топливного цикла. На БН-800, который мы сейчас запускаем, можно отработать эти технологии, но не в промышленном, а в опытном масштабе, и потом тиражировать уже в промышленности.

— Какие перспективы, какие дальнейшие планы после БН-1200? Или так далеко не заглядывали?

— Сегодня мы говорим об инновационном развитии ядерной энергетики, поэтому идет поиск каких-то новых принципиальных технологических решений. Примером такого поиска выступает проект «Прорыв», реализуемый сейчас в «Росатоме». Он включает как реакторные технологии (натриевый быстрый реактор на основе проекта БН-1200, быстрые реакторы с использованием тяжелого теплоносителя — проект БРЕСТ-ОД-300 на свинце и проект СВБР-100 на свинце-висмуте), так и целый ряд топливных технологий, включая плотное смешанное уран-плутониевое нитридное топливо. Однако проект «Прорыв» в силу своей уникальности требует отдельного рассмотрения. ■

Беседовал Виктор Фридман



! Справка

Владимир Михайлович Поплавский

Заместитель генерального директора ФГУП «ГНЦ РФ — ФЭИ», руководитель проекта «Разработка ЯЭУ с натриевым теплоносителем для НТП АЭ», заслуженный деятель науки РФ, профессор, доктор технических наук.

- ✓ В 1960 г. окончил Томский политехнический институт и сразу поступил на работу в ФЭИ.
- ✓ Основное направление работ — исследование в области технологии и безопасности АЭС с реакторами на быстрых нейтронах.
- ✓ С 1972 г. занимается научно-педагогической деятельностью; профессор кафедры «Оборудование и эксплуатация ЯЭУ» НИЯУ МИФИ ИАТЭ.
- ✓ Участвовал в освоении натриевой технологии на реакторах БР-5/10, разработке и пуске экспериментального реактора БОР-60, демонстрационного реактора БН-350 и промышленного энергоблока с реактором БН-600; был одним из организаторов работы по возобновлению сооружения энергоблока с реактором БН-800, инициатором и научным руководителем НИОКР по проекту БН-1200.
- ✓ Обладатель Премии Правительства РФ в области науки и техники; удостоен Национальной премии дружбы КНР.

A vibrant cosmic background featuring a large, glowing galaxy with blue and purple hues on the left, and several planets of various colors (green, blue, yellow) on the right. The overall scene is set against a dark starry space.

ЭНЕРГИЯ – ДЕЛО ТЕМНОЕ?

Одна из самых увлекательных тем в сегодняшней космологии — вопрос о темной материи и темной энергии, особенно о последней. Что знает об этих загадочных сущностях современная наука, нам рассказал один из ведущих мировых специалистов в области квантовой теории поля, физики элементарных частиц и космологии, доктор физико-математических наук, академик РАН Валерий Анатольевич Рубаков

Академик РАН
Валерий
Анатольевич
Рубаков



— Валерий Анатольевич, темой вашей кандидатской диссертации была отнюдь не темная энергия, о которой в начале 1980-х гг. еще никто не слышал. Она звучала так: «Структура вакуума в калибровочных моделях квантовой теории поля». Что сегодня, спустя три десятилетия, мы знаем о вакууме?

— Вакуум — довольно сложная сущность. В обыденном представлении это пустая, неинтересная, не имеющая никаких особенных свойств вещь. На самом деле все гораздо хитрее, и то, как устроен вакуум, фактически определяет то, как устроена природа вообще: какие есть в ней частицы, какие у них массы, какие электрические заряды; какие силы есть в природе, как взаимодействуют частицы. Надо сказать, что и тогда, в 1981 г., о вакууме уже было известно довольно много. Мы знали, что вакуум — непростая система. Это представление развивалось, и сейчас становится все более понятно, что разных вакуумов в теории может быть очень много. Когда-то раньше мы думали, что вакуум один-единственный. Теоретически. И это — то главное, что с тех пор изменилось.

— Если взять примитивное представление, что вакуум есть пустота, то разве может пустота быть разной?

— Это не просто пустота, даже совсем не пустота. Вакуум — это низшее по энергии состояние материи, а точнее квантовых полей. Энергетически — самое выгодное. Раньше думали, что оно всего одно. Действительно, если у вас есть «теория всего на свете», то низшее по энергии состояние для нее, казалось бы, единственное. Создав

такую теорию и выяснив, каков в ней вакуум, мы в конце концов смогли бы предсказать все. Сегодня выясняется, что вакуумов в одной и той же «теории всего» (а на эту роль претендует, и небезосновательно, теория суперструн) очень много. В каком именно мы живем, в каком находится наша часть Вселенной, очень интересный вопрос, который можно сформулировать и так: почему мы оказались в том или ином вакууме?

— Здесь может работать знаменитый антропный принцип: наш вакуум именно такой не потому, что только он возможен, а потому, что в нем можем существовать мы?

— Я предпочитаю не торопиться привлекать антропный принцип. Для теоретика это беда. Приняв этот принцип, вы начинаете говорить: «Нет, ребята, я отказываюсь объяснять, почему тот или иной параметр именно таков, потому что антропный принцип мне это объясняет». Хотелось бы все-таки найти физическое объяснение. Хотя, возможно, антропный принцип действительно работает, нравится нам это или нет.



Вакуумный армагеддон

— Часто приходится слышать страшилку про идеальный вакуум: что какой-то физический процесс или явление может вызвать в локальном масштабе переход физического вакуума на более низкий, а значит, на энергетически более выгодный уровень, и это должно запустить цепную реакцию перехода, подобную эффекту домино. В этом случае Вселенная полностью изменится. Меняются все константы, законы. Это будет новый мир, в котором мы с высокой степенью вероятности существовать не сможем. То есть это будет тот самый конец света, о котором время от времени все вспоминают. Насколько это реально?

— Такое пока не исключено. Другое дело, что временной масштаб здесь гигантский. Раз мы уже прожили 14 млрд лет в этом вакууме, значит это состояние достаточно стабильно, значит еще столько же лет мы наверняка проживем. Но нельзя исключить, что действительно есть более низкое по энергии состояние — настоящий вакуум, что мы живем в вакууме чуть более высокой энергии и когда-нибудь перейдем в более низкое состояние. Такое пока ничему не противоречит, хотя предположений, указаний, что так оно и будет, тоже нет. Сегодня этот вопрос открыт.

— Но то, что за 14 млрд лет не смогла сделать природа, может совершить сам человек. У нас есть мегаустановки наподобие Большого адронного коллайдера, на которых достигаются колоссальные энергии и вершатся великие открытия. Что если одна из таких установок случайно «пробьет» наш вакуум и заставит его «приспуститься»?

— Можно не беспокоиться, такого не произойдет. Это мы знаем экспериментально. Земля, любые космические тела (планеты, звезды) все время облучаются интенсивным космическим излучением, происходят соударения с частицами, летящими из космоса с почти световыми скоростями. Энергии этих столкновений на несколько порядков выше, чем те, что достигнуты в CERN. Космические лучи сверхвысоких энергий безостановочно бомбардируют нашу планету, ее атмосферу.

Столкновений, подобных тем, что сейчас происходят на Большом адронном коллайдере, по подсчетам ученых, за 14 млрд лет уже произошло в 50 млн раз больше, чем всех столкновений, которые когда-нибудь в будущем произойдут на БАК: т.е. 50 млн «больших адронных коллайдеров» уже работали весь свой срок и на них ничего такого не произошло. Отсюда есть уверенность, что ничего такого не случилось и на этом коллайдере.

— Все, что могло произойти, уже произошло.

— Именно. На самом деле не произошло ничего. По крайней мере переходов между разными вакуумами не было. Переход из вакуума в вакуум — это взрывной процесс, распространяющийся от эпицентра со скоростью света, сопровождающийся гигантским выделением энергии. Ничего подобного во Вселенной не было. Это мы тоже достаточно хорошо знаем. Поэтому страшилок бояться не надо.

Темные силы светлого мира

— В начале XXI в. произошла действительно революция в науке, когда мы узнали, что наша материя и энергия — это далеко не все содержание Вселенной и даже не большая его часть, что есть еще таинственная темная материя и совершенно непонятная темная энергия. Вы до того времени уже довольно долго занимались космологией. Чувствовалась ли в теории и эксперименте нехватка этих компонентов?

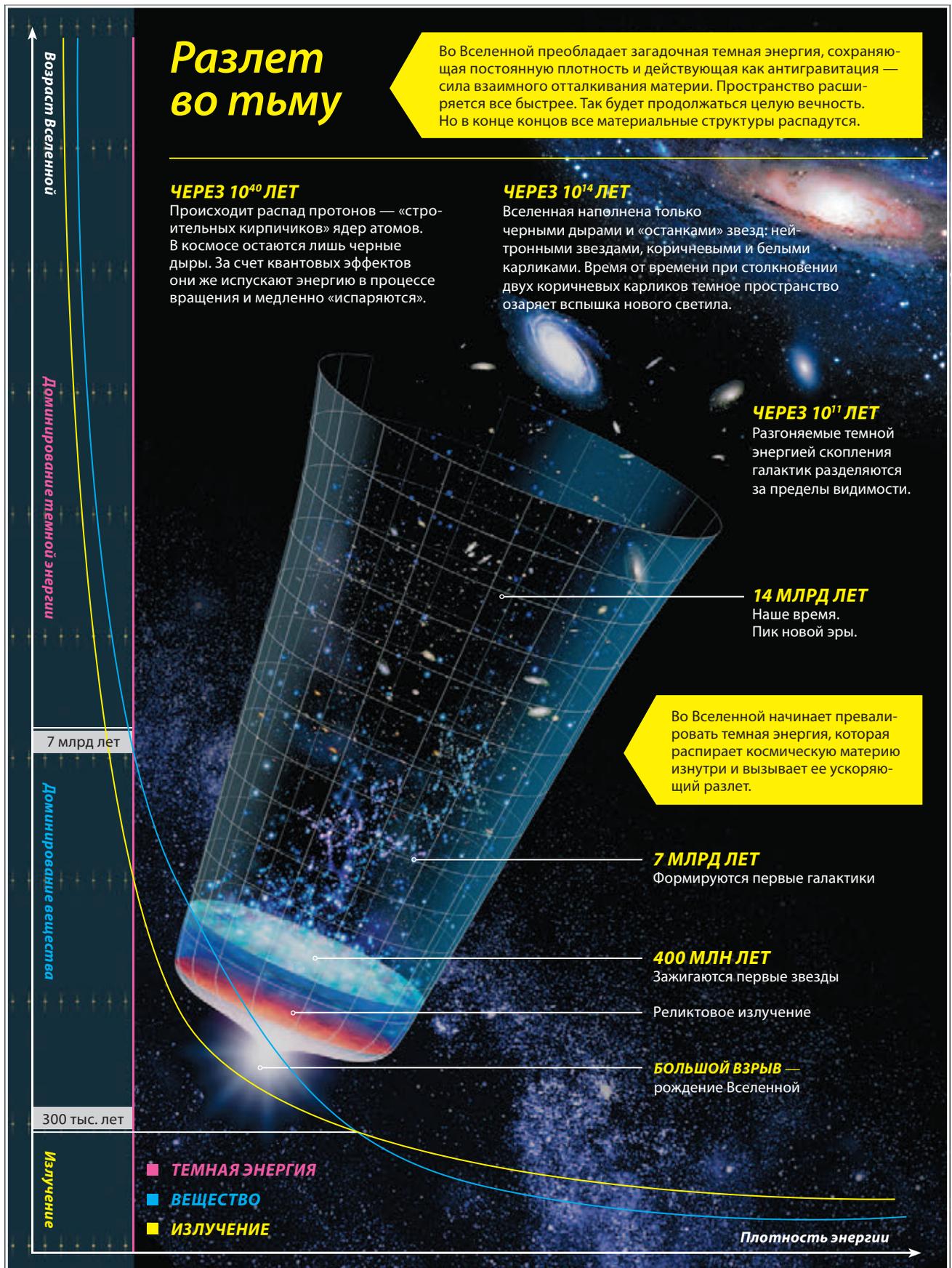
— С темной материей было несколько проще, чем с темной энергией. Это история очень давняя — с 30-х гг. XX в. Американский астроном Фриц Цвигки еще в то время заметил, что движение галактик в скоплениях происходит так, как будто бы масса внутри этих скоплений была гораздо больше, чем то, что мы видим в телескопы. Массу светящегося вещества можно было посчитать по количеству звезд в этих скоплениях, и в результате оказывалось, что массы не хватает для того, чтобы движение было именно таким, какое оно есть. Это наблюдение развивалось дальше, и уже к концу 1980-х гг., а может и раньше, стало совершенно ясно, что нам не хватает вещества и в скоплениях галактик, и в самих галактиках. Сильно не хватает массы. Тогда еще можно было спорить, существовали различные теории, предположения, но к началу 1990-х гг. уже стало очевидным, что это вещество — необычное. Эта масса, эта материя — не такая, какая нас окружает. Протоны, нейтроны и т.д. — барионная материя, обычное, нормальное вещество; но нам уже было понятно, что масса, которую мы ищем, в основном не барионного типа. Это какая-то материя, которая умеет притягивать гравитационно, как обычное вещество, но прочие взаимодействия с нашим обычным веществом у нее очень слабые. Когда ее существование было доказано, особого ажиотажа не было.

А темная энергия — история действительно неожиданная. У физиков были подозрения, что с балансом энергий нашей Вселенной что-то не так. Был примерно известен темп расширения Вселенной, а он прямо связан с тем, сколько есть энергии, какова ее плотность во Вселенной. И было видно, что темп этот великоват. Значит, полной энергии в среднем во Вселенной должно было быть больше, чем можно было посчитать.

— Так ведь была еще темная материя...

— Энергии должно было быть больше, даже учитывая темную материю. Тогда существовали две школы. Представители первой полагали, что все дело в неизвестной темной энергии, а последователи второй старались доказать, что дело в кривизне пространства.





— Какая связь между дефицитом энергии и кривизной пространства?

— Дело не в дефиците, а в темпе расширения Вселенной: если пространство искривлено, то оно другое.

Эти две точки зрения существовали параллельно. Наконец к исходу прошлого века было установлено ускоренное расширение Вселенной. За это открытие в 2011 г. была вручена Нобелевская премия. Ускоренное расширение Вселенной подтверждало наличие темной энергии. Что это такое — вопрос непростой и на данный момент непонятный. Может быть, это как раз и есть энергия вакуума, а может — что-то совсем другое.

— Мы можем исследовать темную энергию?

— Пока мы можем делать это косвенно, измеряя темп расширения Вселенной: какой он сегодня, какой он был вчера или позавчера. Это делается астрономическими методами.

— Ученые уже больше десятилетия проявляют пристальный интерес к темной энергии. Что мы можем о ней сказать сейчас?

— Сегодня она выглядит очень похоже на плотность энергии вакуума. Вакуум всегда один и тот же. Вселенная растянулась, а вакуум у нас в комнате остался тем же самым, мы этого не заметили. Значит, плотность его энергии постоянна во времени. Так же ведет себя и темная энергия, хотя, как и любой экспериментальный результат, это утверждение справедливо в пределах точности наблюдений.

— Позвольте, но это противоречит закону сохранения энергии. Если Вселенная все время расширяется, а плотность этой темной энергии со временем не меняется, значит ее количество постоянно растет.

— Закона сохранения энергии в космологии нет. Вселенная растягивается, а плотность энергии постоянна.

Объем увеличивается — и энергия в этом объеме увеличивается.

— Откуда она берется?

— Ниоткуда, нет закона сохранения энергии. Есть некое его обобщение, но простого закона о том, что энергия постоянна, нет. Она постоянно растет. Энергия вакуума постоянна — это главная характеристика. Если есть зависимость плотности темной энергии от времени, то это точно не вакуум, а какое-то новое поле или что-то подобное.

Но сегодня пока все данные говорят о том, что плотность энергии держится постоянной, поэтому темная энергия выглядит как энергия вакуума. Если так, то это довольно скучно, потому что это просто еще одно число, константа, которая характеризует нашу физику. Конечно, было бы гораздо интереснее, если бы это была новая сущность — какое-то новое поле, которое как-то себя ведет, эволюционирует, живет своей жизнью. Пока этого нет. Правда, точности измерений пока не очень высокие, поэтому все еще может измениться. Есть предложения, как можно заметно более точно измерить темп расширения, а стало быть и то, как ведет себя темная энергия.

— Как это собираются сделать?

— Во Вселенной есть светящиеся яркие объекты, которые с определенной степенью точности можно считать стандартными «свечами». Мы знаем абсолютную яркость такой «свечки», сколько она выделяет энергии за единицу времени. Независимо от того, где она находится, она светит одинаково. Мы ее видим в зависимости от расстояния более или менее яркой. Одновременно мы можем узнать, с какой скоростью относительно нас этот объект движется. Условно говоря, можно измерить, как быстро он от нас удаляется из-за расширения

74%

ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ

стремится разнести Вселенную

22%

ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

стремится сжать Вселенную

3,6%

МЕЖГАЛАКТИЧЕСКИЙ ГАЗ

0,4%

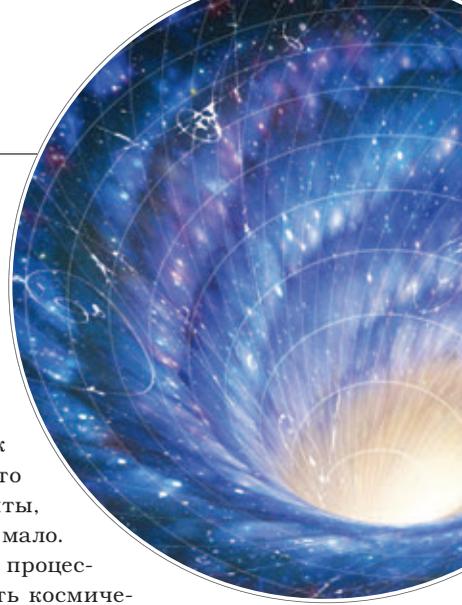
ЗВЕЗДЫ И ДРУГИЕ ОБЪЕКТЫ



✓ С самого момента феноменального успеха закона всемирного тяготения Исаака Ньютона, в 1687 г. объяснившего движение планет и динамику, невидимая материя привлекалась для объяснения загадочных явлений, наблюдаемых в космических телах.

✓ Результаты наблюдения астрономов за сверхновыми типа *Ia* показали, что расширение Вселенной идет с ускорением, причиной которого выступает темная энергия.

Два крупнейших элемента Вселенной — темная материя и темная энергия — это те два элемента, о которых мы знаем меньше всего. При этом именно они определяют судьбу нашей Вселенной — ни много ни мало.



Вселенной. Тем самым можно измерить одновременно и расстояние, на котором находится этот объект, и его скорость относительно нас. Расстояние связано с тем, сколько времени прошло, свет движется с конечной скоростью. Соответственно, вы можете измерять темп расширения Вселенной в разные времена — более ранние, менее ранние. Так это открытие и было сделано. В качестве стандартных «свеч» использовались сверхновые первого типа a (Ia). Считается, что они все почти одинаковы, что это стандартные «свечки».

Используя эти сверхновые, сегодня можно сделать более точные измерения. Прогресс идет, и то, что делается на телескопах на Земле, уже можно осуществлять и на спутниках в космосе. А там совершенно другие точности. Есть проекты космического телескопа специально для этой цели: измерить, как расширялась Вселенная, используя стандартные «свечки».

— По-вашему, мы сможем когда-то ощутить в экспериментах или воссоздать темную энергию и темную материю?

— С темной материей проще, потому что это обычные частицы. Конечно, это не известные нам, а новые частицы, нейтральные по отношению к электромагнитным взаимодействиям, поэтому они не светят и не поглощают свет. Именно поэтому состоящая из них материя — «темная», т.е. невидимая. Можно надеяться на то, что эти частицы будут рождаться на ускорителях. У них, наверное, есть какие-то партнеры. По сути, должен быть целый набор новых частиц, новый сектор, где есть частицы темной материи. Этот сектор, надо надеяться, можно будет изучать на ускорителях. Летающие вокруг нас частицы темной материи можно пытаться регистрировать, и люди это делают, можно фиксировать их взаимодействие с ядром. В этом случае они с ним сталкиваются,

и ядро отлетает. Можно зарегистрировать, что в детекторе произошел процесс, при котором ядро вдруг начало двигаться.

— «Здравствуйте, мы встретились».

— Именно. Такой поиск сейчас и происходит. Это тончайшие эксперименты, т.к. энергии выделяется мало. У нас же буквально море процессов подобного типа. Есть космические лучи, которые постоянно обстреливают нашу материю, есть постоянная радиоактивность. Когда у вас что-то из этого происходит, ядро отскакивает, выделяется энергия, таких процессов даже в этой комнате огромное количество. В таких условиях «поймать» именно темную материю нереально, поэтому нужно уходить глубоко под землю, где нет космических лучей, использовать сверхчистые материалы, очень тонкие детекторы, которые умеют измерять крайне слабые выделения энергии. Это кропотливая работа.

— Как нейтрино ловили.

— Это даже сложнее, чем ловить нейтрино. Нейтрино сейчас научились ловить, хотя они тоже очень слабо и редко взаимодействуют. А с темной материей — еще более трудное и тонкое дело.

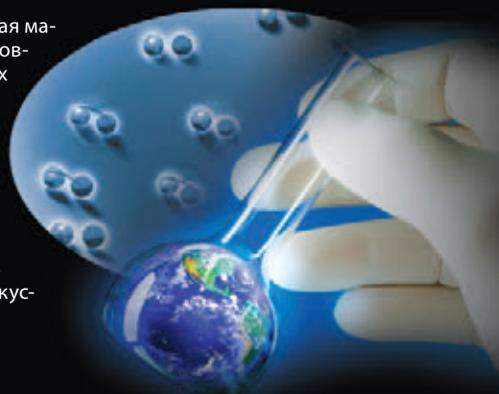
— Значит, можно ждать того, что темную материю мы поймаем?

— Все ждут. Уже в течение многих лет проходят все более масштабные эксперименты. Пока этим частицам удается от нас ускользнуть. Хотя, возможно, мы просто

✓ Данные наблюдений показывают, что масса темной материи в галактиках, в скоплениях галактик и во Вселенной в целом примерно в пять или шесть раз превышает массу обычной барионной материи — такой как протоны и нейтроны.

✓ Считается, что темная материя состоит в основном из экзотических частиц, сформировавшихся в возрасте Вселенной, равном доле секунды.

✓ Некоторые физики предлагают создать темную материю искусственно.



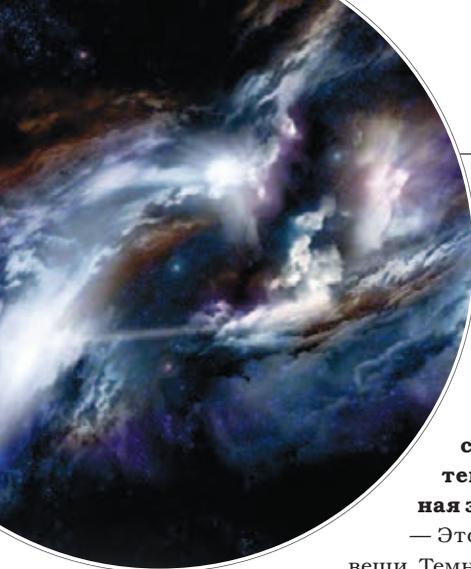
✓ Вопрос существования темной материи или необходимости внесения поправок в закон всемирного тяготения вряд ли будет разрешен, пока частицы темной материи не выявлены и не исключены невозможностью выявления.

✓ Две основные модели темной энергии заключаются в том, что либо она представляет собой энергию, связанную с пустым пространством (вакуумную энергию), и постоянна в пространстве и времени, либо это энергетическое поле, которое изменяется в пространстве и времени.

✓ Если это вакуумная энергия, то примерно через 100 млрд лет любая галактика за пределами нашей собственной станет невидимой.

✓ Если это энергетическое поле, то в зависимости от его природы либо расширение может остановиться и перейти в сжатие, либо ускорение может бесконечно возрастать.

✓ Если темной энергии не существует, космическое ускорение может быть признаком того, что закон всемирного тяготения требует поправки для очень больших расстояний.



не туда смотрим. Может быть, они обладают совсем другими свойствами.

Понять и спастись

— Многих людей вводит в заблуждение схожесть названий: темная материя и темная энергия.

— Это совершенно разные вещи. Темная материя — это обычное в гравитационном плане частицы.

Они собираются в сгустки, они есть в галактиках, есть в скоплениях галактик. Они очень важны с точки зрения формирования скоплений галактик и самих галактик. Для нас с вами темная материя важна, потому что процесс формирования галактик именно так и происходил: сначала сгущалась темная материя, а потом она притягивала на себя обычное вещество, образовывались галактики. Темная материя в гравитационном отношении очень похожа на обычное вещество.

Темная энергия ни в какие сгустки не собирается, в галактиках ее столько же, сколько между галактиками, сколько вдалеке от всех скоплений. Она всюду разлита равномерно. Гравитационно она устроена по-другому. Если темная материя притягивает, обладает гравитацией, то темной энергии в определенном смысле присуща антигравитация. Она заставляет Вселенную расширяться ускоренно.

— Со временем это ускорение увеличивается?

— Не беспредельно. Условно говоря, через 50 млрд лет, когда обычное вещество уже будет совсем разрежено, во Вселенной останется в основном темная энергия и это ускорение станет постоянным.

— Что тогда будет с нашей материей? Останутся ли звезды, планеты или это уже будет конец света, когда все разлетится и разорвется?

— Разорвется вряд ли, хотя такое тоже нельзя исключить. Сценарии так называемого Большого разрыва обсуждаются. Отдаленное будущее нашей Вселенной зависит от свойств темной энергии. Именно она скоро станет главной. Сейчас она доминирует во Вселенной на 70%, а когда-нибудь будет и на все 99%. Дальше уже все будет определяться тем, как она себя ведет. Если ее плотность упадет до нуля, то Вселенная перестанет расширяться и начнет сжиматься. Произойдет обратный процесс коллапса Вселенной с разогревом и т.д. Если она постоянна, как плотность энергии вакуума, то Вселенная будет бесконечно расширяться с постоянным темпом расширения.

— И мы дойдем до «холодной смерти»?

— Да, постепенно все галактики разлетятся, будут затухать звезды, и... Посмотрим. Если плотность темной энергии растет, она может в далеком будущем расти неограниченно, тогда возможно ускоренное расширение. В конечном итоге может быть такой большой разрыв,

когда все во Вселенной начнет разлетаться с бесконечной скоростью. Тогда и атомы развалятся, и ядра, и все на свете. Электроны улетят от атомов, протоны — от нейтронов. Но это будет не скоро. К тому времени человечество должно придумать, как изменить законы природы и сделать свою жизнь более комфортной.

— Быть может, создать новую Вселенную?

— Создать новую Вселенную или научиться влиять на законы природы. Через 20 млрд лет, возможно, человечество к этому придет. Если доживет, конечно.

— Антигравитация уже сама по себе интересна. Ведь человек всегда мечтал изобрести ковер-самолет. Может ли быть такое, что мы научимся управлять этой темной энергией?

— Сегодня такой возможности не видно. Вам для этого нужно собрать такую энергию в сгусток, но пока непонятно, как это сделать. Однако никогда не говори «никогда». Мы сейчас слишком мало знаем про темную энергию, чтобы решать, как мы ею можем (и можем ли в принципе) манипулировать, собирать ее, аккумулировать, использовать, генерировать. Сегодня кажется, что это безнадежно. Но надо сказать, что про многие вещи люди так думали. Когда Генрих Рудольф Герц обнаружил радиоволны, он был уверен (и говорил об этом в открытую), что это такая игрушка, которая никогда не будет использоваться. А сегодня кругом сплошные радиоволны.

Космологическое хулиганство

— Вы помните свои ощущения, когда точно стало известно, что существует темная энергия?

— Когда появились данные о том, что Вселенная расширяется ускоренно, что есть темная энергия, это было некомфортно. И до сих пор так остается.

— Почему?

— Плотность энергии — это число. Есть числа той же размерности в физике фундаментальных взаимодействий, т.е. характерные для этих взаимодействий плотности энергии. Слабые взаимодействия, сильные взаимодействия, гравитационные — они все характеризуются некоторой размерной величиной, которая имеет ту же самую размерность — плотность энергии. Если думать, что существует какая-то плотность темной энергии, то нужно сравнивать эти два значения — то, что вы можете построить из величин, характеризующих фундаментальные взаимодействия, и реальную плотность энергии во Вселенной. Оказывается, что в лучшем случае, если брать самые низкоэнергетические фундаментальные взаимодействия и плотность темной энергии, то различие составляет 44 порядка, т.е. число с 44 нулями после запятой. Реальная плотность энергии на 44 порядка меньше, чем то, что вы предсказали бы, если бы ничего не знали про расширяющуюся Вселенную и про доминирование темной энергии. Если бы меня посадили в башню из слоновой кости и сказали: «Ты знаешь только то, как устроены фундаментальные взаимодействия, и не знаешь ничего про реальную Вселенную; какой плотности темной энергии ты ожидаешь?», я назвал бы цифру — и ошибся бы на 44 порядка.

Это заставляет чувствовать себя крайне неуютно. И не видно, как и чем можно было бы объяснить такую фантастическую разницу в числах. Поэтому до того, как темная энергия и ускоренное расширение стали реальностью, мне лично казалось, что по каким-то глубоким и непонятным причинам эта плотность темной энергии или плотность энергии вакуума должна быть точно равна нулю. Она настолько маленькая, что есть какие-то глубинные причины, по которым она должна быть точно равной нулю. Когда оказалось, что она нулю не равна, а это какое-то такое мизерное с точки зрения фундаментальной физики число, это было дискомфортно. Я никак не мог к этому привыкнуть. Но деваться некуда.

— **Сейчас уже привыкли?**

— До сих пор не очень, и не только я. Не должно быть так в природе, что у вас два числа одной и той же размерности, одной и той же природы различаются на 44 порядка. Как это так, кто такое придумал?

— **Поймем ли мы когда-нибудь сущность темной энергии, и если поймем, то в какой приблизительно временной промежутке?**

— Я думаю, что речь идет о временных промежутках масштабов десятилетия или двух. Если это энергия

вакуума, то плотность энергии должна быть константой, постоянной во времени величиной. Если это что-то другое, то есть зависимость от времени. Если рассмотреть модели, которые пытаются объяснить темную энергию не энергией вакуума, а чем-то другим, какими-то новыми полями, то становится очевидно, что естественным образом плотность этих полей и их энергии не очень сильно зависит от времени. Но за последние 7 млрд лет она должна была бы измениться. Какие-то модели дают 10%, какие-то 20%, какие-то — 7%, 5%. Когда ответ будет известен с процентной точностью (а речь идет о десятке, может быть, двух десятках лет), тогда будет понятно, какая из моделей ближе к истине. Безусловно, останутся различные возможности, появятся новые вопросы, но уже станет более или менее ясно, что на самом деле происходит, что это — новое поле или энергия вакуума. Я думаю, что через 20 лет темная энергия немного «посветлеет». Однако давать прогнозы — всегда трудное дело. ■

Беседовал Валерий Чумаков

! Справка

Валерий Анатольевич Рубаков

Российский физик-теоретик, участвовал в становлении современной инфляционной теории, одним из первых осознал, что, изучая Вселенную сегодня и поняв историю ее развития, можно узнать новое о физике частиц высоких энергий, пока недоступных прямому экспериментальному наблюдению.

✓ Родился в Москве. Окончил физический факультет МГУ (1978). С 1981 г. работает в Институте ядерных исследований РАН (главный научный сотрудник отдела теоретической физики). Заместитель директора ИЯИ РАН (1987–1994). Профессор, заведующий кафедрой физики частиц и космологии физического факультета МГУ. Академик РАН (1997). Заслуженный профессор Московского университета (1999).

✓ Область научных интересов: калибровочные теории элементарных частиц, проявления свойств вакуума в физике

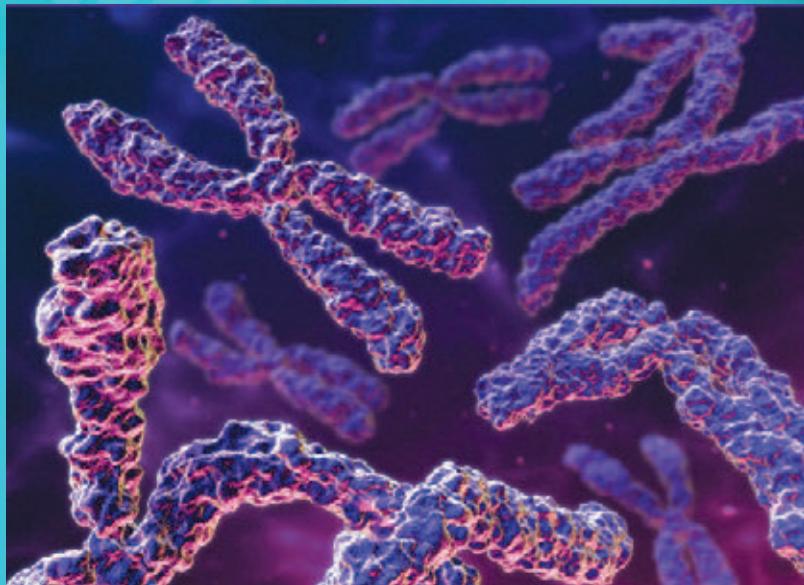
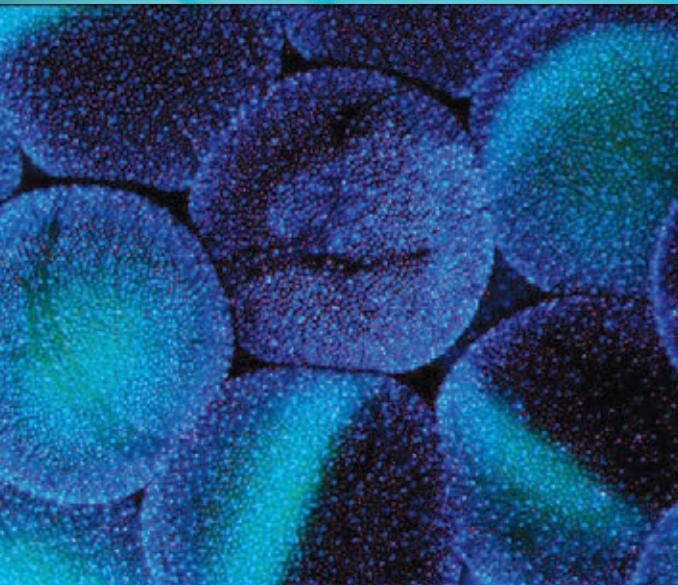
частиц и космологии, несохранение барионного и лептонного чисел в экстремальных условиях, теории космологических фазовых переходов, инфляционной Вселенной и альтернатив инфляции, топологические переходы и их связь с проблемой темной энергии.

✓ Награжден золотой медалью с премией для молодых ученых Академии наук СССР (1985, совместно с Н.В. Красниковым и В.Ф. Токаревым). Лауреат премии им. А.А. Фридмана (РАН, 1999, совместно с В.А. Кузьминым), премии им. И.Я. Померанчука (2003), премии им. М.А. Маркова (2005, совместно с М.Е. Шапошниковым), премии им. Б.М. Понткорво (2008), премии им. Й.Х.Д. Йенсена Хайдельбергского университета (2009), премии им. Юлиуса Весса Технологического института Карлсруэ (2010), премии им. М.В. Ломоносова за научную деятельность I степени (2012, совместно с М.В. Сажиним).

В поисках своей МЕЧТЫ

«Не оборачивается тот, кто устремлен к звезде», — сказал Леонардо да Винчи шесть веков тому назад. Что он имел в виду? Космических полетов еще не было, Солнце вращалось вокруг Земли, которая была плоской, до рождения Коперника еще оставалось довольно долго...

*— Он имел в виду мечту, — заметил мой собеседник, президент РАМН академик **Иван Иванович Дедов**, и я сразу же с ним согласился, потому что стремление к звездам, безусловно, отражает наше нынешнее стремление к мечте. А может быть, это одно и то же?*



**Президент РАМН
академик**

Иван Иванович Дедов



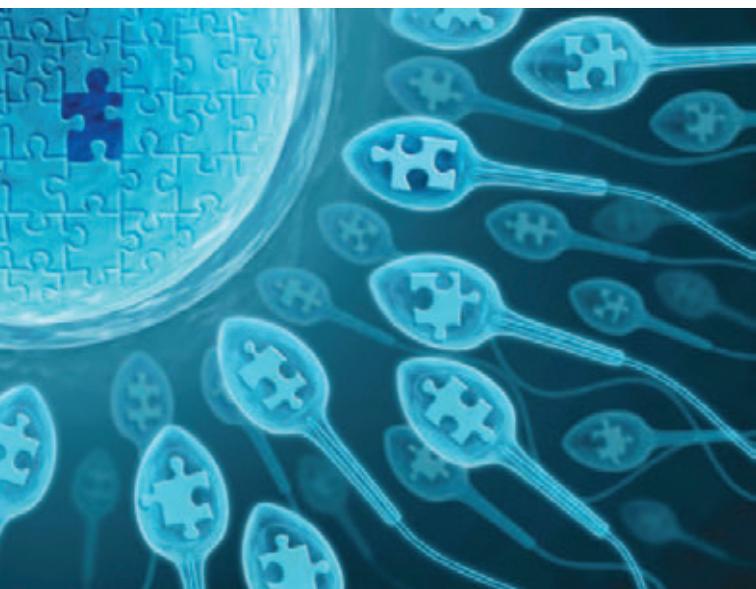
Ученый обязан мечтать, иначе ему не суждено остаться в истории науки. Мне повезло, потому что профессия дала возможность встречаться и беседовать с выдающимися медиками, узнавать, как говорится, из первых уст о новых технологиях, операциях, препаратах, направлениях развития и инновациях в той науке, которая, пожалуй, сложнее всех, но и ближе всех к нам, — медицине. И каждый из них был неповторим, интересен и одержим той самой мечтой, к которой надо идти, отдавая ей свой талант, энергию, жизнь. Мой сегодняшний собеседник из их числа.

Казалось бы, об успехах эндокринологии и следовало бы говорить с Иваном Ивановичем, поскольку с этой областью медицины в последние годы связаны крупные

открытия, в корне изменившие наши представления о человеческом организме. Однако сегодня академик Дедов находится в центре страстей, что бушуют вокруг науки России и ее академий: ведь он возглавляет одну из них. «Реформа науки», слияние трех академий — РАН, РАМН и РАСХН, борьба ученых и чиновников, депутатские запросы и компроматы — все это сегодня на слуху. И не только это. О нашей медицине и ее судьбе сегодня не говорит только ленивый, а потому нашу беседу я начал так:

— Вы, вероятно, единственный человек в стране, который имеет право объективно оценивать состояние российского здравоохранения.

— Не преувеличиваете?



Только факты

В «Толковом словаре» Владимира Даля слова «эндокринология» нет. Значит, в XIX в. его не существовало. Сергей Ожегов в «Словаре русского языка» (первая половина XX в.) об эндокринологии сказал коротко, ясно и точно: «Наука о железах внутренней секреции и о заболеваниях, связанных с нарушением их деятельности».

Еще спустя полвека на юго-западе Москвы появился Эндокринологический центр — один из лучших не только в России, но и в мире. Центром руководит президент Российской академии медицинских наук академик Иван Иванович Дедов.



Петр Кузьмич Анохин (1898–1974) — Академик АМН СССР и АН СССР, советский физиолог, создатель теории функциональных систем.

— Отнюдь! По должности — как президент Российской академии медицинских наук, профессионально — как специалист в той области медицины, которая охватывает все другие направления, почеловечески — как врач, который всегда говорит правду и только правду. Такое мнение сложилось о вас, а я лишь могу это подтвердить.

— Спасибо.

— Итак, ваша оценка состояния нашей медицины. Ее сейчас ругают, справедливо ли это?

— Нет, конечно. Если быть объективным, то следует сказать, что в Советском Союзе медицинская наука развивалась синхронно с теми же Америкой и Европой, т.е. была на таком же уровне. В США действуют Национальные институты здоровья, их где-то около 30. Это многопрофильные учреждения, в которых нет разделения на фундаментальные исследования и прикладные. У нас если ученый работает с дрозофилами или крысами, то занимается фундаментальной наукой, а если он в клинике, то уже в здравоохранении. Это так, к слову. У нашей медицины были серьезные вызовы — инфекции, детские заболевания, полиомиелит, малярия, чума и холера. Надо было защищаться от пандемий, от эпидемий. И наши медики с этим справились. Потом пришли неинфекционные заболевания: атеросклероз, болезни сердца, онкология, сахарный диабет. Советский Союз, будучи изолированным от Запада, вынужден был «идти своим путем», т.е. создавать мощные научные центры. Эту проблему удалось решить. Появились великолепные кардиологические центры, блестящая нейрохирургия, Научно-исследовательский институт скорой

помощи им. Н.В. Склифосовского, Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева и др. Работают специалисты самого высокого мирового уровня, и это невозможно не видеть. Другое дело — медицинское диагностическое оборудование. Его приходится закупать.

— Что же тогда понимать под «модернизацией здравоохранения»?

— Вложено около триллиона рублей. Созданы высокотехнологические медицинские центры по кардиологии, нейрохирургии, травматологии, ортопедии, онкологии, перинатальные центры. Они появились в разных регионах страны. Отношение к этой программе было разным. Некоторые говорили, что надо не новые центры строить, а модернизировать областные больницы. Я считаю, что создание таких центров оправдано. Если не будет подобных мощных «площадок здоровья», то никогда не появятся квалифицированные кадры. С распадом Советского Союза мы потеряли в медицине очень многое, и прежде всего «средний класс» специалистов. Многие уехали за границу, другие ушли в бизнес. Это касается не только математиков и физиков, но и биологов, и медиков. С препаратами было тоже очень плохо, т.к. мы утратили медицинскую промышленность. Чтобы как-то обеспечить специалистам работу в центре, приходилось буквально выпрашивать на Западе необходимые препараты и лекарства. И я это делал: в Дании, Америке и других странах.

— Пожалуй, самый яркий пример — одноразовые шприцы, которые с гордостью привез из Штатов Борис Ельцин.



И.И. Дедов и его учитель профессор Анатолий Анатольевич Войткевич на праздновании первого мая (1960)

— И шприцы тоже. В те годы мы потеряли технологии. И кадры. В стране оставались только самые преданные люди и появились «оазисы науки». К счастью, теперь они начинают постепенно расширяться и возрождаться.

— **Но ведь опасно оставаться без технологий!**

— Конечно. Слова «Мы покупаем много оборудования», звучащие с трибун, свидетельствуют не о нашей силе, а о нашей слабости. Например, те же томографы. Они куплены, а запасных частей к ним нет. И стоят они дорого. Или у нас в ангиоцентре сломался аппарат, и все сразу встало, потому что какое-то плато нужно закупать в Германии — и надо ждать, пока оно придет. А больные ждать иной раз не могут... и не должны. Да, томографы и другое современное оборудование очень помогают в диагностике и лечении, но их нужно производить и у себя, иначе медицина и здравоохранение будут отставать от мирового уровня всегда. Аналогичная ситуация и с лекарствами. Безусловно, фармакология — сложнейшая отрасль. На создание нового препарата иногда (а точнее — чаще всего) уходят годы и миллионы (а подчас миллиарды) долларов, но развивать эту индустрию необходимо. Есть программа «Фарма-2020», но реализуется она медленно. Следует всегда помнить, что уровень медицины зависит не только от мастерства, таланта и опыта специалистов, но и от ее материального обеспечения.

— **Какой вуз вы окончили?**

— Воронежский мединститут.

— **Давно там были?**

— Два года назад. Читал лекцию. Встречался со студентами, с представителями ученого совета. В этом году

планирую открыть там небольшое отделение детской эндокринологии. Рассчитываю найти деньги для этого.

— **Зачем же так унижать государство? Оно уже не способно это сделать?**

— Не унижаю — помогаю. Детская эндокринология — одно из главных направлений в современной медицине. У нас здесь есть великолепный корпус, а раньше — небольшое отделение, где используются и клеточные, и геномные технологии. Что такое «персонализированная медицина»? Это уникальное, совершенно другое профилактическое направление, которое позволяет нам прогнозировать риски моногенных, полигенных и хромосомных заболеваний. У нас есть замечательная технология — предимплантационная.

Скажем, семья обременена какими-то наследственными заболеваниями — например, гемофилией или андрогенитальным синдромом, который распространен довольно широко. Это нарушение половой функции у детей. И это висит дамокловым мечом над семьей. Как и все наследственные заболевания, синдром особенно распространен в определенных этнических группах. Но рождается такой ребенок — и что делать семье? Рожать еще? Каков риск? Не исключено, что беда повторится. Сегодня мы уже можем такие риски предсказывать и их нивелировать. В разных странах создается много центров, где проводят полномасштабное исследование генома и где можно получить ответ на вопрос, есть ли опасность наследственных заболеваний. В Китае уже около тысячи таких центров. К сожалению, мы отстаем в этом приоритетном направлении медицины.

Взгляд в прошлое

Пора, наконец, вспомнить о петухах, которым суждено навсегда остаться в истории эндокринологии. Именно на них были проведены первые экспериментальные работы. В середине XIX в. немецкий физиолог Бергольд пересадил семенники подкожно молодым кастрированным петухам и доказал, что в этом случае побочные явления при кастрации не происходят. Эти опыты поставили заключительную точку в споре медиков об истоках болезней, возникающих после кастрации — не только животных, но и людей. Евнухи в гаремах, лишаясь половых органов, прекращали расти, становились нервными и впадали в депрессию. Несколько веков врачи не могли внятно объяснить подобные явления, а тем более их лечить. И только в XIX в. удалось понять истинные последствия такого «вмешательства» в человеческий организм. Вторая половина XIX в. и век минувший — это каскад открытий и исследований, которые и создали современную эндокринологию.

— Хочу привести мнение Уильяма Лоуренса: «В течение ближайшего десятилетия я вижу наступление великого золотого века в медицине. В ближайшем будущем будет наконец найден способ предупреждать все ужасные болезни, калечившие и убивавшие людей на протяжении веков». Любопытно, что это сказал не медик, а физик. Вы согласны с ним?

— Он прав. И кое-что мы уже научились делать.

— Например?

— Лечение бесплодия, восстановление репродуктивной системы. На 70% — это эндокринология, на 15% — иммунология, на 15% — нарушение «транспортировки». Впрочем, вернемся к той же гемофилии. После истории царской семьи Николая Второго об этой болезни знают все. Скажем, есть опасность рождения ребенка, больного гемофилией. Как это предотвратить? Приведу в качестве примера наш опыт. Мы использовали известную технологию. В семье, в которой родился мальчик с гемофилией, у матери взяли четыре яйцеклетки и оплодотворили генетическим материалом отца. Начинается деление: одно, второе, третье — восемь blastomeres. Берем каждый из восьми blastomeres и определяем наличие гена гемофилии. В двух эмбрионах с хромосомным набором 46 XY, т.е. мальчиков, такой ген был обнаружен, а в одном — с 46 XX — отсутствовал. Мы «подсадили» этот эмбрион матери, и родилась здоровая девочка.

— Фантастика!

И.И. Дедов (в центре первого ряда) и коллектив Эндокринологического научного центра в день празднования 20-летия со дня образования центра



— Нет. Эта технология входит в широкую практику. Это реалии современной медицины. Мы не можем рисковать будущим: ведь повреждение всего одного гена нередко дает ужасные последствия, и всю жизнь семья несет тяжкий крест. Мы способны предотвратить беду, почему же этого не делать?

— **С одной стороны, это прекрасно, а с другой — очень опасно! Разве не так?**

— Да, можно сказать, что если все так дальше пойдет, то начнется селекция людей. Например, я буду выбирать из консервированных яйцеклеток нужные мне.

— **И делать солдат?**

— В любой науке есть свои «рубиконы», перейдя которые, можно творить как добро, так и зло. Здесь уже вступают в дело нравственные принципы. Этических проблем в медицине сегодня много.

— **Вам нравится ходить по лезвию бритвы?**

— Нравится или не нравится — это не те понятия, которыми следует оперировать. Ко мне приходят люди с бедой. Что делать? Хорошо, если ребенок здоровый, а если карлик? Рост 80 см. Человек как бы остается в детстве. Сегодня есть гормон роста, в год мы прибавляем 12–18 см. И ребята вырастают за четыре-пять лет до 180 см. Так что вмешиваться надо. Сейчас дети, рожденные с весом 500 г, должны жить. Понятно, что появляются на свет они с всевозможными дефектами, в частности малорослыми. Но у нас появилась возможность с помощью гормонов «подтягивать» их до сверстников.

Затем уже генетика берет свое. Так что эндокринология, образно говоря, — это отрасль медицины, которая «исправляет» человеческие погрешности. И сегодня уже можно говорить о прорыве и в этой области.

— **Вы рассказываете об очень интересных вещах. А как они финансируются? Почему я постоянно слышу по телевидению: «Собираем деньги, чтобы отправить ребенка за границу на лечение». Неужели мы так беспомощны?**

— Нет, так говорить нельзя. Очень многое мы можем делать и, кстати, делаем, но это не особенно афишируется. Причем мы лечим такие заболевания, за которые даже на Западе не берутся.

Расскажу об одной архиважной проблеме. Речь идет о врожденном гипотиреозе. Человек рождается без щитовидной железы, а она прежде всего определяет интеллект, развитие центральной нервной системы, энергетики человека и т.д. Отсутствие щитовидной железы — это глубочайший кретинизм. Эволюционно — ниже неандертальца, абсолютно нет второй сигнальной системы, т.е. человек не может говорить и т.д. Теперь немного истории. Расскажу о работах хирурга Теодора Кохера из Швейцарии. Как известно, эта страна эндемичная по йоду, который идет на построение гормонов щитовидной железы. Медики заметили, что при удалении зоба вместе с щитовидной железой человек начинает угасать. Температура снижается до 34–32°, замедляется пульс, нарастают отеки, появляется депрессия. Кохер выступил на съезде

Взгляд в прошлое

Как известно, в судьбе биологии активное участие принимали физики. Именно они впервые прямо и убийственно выступили против Т.Д. Лысенко и лысенковщины. Академики И.Е. Тамм, А.Д. Сахаров, И.В. Курчатов пытались объяснить руководству страны, что генетика — это подлинная наука, а «социалистической биологии» не существует, как нет национальной арифметики или алгебры. Тогда власть не прислушалась к мнению ученых, и наше отставание от передовых стран в биологии и науках с ней связанных год от года нарастало. Пропасть расширялась, и сейчас она была бы уже непреодолимой, если бы не спасли те же физики. В недрах закрытых городов и институтов создавались биологические центры, где шла подготовка специалистов, которым суждено будет возглавлять современную биологию, биофизику, генетику и эндокринологию. Путь в большую науку для И.И. Дедова начинался в Обнинске, где была создана не только первая атомная электростанция, но и Институт радиационной медицины, в котором работал мой нынешний собеседник.

И еще об одной малоизвестной странице в истории науки следует рассказать. Речь пойдет о знаменитом исследовательском судне «Витязь» и опытной станции на Дальнем Востоке. Исследовательское судно появилось, когда потребовалось контролировать ядерные испытания, которые проводили американцы в Тихом океане. И приписано оно было к Институту химической физики академии наук, которым руководил академик Н.Н. Семенов. В институте работал биологический отдел, и его сотрудники в полной мере использовали атомный «Витязь» для изучения морских ежей. Именно на них ученые разработали так называемую «микромерную модель» межклеточных взаимодействий у ранних зародышей морских ежей.

Дальше углубляться не следует: мы вступаем в мир, где и специалисту часто нелегко разобраться. Я просто хочу показать этим примером, что настоящая наука выживает в любых условиях и находит выходы из, казалось бы, безвыходных положений. Всегда находит!



Президент Российской Федерации В.В. Путин и Президент РАМН академик И.И. Дедов 23 февраля 2013 г. во время официального визита президента Франции Ф. Олланда в Россию

хирургов и предположил, что при удалении щитовидной железы из организма удаляется какое-то гуморальное начало, которое и вызывает угасание человека как личности. Кохер стимулировал поиски таких активных начал. И тогда было решено высушивать щитовидную железу животных, делать из нее порошок и давать его после операции. Человек начинает буквально оживать. Позже эти гормоны были синтезированы. Хирург Кохер получил Нобелевскую премию, в сущности, за идею, рожденную в клинике. Щитовидная железа закладывается на четвертой неделе беременности, женщина еще может и не знать, что она «в положении». Природа так предусмотрела, что мама поставляет ребенку через плаценту свои гормоны. Уже 17 лет в России проводится тотальный скрининг всех детей на врожденный гипотиреоз. В роддоме в обязательном порядке берут кровь и смотрят, есть щитовидная железа или ее нет. Если нет, то сразу же назначается заместительная гормональная терапия. Пять лет назад ввели тесты еще на шесть орфанных (т.е. редких) заболеваний. Стоит это, конечно, дорого, но проверка проводится повсеместно. Так что нельзя говорить, что у нас «все плохо» в здравоохранении, — просто хочется сделать больше, а потому так много критики.

— **Значит, появились не только гормоны роста, но и многие другие?**

— Кстати, вы знаете, наверное, о знаменитом аргентинском футболисте Лионеле Месси. Он был низкорослым. Его «подтянули» до 167 см, он получал дополнительную заместительную терапию гормоном роста, поэтому он такой «моторный», очень энергичный. Гормональную заместительную терапию можно использовать для разных целей, но одна из важных проблем современной

медицины — это наследственные заболевания. Предымплантационная терапия — это реальный путь для предупреждения наследственных заболеваний. Безусловно, такое лечение дорого, и основные затраты на его проведение должно брать на себя государство.

— **Как и на онкологию. Особенно детскую.**

— И в эту область медицины вкладываются большие средства. Достаточно сказать, что у нас есть Российский онкологический научный центр им. Н.Н. Блохина, НИИ им. П.А. Герцена, великолепные центры в Санкт-Петербурге и Томске, Федеральный научно-клинический центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Димы Рогачева. Можно назвать еще ряд институтов. Однако это все-таки «оазисы». К сожалению, пока фундаментальные проблемы в онколо-

гии решить не удастся. Не только у нас — во всем мире. В Америке когда-то объявили, что в ближайшие годы они добьются решающего успеха в борьбе с раковыми заболеваниями. Эту программу по важности сравнивали с полетом человека на Луну. На Луну слетали, а рак не удалось победить. Но там пошли по верному пути — это ранняя диагностика рака. У женщин доминируют рак молочной железы и рак шейки матки, а потому после 40 лет в обязательном порядке нужно делать маммографию. На Западе успеха добились, а мы до сих пор никак не можем раскрутить это по-настоящему. У мужчин рак предстательной железы, рак легкого у курильщиков, а также рак толстого кишечника. С помощью маркеров можно обнаруживать болезнь на ранней стадии. Так что диспансеризацию после 40 лет надо обязательно проходить. Это гарантия того, что лечение начнется вовремя, и эффективность его будет высока.

— **А детская онкология?**

— Успехи в этой области налицо. Если говорить о лейкозах, то и трансплантология, и онкология, и фундаментальная медицина в этой области в полной мере показали свою силу. У нас действуют несколько великолепных центров, в которых излечиваются сотни и тысячи детей. К сожалению, отсутствуют биобанки, нет базы данных, а они нужны, т.к. лечение индивидуальное. Технологии отработаны, они известны, но без биобанков мы не можем войти в систему лечения, которая охватывает всю Европу. Есть и правовые вопросы.

— **И, тем не менее, мы постоянно собираем деньги, чтобы отправить наших детей лечиться за границу.**

— Иногда это необходимо, поскольку там есть центры, специализирующиеся на редчайших заболеваниях.

Взгляд в прошлое

Среди специалистов имя академика Л.А. Пурюзяна известно хорошо. Его идеи оригинальны, проекты необычны. У него была потрясающая интуиция: создавалось впечатление, что он умеет переноситься в будущее и чувствовать себя комфортно. Он работал у Н.Н. Семенова в Институте физической химии, потом создал и возглавил Научно-исследовательский институт по биологическим испытаниям химических соединений. Это было уникальное научное учреждение, где разрабатывались принципиально новые направления в медицине, в том числе и практической. Была в институте и лаборатория гормональных средств. Заведующая этой лабораторией

вспоминает: «Это был единственный научный коллектив в стране, в задачи которого входил поиск синтетических веществ, обладающих гормональным действием, в том числе в химических рядах, принципиально отличающихся по структуре от естественных гормонов».

Однако вскоре все работы в институте были прекращены, а сам он расформирован. Таков был приказ «свыше». Когда власти вмешиваются в науку, это всегда приводит к драматическому финалу. Работы по созданию «искусственных гормонов» были заторможены на четверть века.

В этих случаях помощь за границей реальна. Но в большинстве случаев надо лечиться здесь. Кстати, Минздравсоцразвития не отказывает в средствах тем больным, которым лечение за границей необходимо. У нас великолепные отношения с Германией, Италией, Израилем, и там готовы помогать. Однако не следует создавать впечатление, будто мы бессильны. Есть дети из-за рубежа, которые приезжают к нам и лечатся здесь. И их, поверьте, немало. Нельзя противопоставлять государственную помощь и помощь благотворительных фондов. Все формы финансовой помощи направлены на благо детей.

— Мне кажется, что пора сменить тему разговора. Все о болезнях и о болезнях. Иван Иванович, а как становятся президентами академии медицинских наук?

— Сначала нужно поступить в Воронежский медицинский институт и окончить его. Была хорошая традиция: ученый совет рекомендует лучших выпускников в аспирантуру академии медицинских наук. Кстати, дорожку в Москву пробил Рэм Петров. Он тоже из Воронежа, в Москве стал академиком. Я приехал на Солянку, в академию. Это было ровно 50 лет назад. Со мной побеседовали, а поскольку еще на втором курсе я сделал несколько приличных работ, то взял в аспирантуру. Потом появилась возможность поехать в Обнинск. Учителя были прекрасные — Петр Дмитриевич Горизонтов, Василий Васильевич Парин, Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский, Анатолий Анатольевич Войткевич, Петр Кузьмич Анохин. Условия в Обнинске были потрясающие: прекрасное оборудование, новые технологии и, главное, особая благотворная научная среда, которая, к сожалению, быстро закончилась.

— Новое направление?

— Радиационная защита. Экипажи атомных подводных лодок тогда создавались в Обнинске. Военные

моряки были одеты в гражданское, но по выправке, по походке их легко было отличить.

— Из Обнинска в Москву?

— Путь был сложный. 35 лет служу профессором-эндокринологом, у меня кафедра в Первом медицинском, и скоро 25 лет, как я стал директором Эндокринологического научного центра.

— Удобный случай спросить: как ребята учатся сейчас?

— По-разному, но хуже, чем в наше студенческое время.

— Почему?

— Был сложный период, так называемые лихие девяностые. Сейчас престиж медика вроде бы восстанавливается. Очень много ребят набираем. Это связано с тем, что половина — платные, а это уже неконкурентоспособные студенты. Они считают, что раз заплатили, значит ставь им зачеты и принимай экзамены. В общем, покупают образование, как ни прискорбно это звучит.

Ректор вынужден на это идти, т.к. ему надо делать ремонт, приплачивать преподавателям, потому что у них мизерная зарплата. А по-настоящему как надо учить? В группе — пять-семь человек и преподаватель. Это была бы «штучная работа», а не «массовое производство». Мало остается выпускников в медицине, уходят в бизнес. Поэтому мы и ставим сегодня вопрос о том, чтобы полностью обучать студентов за бюджетный счет. Пусть губернаторы, муниципальные образования, коммерческие структуры направляют молодых людей на учебу и оплачивают ее. А выпускники должны возвращаться туда, откуда их направляли, и отрабатывать потраченные на них средства. Но нам говорят, что это нарушение прав и свобод человека. Мне кажется, что у нас слишком вольно трактуют понятие демократии.

Только факты

Что происходит с фармацевтической промышленностью? Во времена СССР она как бы отступила на второй план: считалось, что ее нужно развивать в социалистических странах. Так и было. Лекарства поступали к нам из Болгарии, Чехословакии, Венгрии и других стран. Туда и вкладывались немалые средства. После распада социалистического лагеря оказалось, что отечественной промышленности нет современных технологий, она безнадежно отстала от западных стран. Они же воспользовались ситуацией и ринулись на наш рынок. Цены на лекарства взлетели, и они стали недоступны

для большинства населения. Речь идет, конечно, об уникальных препаратах. В ближайшее время ситуация не может измениться. После расшифровки генома человека лечение станет совсем иным, чем оно проходит сегодня. Если сейчас для лекарственных препаратов в нашем организме всего около 500 мишеней, куда они должны попадать при заболевании, то в ближайшее десятилетие их уже станет порядка 10 тыс. Нетрудно представить, какой должна быть фармацевтическая промышленность, чтобы полностью обеспечить население страны нужными лекарствами.

— В супердемократической стране Америке студенты вкальвают с утра до ночи, особенно в медицинских вузах. Почему не перенимать именно эту демократию?

— В Америке и Европе очень жесткие системы здравоохранения. Там отношение к жизни, к своему здоровью абсолютно иное, чем, к сожалению, у нас. Там с молодых лет внушают в обязательном порядке необходимость занятий спортом, бережного отношения к себе, и, конечно, там строгие требования страховой медицины. Она защищает как врача, так и больного. Кстати, подготовка врача там длительная: забота о престиже клиники. В коллективе — жесткая иерархия. Сначала студент получает базовое образование, а потом уже готовят узкого специалиста. Путь в медицине длительный и трудный. Медицина — это учеба всю жизнь.

— Почему у нас этого нет?

— Было когда-то. Мы сегодня пытаемся снова отдать право последилового обучения и подготовки Минздраву. Оно есть у Минобрнауки. Там отвечают за все — от производства памперсов до подготовки инженеров и врачей. Это неправильно. Все-таки подготовка врачей и медперсонала — дело особое. Мы испытываем дефицит врачей и огромную нехватку медицинских сестер. Недостаёт около 40 тыс. врачей...

— Такие проекты есть?

— Персонализированная медицина. Сегодня на третьем месте в Америке вышла смертность от лекарств. А что это значит? Мы работаем по шаблону, по стандарту, ничего индивидуального. Надо воплощать в жизнь известную философию отечественной медицины: «Лечить больного, а не болезнь». Если, например, у вас повышенное давление,

Международный день медицинской сестры 12 мая 2011 г.:

И.И. Дедов и победители конкурса на звание «Лучшая медицинская сестра Эндокринологического научного центра 2011 г.»



то прописывают мочегонные или комбинации других препаратов. Пять дней не помогает — меняем схему. А ведь у одних давление утром повышается, у других во второй половине дня, а у третьих ночью. И нужно принимать разные лекарства. Мы не знаем наши биоритмы. После девяти вечера доминируют половые гормоны, а инсулин днем. Перед пробуждением главную роль играют гормоны надпочечников, а потом их активность снижается.

— Простите, Иван Иванович, то, о чем вы говорите, требует развитой медицинской промышленности и фармакологии, а у нас практически их нет.

— Но это проблему не снимает. Уже сегодня можно нивелировать риски и не использовать это преступно.

— Это же требует больших денег от государства. А реформа науки, как мне кажется, затеяна с другой целью: с надеждой получить деньги от науки. Безусловно, программа «Человек» прекрасна, но она затратная. А где нефть и газ в науке?

— Когда говорят, что здравоохранение должно быть экономически выгодным, я этого не понимаю. Такое просто невозможно. Когда-то наше здравоохранение — это были 1970-е гг. прошлого века — было признано лучшим. Лучшим, потому что была мощная профилактическая медицина, основанная на практически всеобщей диспансеризации населения страны. И эти принципы переняли на Западе. Одна из лучших — система здравоохранения скандинавских стран, потому что она построена на «социалистических» принципах. Начальное, среднее и высшее образование, подготовка кадров за рубежом, страховая медицина — все это берет на себя государство. И, конечно, культура здоровья.

— Но вы все-таки с оптимизмом смотрите в будущее?

— Без веры в будущее полноценная, творческая жизнь невозможна. ■

Беседовал Владимир Губарев



Всероссийский диабетологический конгресс 2006 г., академики Е.И. Чазов и И.И. Дедов (вверху)

Международный форум «Объединиться в борьбе с сахарным диабетом» 2008 г., беседа академика И.И. Дедова и Кофи Аннана (внизу)

! Справка

Иван Иванович Дедов

Академик РАН и РАМН, президент Российской академии медицинских наук, директор ФГБУ «Эндокринологический научный центр» Министерства здравоохранения РФ, главный внештатный специалист-эндокринолог Минздрава России, заслуженный деятель науки Российской Федерации, президент Российской ассоциации эндокринологов-диабетологов.

- ✓ В 1964 г. окончил Воронежский медицинский институт.
- ✓ В 1982–1988 гг. занимал должность профессора кафедры факультетской терапии 1-го лечебного факультета МГМУ им. И.М. Сеченова.
- ✓ С 1988 г. по 2013 г. — руководитель кафедры эндокринологии лечебного факультета Первого МГМУ им. И.М. Сеченова.
- ✓ С 1988 г. по настоящее время — директор Эндокринологического научного центра Минздрава России.

- ✓ С 2006 г. по 2008 г. — руководитель Федерального агентства по высокотехнологичной медицинской помощи Минздрава РФ.
- ✓ Председатель Межведомственного научного совета РАМН и Минздрава РФ по эндокринологии.
- ✓ Консультант Медицинского центра Управления делами Президента Российской Федерации.
- ✓ Почетный президент Общероссийской общественной организации инвалидов «Российская диабетическая ассоциация».
- ✓ Эксперт Всемирной организации здравоохранения по сахарному диабету, член Правления Международной и Европейской федераций диабетологов.
- ✓ Главный редактор журналов «Проблемы эндокринологии», «Сахарный диабет», «Ожирение и метаболизм», «Вестник репродуктивного здоровья» и «Эндокринная хирургия».
- ✓ Полный кавалер ордена «За заслуги перед Отечеством».



Секретное
**СЕРДЦЕ
НАУКИ**



*Математики работают
в самом центре Москвы.
Рядом Тверская улица.
Выходишь на нее, видишь
Кремль. Он совсем рядом.
И от этого соседства
рождается ощущение, будто
из научных институтов
этот — один из главных.
Впрочем, так оно и есть*



**Академик РАН
Борис Николаевич
Четверушкин**

Много лет назад, когда практически вся наука была в большей или меньшей степени засекречена, я впервые попал в этот институт. Меня поразило, что забор вокруг территории был не только высоким, но и неприступным: несколько витков колючей проволоки надежно защищали все, что находилось внутри. На проходной дежурили люди в форме, и я обратил внимание, что у них были офицерские погоны.

Я тогда спросил у директора «ящика» академика М.В. Келдыша: «Есть что хранить от шпионских глаз?» Он едва заметно улыбнулся, потом ответил коротко: «Почти все!»

Сегодня «колючки» поверх забора нет, однако камеры внимательно следят за окружающим миром, а на проходной меня встречают крепкие парни в гражданском. Это сотрудники вневедомственной охраны. Я

не удержался, спросил у директора Института прикладной математики, носящего имя М.В. Келдыша, академика Бориса Николаевича Четверушкина:

— Что-то не верится, что к нам засылают шпионов для того, чтобы они воровали математические формулы и расчеты?

Ученый смеется.

— Не знаю, — отвечает, — засылают или нет, но то, чем мы занимаемся, очень интересует не только зарубежных ученых, но и военных, и специальные службы. Так что защищаться нам нужно. Наш институт помогает оборонным отраслям. И сотрудники рады, что охрана есть: порядок на территории, не «проходной двор», как у некоторых наших коллег. В этом прослеживается определенная традиция с тех пор, как институт был создан. А случилось это в начале 1950-х гг., когда шла работа над атомным проектом, созданием новой авиационной



**Академик
Александр Андреевич
Самарский:**

«Выступая как-то в Институте прикладной математики, Келдыш говорил о том, что лицо нашего столетия определяет прежде всего вычислительная математика. Вычислительная математика, так сказать, объединяет в себе оружие трех родов войск: вычислительная техника, алгоритм и программирование.

Замечательно то, что Мстислав Всеволодович с самого начала обращал внимание на гармоничное развитие всех этих направлений и потому придавал очень большое значение развитию автоматизации программирования, своевременному развитию математического обеспечения для вычислительных машин и особенно развитию вычислительных алгоритмов <...>.

Мне кажется, что Мстислав Всеволодович представляет собой уникальное явление: он ворвался в эпоху становления науки в нашей стране. Его творческая биография шла параллельно с развитием всей нашей науки, техники, всего нашего общества, и он может служить образцом для многих поколений ученых, инженеров, техников, наших советских людей, ибо он сочетал в себе качества большого ученого, большого патриота, человека, который отдал свою жизнь на благо народа и Родины».

и ракетной техники. Фундаментальная наука требовалась не только в оборонных отраслях, но и в гражданских. Так с тех пор мы и занимаемся этими проблемами.

Так начался наш разговор в одном из самых знаменитых научных центров России.

— Итак, одна «атомная» нога, а другая «ракетная». Есть ли третья?

— На определенном этапе развития науки и техники потребовались вычислительные машины, чтобы с их помощью решать множество новых задач, возникших в науке и технике.

— Извините, что перебиваю, но не могу не сказать, что на юбилейном вечере в Доме ученых меня удивили выступающие с приветствиями. Среди них были космонавты, летчики, машиностроители, подводники, ракетчики, биологи, медики... в общем, представители практически всех областей нашей жизни! Не скрою, это произвело сильное впечатление на всех присутствующих.

— Это дань прикладной математике и нашим отцам-основателям, в первую очередь Мстиславу Всеволодовичу Келдышу. По сути дела удалось собрать в одном месте разные группы математиков, которые отдавали предпочтение прикладным проблемам. Задача была четкой: развивать прикладную математику и программирование и сразу же внедрять полученные результаты. Это была стратегическая линия, и мы придерживаемся ее до нынешнего дня. В разные периоды развития института были разные проблемы — ядерные, ракетные, космические. И, конечно, оборона страны в очень широком диапазоне, так же как и всевозможные задачи народного хозяйства. Естественно, все это мы продолжаем делать, хотя и не в таком большом объеме, как раньше. Но сегодня возникают и принципиально новые проблемы. Я поделюсь своими мыслями, которые не все принимают. На мой взгляд, сегодня ситуация близка к той, что была в начале 50-х гг. прошлого столетия, когда создавался наш институт. Нынешние машины с огромным количеством процессоров чрезвычайно сложны, и считать на них трудно, хотя по своим возможностям они феноменальны.

Сейчас основная проблема, которая волнует все мировое сообщество, — как использовать эти машины. Очень мало задач, которые позволяют задействовать большую машину на полную мощность. Важно, чтобы эти сотни тысяч процессоров не мешали друг другу, поэтому нужно создавать соответствующие алгоритмы. Происходит своеобразная революция в прикладной математике, и мы в этой области в первых рядах.

— Потому ваши молодые ученые и получают премии президента России?

— Безусловно. Как нам кажется, мы «оседлали» эту проблему, а потому у нас широкие контакты с коллегами за рубежом. Они охотно с нами сотрудничают, мы участвуем во многих международных проектах. На мой взгляд, у нас в институте очень хороший баланс фундаментальных и прикладных исследований. Те заказы, которые мы получаем, дают возможность определять

и направление исследований, их актуальность и значимость, а сейчас мы не только сохраняем эти традиции, но и развиваем их.

— **Итак, нужны примеры. Возьмем ту область, к которой вы причастны. Насколько я знаю, вы ученик академика А.А. Самарского, который был одной из ключевых фигур атомного проекта СССР, вел расчеты первых образцов ядерного оружия, а затем и термоядерной бомбы. Как известно, академик М.В. Келдыш первую свою «Золотую Звезду» Героя Социалистического Труда получил именно за ее создание. Сейчас контакты с федеральными ядерными центрами продолжаются?**

— Конечно, мы сотрудничаем с коллегами из этих центров — но, как ни парадоксально это звучит, главным образом по гражданским вопросам. Советом безопасности России было принято решение о модернизации основных отраслей промышленности на основе суперкомпьютерных технологий. Думаю, не нужно объяснять, что к нам и ядерным центрам это имеет прямое отношение. Мы активно взаимодействуем с Саровым, разрабатываем программное обеспечение, методы расчетов и т.д.

— **У вас теперь лучше машина, чем в Сарове?**

— Во-первых, у нас она меньше. И не надо говорить «лучше», и сравнивать их некорректно: там свои задачи, у нас — свои. Наша машина создана на основе гибридных процессоров, поскольку у них есть ряд преимуществ по соотношению цены и производительности, а также энергетики. Во всем мире идет поиск пути, как лучше освоить суперкомпьютеры, какие методы предложить, чтобы они работали эффективно. Наша машина загружена буквально на 150%, и мы мечтаем сделать ее в 15–20 раз больше, и я гарантирую, что она сразу будет загружена полностью. Поэтому мы с Саровым и Снежинском в каком-то смысле дополняем друг друга. Мы работаем над одной проблемой и выступаем своеобразной лабораторией, где идут поисковые исследования. Мы более «свободны», чем они, в ядерных центрах оборонных задач много, а у нас есть возможность экспериментировать, искать и находить, побеждать и ошибаться. На мой взгляд, такое «разделение науки» весьма полезно и эффективно.

— **По машинам мы уступаем американцам?**

— Да, уступаем. И им, и китайцам. Но у нас хорошие методы — оригинальные, кроме того, к этому хорошее математическое обеспечение. Нам стесняться нечего, поэтому с нами на сотрудничество идут охотно.

— **Значит, и в этом случае традиции соблюдают-ся? В прошлом академик Самарский создавал методы расчетов, которые позволяли двум десяткам девушек-вычислителей, работающих в этих стенах, обогнать лучшие американские машины.**

— Не только Самарский, но и Тихонов, и Келдыш. Я сказал бы шире: наступает очень интересное время, когда простое наращивание мощности машин мало что дает. Требуется «вмешательство» теоретической математики. Казалось бы, фундаментальная и прикладная науки далеки друг от друга, они долгие годы развивались



Академик Дмитрий Евгеньевич Охожимский:

«Я помню, когда была разработана, спроектирована и частично испытана ракета, получившая впоследствии название "Протон", то в силу ряда причин очень многие были против того, чтобы изготовить ее серийно, не говоря уже о том, чтобы ее использовать, — хотели пустить ракету "под откос". Нужно отдать должное Мстиславу Всеволодовичу. Я принимал участие в созданной государственной комиссии по этому вопросу, хорошо помню его героические усилия, когда фактически он сражался против всех и сумел добиться того, чтобы эта ракета была сохранена, пошла в серию и стала "рабочей лошадкой" для нашей космонавтики. Без нее не было бы ни полетов к Луне с большими весами, ни хорошей орбитальной техники. Эта ракета сыграла колоссальную роль в дальнейшем развитии космонавтики.

В решении этого вопроса проявились замечательные качества Мстислава Всеволодовича. Во-первых, он понимал лучше и видел дальше других. Во-вторых, если вопрос стоял так: нужно принести пользу государству или же отступить под давлением различных обстоятельств, — то сомнений у него не возникало. Он все силы прикладывал к тому, чтобы решение было правильным и шло на пользу стране, на пользу нашей науке и технике».



**Академик
Тимур Магомедович
Энеев:**

«В Мстиславе Всеволодовиче прекрасно сочетались качества дерзновенного мечтателя, стремившегося к пределам возможного, и трезвого реалиста, знавшего, где эти пределы кончаются. Сегодня нельзя без недоумения вспомнить, как в 1959–1960 гг. весьма квалифицированные специалисты все-речь рассматривали проект пилотируемого облета Марса в 1964 г. Мстислав Всеволодович сразу указал, что подобного рода проекты нереальны, в первую очередь из-за отсутствия опыта длительного пребывания человека в космосе, и отметил, что беспилотные автоматические аппараты еще долгие годы будут основным средством исследования дальних планет. Это ему не мешало, однако, возвращаться к обсуждению пилотируемых полетов к дальним планетам и подробно рассматривать различные их проекты на обозримое будущее».

сами по себе. Но сейчас они не только сближаются, но и сливаются. Это очень интересный процесс.

— По-моему, это отражено и в вашем представлении в РАН, где написано: «математика, в том числе и прикладная математика»?

— Как говаривал Владимир Маяковский: «Если тебе "корова" имя, у тебя должны быть молоко и вымя». Для меня важно, что такое определение существует. Академик Л.Д. Фаддеев считает, что математика едина, и я с ним согласен: нашу науку делить не следует, и работа нашего института это лишний раз подтверждает.

— Обратимся к космосу. Образно говоря, многое там рождалось в вашем институте. Наиболее яркий пример — это расчеты полета первого спутника, сделанные Келдышем за десять лет до его запуска. Чем вы гордитесь сегодня?

— Есть многое, чем гордиться. Очень хорошо развивается отдел космических исследований. Он находится на самых передовых позициях. Крайне интересные работы идут по космическому мусору. Проблема чрезвычайно актуальна.

— Сильно засорили космос?

— Очень. Причем процесс развивается лавинообразно. Многие фрагменты аппаратов и ракет раскалываются, а уже фрагменты размером в сантиметр представляют реальную опасность. Сейчас летает около 100 тыс. опасных объектов, и мы активно подключаем высокопроизводительные машины для контроля над ними. В нашем институте молодым сотрудником Л.В. Елениным были открыты две новые кометы. Это было соответственно в 2010 и в 2011 гг. Как это случилось? Нет, он не сидел ночами и не смотрел в телескоп, как обычно это бывает. Он участвовал в обработке данных, которые получили в обсерваториях. Составлялись каталоги. И он увидел, что появились объекты, которых не было раньше. Вскоре выяснилось, что это кометы. Таким образом, мы продолжаем следить за мусором в космосе, контролировать его, тем самым обеспечивая безопасность запусков. Второе направление, которому в институте уделяется особое внимание, — это баллистика дальнего космоса. На полет аппарата влияет сразу несколько космических тел, что сразу же очень сильно усложняет траекторию полета.

— Но эти работы не актуальны? Мы ведь в дальний космос теперь не летаем.

— Это не наша вина. Но заниматься такими расчетами обязательно нужно, т.к. надо думать о будущем. Кто же даст гарантию того, что рано или поздно мы не будем туда летать? Мы готовы были работать с марсианскими аппаратами и с посадкой на Фобос, но, к сожалению, они не ушли с околоземной орбиты из-за аварий. А с нашими рентгеновскими обсерваториями мы работаем, обеспечиваем их полет.

— Вы финансово самостоятельны?

— Как известно, денег всегда не хватает. Однако институт в последние годы живет неплохо. Те, кто работает на прорывных направлениях, могут кормиться научным трудом. Я не говорю, что другие направления надо закрывать. В науке часто бывает так, что якобы

второстепенное неожиданно становится главным, но, тем не менее, каким-то поисковым направлениям придается особое значение, и тем, кто ими занимается, отдается предпочтение.

— **Однажды в ответ на свой вопрос я получил неожиданный ответ от довольно известного ученого. Он сказал, что их лаборатория живет неплохо, т.к. «продает» молодых сотрудников за границу. А вы «продаете»?**

— Нет. Еще в 1990-е гг. меня просили присылать на работу в западные центры молодых людей. Я спрашивал: «Вам плохие нужны?» Они, конечно, отвечали: «Нет». А я им говорил, что хорошие нужны и нам самим. Я всегда был противником того, чтобы наши сотрудники надолго уезжали на Запад. А международное сотрудничество — другое дело. Можно приехать на неделю к коллегам, посмотреть, что у них делается, рассказать о своих работах, обменяться идеями. Если вы сильные, то понимаете, что там делается, и такие контакты полезны. Если слабые, то пользы от этого мало. Нас уважают, потому что признают силу.

— **Говорят, что вам легко конкурировать с программистами из Индии, якобы вы не уступаете им?**

— У нас нет необходимости с ними конкурировать. Дело в том, что это «отверточное программирование». Западные фирмы сбрасывают им то, что сами не хотят делать, в Индии это дешевле. В Бангалоре прикладные математики достаточно сильные, мы сотрудничаем с ними, у нас хорошие контакты, но скорее они нуждаются в нашей поддержке, чем мы в них. Все-таки у нас в стране развивались и развиваются уникальные математические школы, ничего подобного в мире нет.

— **Вы напрямую связаны с высшей школой, в частности с МГУ?**

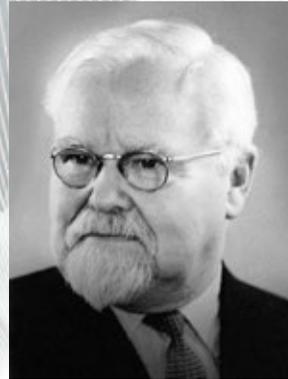
— Да. Я заведующий кафедрой в МФТИ и профессор МГУ. Наши сотрудники преподают в вузах.

— **Вы можете объективно оценить уровень подготовки математиков?**

— Он по-прежнему неплохой. Но я хочу откровенно сказать о том, что мне не нравится. В Физтехе это проявляется меньше, в университете больше. Очень многие студенты старших курсов начинают активно подрабатывать. Я понимаю, что денег у молодежи не хватает, но это не на повседневные нужды — штаны, обеды, а на машины, развлечения. И по сути дела такие студенты перестают учиться. Я им говорю: природа устроена таким образом, что знания лучше усваиваются в молодом возрасте, и если сейчас что-то пропустите, то потом это уже не восполните. В общем, такая ситуация мне не нравится. Наверное, руководству вузов надо проводить более жесткую линию по отношению к студентам старших курсов, ограничивать их, требовать больше. Однако повторяю: уровень подготовки специалистов в нашей области хороший.

...И будущее

Сразу два молодых сотрудника Института им. М.В. Келдыша удостоены в этом году премии президента России.



Академик

Андрей Николаевич Тихонов:

«Появление ЭВМ в математике дало такое повышение производительности труда исследователей, которого еще не было ни в одной области деятельности человека. Вычислительные машины стимулировали бурное развитие новых идей и математических методов решения задач, ставших содержанием нового раздела математики — вычислительной математики.

Возможности методов этой науки велики. Они позволяют моделировать сложные явления, дают возможность предсказывать, "предвычислять" поведение сложных систем в тех или иных условиях и тем самым указывать оптимальные решения научных и технических задач... В наши дни без вычислительной математики становятся невозможными сегодняшние темпы научно-технического прогресса».



Модель нового вертолета

Один — Александр Давыдов — сразу после вручения почетной награды отправился в отпуск: в горах еще лежит снег, а он любит горные лыжи. А Андрей Горобец из отпуска уже вышел, потому нам удалось застать его на работе. Беседа с ним получилась короткой, поскольку та область математики, которой он занимается, для популяризации не только сложна, но, пожалуй, в ней и не нуждается, — несколько десятков человек на планете занимаются ею, и этого вполне достаточно. По крайней мере для того, чтобы им поверить: работа Алексея и Александра уникальна и превосходна. На всякий случай назову ее для тех, кто хотел бы присоединиться к избранным: «Цикл работ по созданию алгоритмов и программного обеспечения для высокопроизводительных расчетов на суперкомпьютерах».

— **И как это расшифровать?** — спрашиваю у Андрея Горобца. Он в ответ, очень серьезно:

— Весьма просто: мы «разговариваем» с суперкомпьютером и объясняем ему, что хотели бы сделать. И потом он уже начинает работать...

— **А конечный результат?**

— Модели, которые используются в разных областях, в том числе в ракетной технике, в авиации. Проще говоря, там, где необходимо, мы проводим вычислительные эксперименты, которые заменяют натурные. Точнее так: мы дополняем друг друга, что намного дешевле и эффективней.

— **Это высокие технологии?**

— Современные и перспективные. Упрощается работа инженеров. То, на что раньше они тратили несколько месяцев, с помощью наших методов можно моделировать в течение одного дня.

— **Это теория?**

— Нет, мы работаем с промышленностью по вполне конкретным проблемам, например по вертолету Ка-62.

— **А почему вас тянет в науку?**

— Здесь веселее. Интересный круг задач, разные проекты, международное сотрудничество, зарубежные поездки.

— **А где удалось побывать?**

— В Барселоне, в Голландии, во Франции работали. Везде понравилось, там хорошо.

— **Звали остаться?**

— Было и такое.

— **Почему не приняли их предложения?**

— Если определять количественно, то скажу, что сильных групп там значительно больше. У нас единицы, а там их много. Почему не уехал? Здесь интереснее, а зарплаты уже соизмеримые. Многие математики у нас зарабатывают хорошо, и перспектив здесь гораздо больше. Я верю в будущее науки России, и это, пожалуй, главное. ■

Беседовал Владимир Губарев

СПРАВКА

Борис Николаевич Четверушкин

Доктор физико-математических наук, академик РАН, профессор кафедры вычислительных методов факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова, директор Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН.

✓ Родился в Москве. Окончил факультет управления и прикладной математики Московского физико-технического института (1966).

✓ Основные научные направления, в которых Б.Н. Четверушкин получил существенные результаты:

- разработка алгоритмов решения и исследование с помощью математического моделирования задач высокотемпературной газовой динамики и физики плазмы;
- моделирование на основе оригинальных кинетически согласованных разностных схем течений вязкого газа и жидкости, представляющих наибольший интерес в современной вычислительной гидродинамике и связанных с ней задач неустановившихся и переходных течений, аэроакустики, моделирования процессов горения;
- разработка вычислительных алгоритмов, математического обеспечения и прикладных программ для решения научно-технических задач на параллельных вычислительных системах сверхвысокой производительности.

✓ Подготовил 30 кандидатов физико-математических наук, среди его учеников шесть докторов наук.

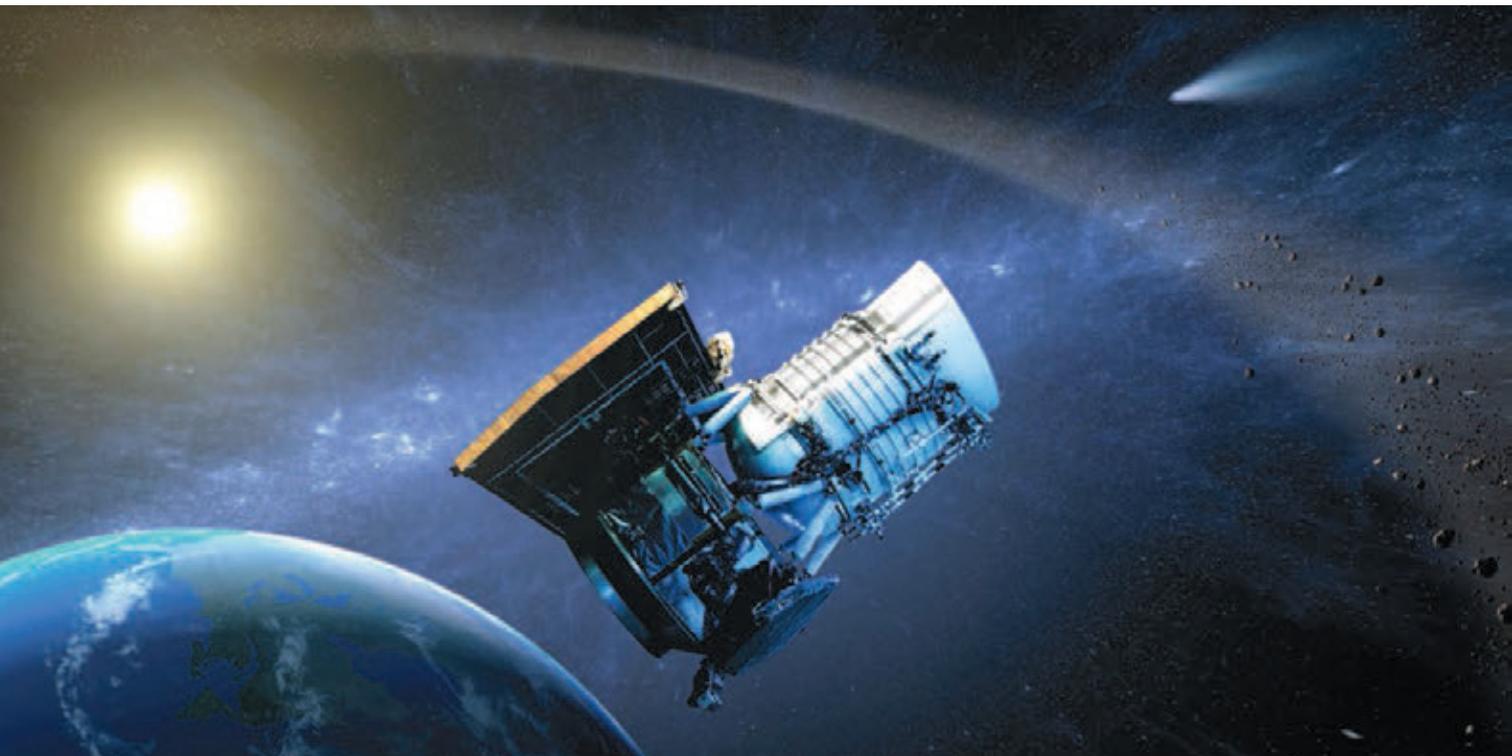
✓ Участвует в работе Европейской ассоциации вычислительной и прикладной математики ECCOMAS. Член редколлегии «Журнала вычислительной математики и математической физики», главный редактор журнала «Математическое моделирование».

✓ Лауреат премии им. А.Н. Крылова (2001). Награжден медалью «В память 850-летия Москвы» (1997).

Андрей Владимирович Горобец

Кандидат физико-математических наук, с.н.с. Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН.

✓ Лауреат премии Президента Российской Федерации в области науки и инноваций для молодых ученых 2013 г. Премия присуждена за цикл работ по созданию алгоритмов и программного обеспечения для высокопроизводительных расчетов на современных и перспективных суперкомпьютерах.



К дальним мирам, в будущее...



Как получить премию президента России? Нужно ли ученому идти во власть? Где проходит граница между живым и мертвым? Что такое нанонасекомые? Лекарства, которые спасли миллионы, — откуда они?

Кто побеждает: природа или человек?

Подобных вопросов много, и, казалось бы, одному человеку ответить на них невозможно. Однако это не так. Я знаю, где можно получить ответы на такие вопросы: это биологический факультет МГУ,

а спрашивать нужно у его декана академика

Михаила Петровича Кирпичникова.

Однако прежде чем войти в его кабинет, ответ на один из вопросов дал философ, биолог и в какой-то степени физик Фрэнсис Бэкон: «И пусть никто не верит вполне победе своей над природой; ибо природа может долгое время не давать о себе знать и вновь ожить при случае или соблазне; как это было с эзоповой девицей, превращенной из кошки в женщину; уж на что она чинно сидела за столом, пока не пробежала мимо нее мышь». Пусть эти слова станут эпиграфом к нашему разговору.



**Академик РАН
Михаил Петрович
Кирпичников**



О НАНОНАСЕКОМЫХ и верблюде, пролезающем в игольное ушко

— Начнем с очень простого вопроса: как и почему физики — выпускники МФТИ становятся деканами биологического факультета МГУ? Или без физиков уже не обходится ни одна из наук?

— Это простой вопрос? С чего начать отвечать? Пожалуй, я начну со своей концепции. Она своя, внутренняя. И не зависит от современных разговоров о конвергенции и прочих теорий. Я убежден в верности своего понимания мира, и оно базируется на моем физтеховском образовании. Отцы-основатели этого вуза, на мой взгляд, придерживались именно этой точки зрения.

— Следовать их взглядам, как мне кажется, весьма неплохая традиция в науке вообще, и в физике в частности.

— Безусловно. Итак, Господь Бог или Природа (как кому нравится), создавая этот мир, не знали, что есть физика, химия, биология, не разделяли их. Я думаю, что это в полной мере касается и общества. Что такое физика или химия? Это модель, которую придумал человек, чтобы описывать реальную природу. Ему так удобнее. Но из этого уже есть вполне объективные следствия: одно из них — физические и химические методы, физические, химические, биологические способы мышления. Второе следствие из этого — ограниченность исследования. Возьмите того же щенка: он бежит вокруг столба





Здание Биолого-почвенного корпуса МГУ им. М.В. Ломоносова

и не видит, что дальше. Человечество (с маленькой буквы) оказалось внутри модели, которую само и выдумало. А ведь самые интересные проблемы находятся как раз на границе оболочки модели и за ее пределами, поэтому говорить о том, что физики работают в биологии или наоборот, не совсем точно. Я поставил бы вопрос иначе: сегодня науки о жизни (я предпочитаю этот термин, т.к. он гораздо шире, чем биология) — системообразующая область, поскольку она адекватно отвечает на все современные вызовы человечества. Науки о жизни пришли на смену физике атомного ядра, информационным технологиям, другим наукам, главенствующим в XX в. Конечно, разделение условное, но вполне понятное. Теперь о том, почему физик возглавляет биофак МГУ. Так случилось, что я оказался в первом выпуске кафедры физики живых систем на Физтехе. На нем работали выдающиеся профессора, и они дали путевку в науку не только мне, но и многим моим коллегам. Из физиологии меня потянуло в молекулярную биологию, и уже больше я не изменял ей. Я занимался молекулярной биофизикой, а это уже пограничные области с геной инженерией.



— **А это уже физика...**

— Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик, получившие Нобелевскую премию, были физиками, а именно они начали ту эпоху, которую мы называем «науки о жизни». Их примеру последовали другие физики. Наверное, это отчасти и объясняет тот факт, что я оказался на биофаке МГУ.

— **Как известно, Физтех — это поистине университетское образование или даже лучше?**

— Вы меня провоцируете: разве я могу говорить в стенах МГУ о том, что где-то может быть образование лучше? Сравнивать нельзя, потому что Физтех — это сын Московского университета, он и родился здесь. Идеи и система образования МФТИ сейчас используются в мире, возвращаются в университет, поэтому я не стал бы говорить, что «лучше» и что «хуже», главное — чему учит Физтех. Когда попадаешь туда — а в наше время это было особенно заметно! — замечаешь, что набирают сюда особых ребят, и отбор очень жесткий, причем он шел по всей стране. Так случилось, что я побывал в разных группах. В них было 10–12 человек, москвичей только один-двое. Нас собирали по всей стране. Это великое счастье, когда ты учишься с талантливыми людьми.

— **Ведь и учителя необычные, не только таланты, но и гении?**

— Конечно. Но специфика Физтеха заключалось в том, что преподавание было необычным. Например, математика. Преподавал выдающийся математик Лев Дмитриевич Кудрявцев, член-корреспондент академии наук, а лекции по математическому анализу читал академик Сергей Михайлович Никольский. У нас было абсолютное свободное посещение — не только по математике, но и по всем предметам. Прихожу, например, на лекцию С.М. Никольского. Никаких автомобилей тогда не было, он прибегает на лекцию запыхавшийся. Ему было за 60, приезжал на электричке. У него было необыкновенная шапка-ушанка, одно ее ухо всегда свисало, будто у дворовой собаки. Первые 45 минут он активно что-то писал на доске. Каждый раз при тебе он не вспоминал теорему, а доказывал ее сначала. Звенит звонок на перерыв. Сергей Михайлович подходит к доске и, расстроенный, своей ушанкой стирает половину того, что написал. Следующие 45 минут он начинает с того, что говорит: «Извините, друзья, я ошибся...» Каждый раз он был кем-то из великих, чьи теоремы доказывал. Это было непередаваемое ощущение причастности. Л.Д. Кудрявцев — полная противоположность. Педант. Блестящий математик. С его лекций можно было без всякой коррекции писать учебник. Все выписывалось красивым почерком на доске. На таких контрастах мы воспитывались.

— А вы ближе к чему: к ушанке или к педантичности?

— К ушанке... Когда жизнь меня заставила некоторое время заниматься научно-организационной работой, педантизм мне очень не хватало. Идей всегда было много, а их реализация страдала. Впрочем, не только у меня. Вот еще одно воспоминание о математике в МФТИ. Один мой приятель пришел сдавать экзамен по функции комплексного переменного. Это был пятый семестр третьего курса. Учтите: на экзамене можно было пользоваться любыми справочниками, никого не интересовало, ходишь ты на лекции или нет. Полная демократия в образовании. Мой приятель на лекции не ходил, а читал их молодой профессор Марат Андреевич Евграфов. Он не сильно отличался от студентов, поэтому мой приятель, не зная профессора в лицо, подбегает к нему, спрашивает: «Ты интегралы по Евграфову сечешь?» Тот в ответ: «Секу. Пойдем в аудиторию, там на экзамене я тебе все и объясню». Это одна из множества картинок того, как мы учили и как нас учили. Конечно, так можно готовить только элиту, а ее не может быть много, поэтому выпускники Физтеха до сих пор пользуются спросом у нас в стране и за рубежом.

— Теперь я понимаю, почему на биофаке МГУ так много необычного, нестандартного.

— Что вы имеете в виду?

— Конкурсы, выставки, конференции. То год Змеи отмечаете, то год Лошади. Рядом с серьезными научными конференциями — выставки фотографий редких животных и отчеты об экспедициях. Чувствуется, что жизнь на факультете кипит.

— Это нормальная учеба, повседневность. Иначе на биофаке просто не может быть!

— Ищете таланты?

— Таланту действительно надо помогать и заботиться о нем. Но гораздо важнее не мешать людям делать то, что они хотят делать. И тогда проявляются и возможности человека, и цели его поиска, и желание внести что-то новое в науку. А такое возможно при определенном климате в коллективе. Его мы и стараемся создать и хранить. Биофак МГУ — это заповедник. Единственное место в нашей стране, а возможно, и в мире, где занимаются всеми науками о жизни — начиная с изучения таких систем, как Земля в целом, и до самых сложных проблем молекулярной биологии.

— Вы работали в Институте молекулярной биологии имени В.А. Энгельгардта РАН, не так ли?

— Не только работал, но и был там секретарем партийной организации академического института, директором которого был беспартийный известный на весь мир ученый. Непосредственным моим руководителем был академик Александр Александрович Баев, который тоже в то время не был членом партии. Впрочем, он был больше коммунистом, чем многие, у кого партийный стаж достигал полувека. Нет, не трибунным коммунистом, а убежденным.

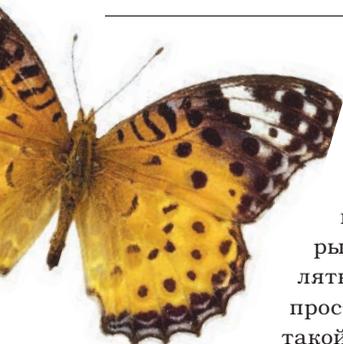
— И это было странно, потому что Александр Александрович провел 17 лет в сталинских лагерях и ссылке.

— Однажды мы с Георгием Константиновичем Скрыбиным (мы с ним работали в лаборатории Баева) зашли к нему домой. Александр Александрович выставил бутылку коньяка, и мы разговорились. Я сказал ему, что удивлен его судьбой: 17 лет лагеря, вышел оттуда почти в 60 лет, защитил докторскую диссертацию, стал академиком, потом академиком-секретарем Академии наук



Слово академику А.А. Баеву:

«Современная биология, хотя она еще не достигла своей вершины, принесла разгадку многих тайн жизни. И, кроме того, надежду (а может быть, даже уверенность) на то, что эти тайны будут раскрыты до конца. Во всяком случае, можно себе представить, каким способом могут быть получены эти недостающие сведения... Но, может быть, наиболее значительной чертой современной биологии была бы интегративность знания, если она сейчас достижима. Под этим подразумевается возможность максимального обобщения, включающего такие проблемы, как: что такое жизнь, необходимо или случайно ее возникновение в истории Земли и Вселенной, место человека в древе жизни, природа его интеллекта и сознания. Эти вопросы и подобные им ставились в прошлом, и на них пытались дать ответ с тем или иным успехом, но пока они остались в категории «вечных».



СССР, осуществил ряд государственных программ, добился выдающихся успехов в молекулярной биологии. Он посмотрел на меня своими светлыми глазами и сказал: «Миша, те 17 лет, о которых вы упоминаете, надо не прибавлять, а вычитать из моего возраста. Я просто наверстываю упущенное...» Вот такой был человек. Теперь возвращаюсь к Энгельгардту. Владимира Александровича я могу считать своим учителем по жизни.

— **А вы знаете, что он 17 лет держал в своем столе диссертацию Баева, берег ее?**

— Конечно. Он поддерживал Баева, присылал ему в ссылку литературу, добивался его освобождения. Когда Баев приехал в Москву, то сразу был принят на работу в институт. Эта история — выдающийся пример высокой нравственности. Баев боготворил Владимира Александровича, и тот безусловно заслуживал такого отношения. Сам Александр Александрович был фантастическим человеком. Врач по образованию, он стал лидером в молекулярной биологии, отцом инженерной генетики, пионером развития этих областей науки в нашей стране.

В жизни каждого ученого высокого уровня есть всего три-четыре вещи, которыми он гордится. У Баева кроме научной академической карьеры есть еще чисто творческая карьера. У него есть два-три достижения, масштабы которых соизмеримы с теми вещами, которые сделали иностранцы, получившие Нобелевские премии.

— **Вернемся в институт, где вы были секретарем парторганизации.**

— Это, конечно, была великая жизненная школа. Выдающиеся ученые во главе института, разница в возрасте с ними — добрых 50 лет. Положение секретаря необычайно сложное, приходилось решать непростые вопросы вдвоем с руководителем. Представьте: молодой человек и маститый ученый. Дела были очень «скользкие». Например, Александр Варшавский остался за границей. Туда его вывез сам Энгельгардт. Драматизм ситуации еще и в том, что отец Алика в институте заведовал лабораторией. Отца пытались исключить из партии. Он — доктор наук, профессор, но исключение из партии — это если не трагедия, то драма. Мне пришлось отстаивать его перед Виктором Ивановичем Гришным на заседании горкома партии. И мне удалось защитить его. После этого меня называли «главным специалистом по еврейскому вопросу» в нашем районе. Сейчас с улыбкой вспоминаю о таких случаях, когда нервы трепали изрядно.

— **Да, нелегкие были времена, и страсти кипели нешуточные, поистине шекспировские, т.е. в основном трагические. К счастью, постепенно забываемые, а потому я хочу вернуться к физике и биологии. Ведь молекулярная биология начиналась в физике?**

— Да, это так.

— **Не кажется ли вам, что сегодня главенствующую роль уже играет биология, а не физика?**

— Нет, не кажется — я в этом убежден. Но для меня важнее другое. То, что идет со стороны физики и, конечно, математики. Совершенно на новый уровень поднялись методы исследований, и им стали подвластны сложные объекты, которые может предоставить живая природа.

— **То есть вы протащили верблюда сквозь игольное ушко? И за это Алексей Полилов был удостоен президентской премии?**

— Доцент кафедры энтомологии Алексей Алексеевич Полилов — символ современной биологии. Он завершил своеобразную «петлю» в ней. Классический биолог, изучающий мельчайших насекомых, вдруг врывается благодаря тем самым нанонасекомым на передний край науки и делает там ряд неожиданных открытий, причем даже коллеги из других областей этому удивляются. Кстати, многие физики резко поменяли свое отношение к биологии. Если раньше оно было снисходительным, то теперь ситуация изменилась: многие из них хотят работать в биомедицине, генетике, биоинженерии. Ни один уважающий себя физик не говорит, что он не занимается биологией, — все ею занимаются. Так что Алексей Полилов завершил «петлю»: классический биолог (мой учитель академик Баев называл их «шкуроведами») понимает, что без сложных опытов и исследований, которые предоставляют сегодня физика, математика, химия, ему делать нечего. Биология перестала быть кружком любителей природы и превратилась в глубокую науку. Сегодня Алексей с коллегами определяют геном этих нанонасекомых, проводят другие исследования, используя физические и химические методы.

— **Пора уже разобраться, что же такое нанонасекомые. Это блоха, например?**

— Нет, она слишком большая — ее ведь видно невооруженным глазом!

— **Значит, насекомые, которых мы не видим?**

— Но это все-таки многоклеточные организмы.

— **Подковать блоху — это уже грубая работа?**

— Для меня нет, а для Полилова — да. Очень интересные приложения у этих работ.

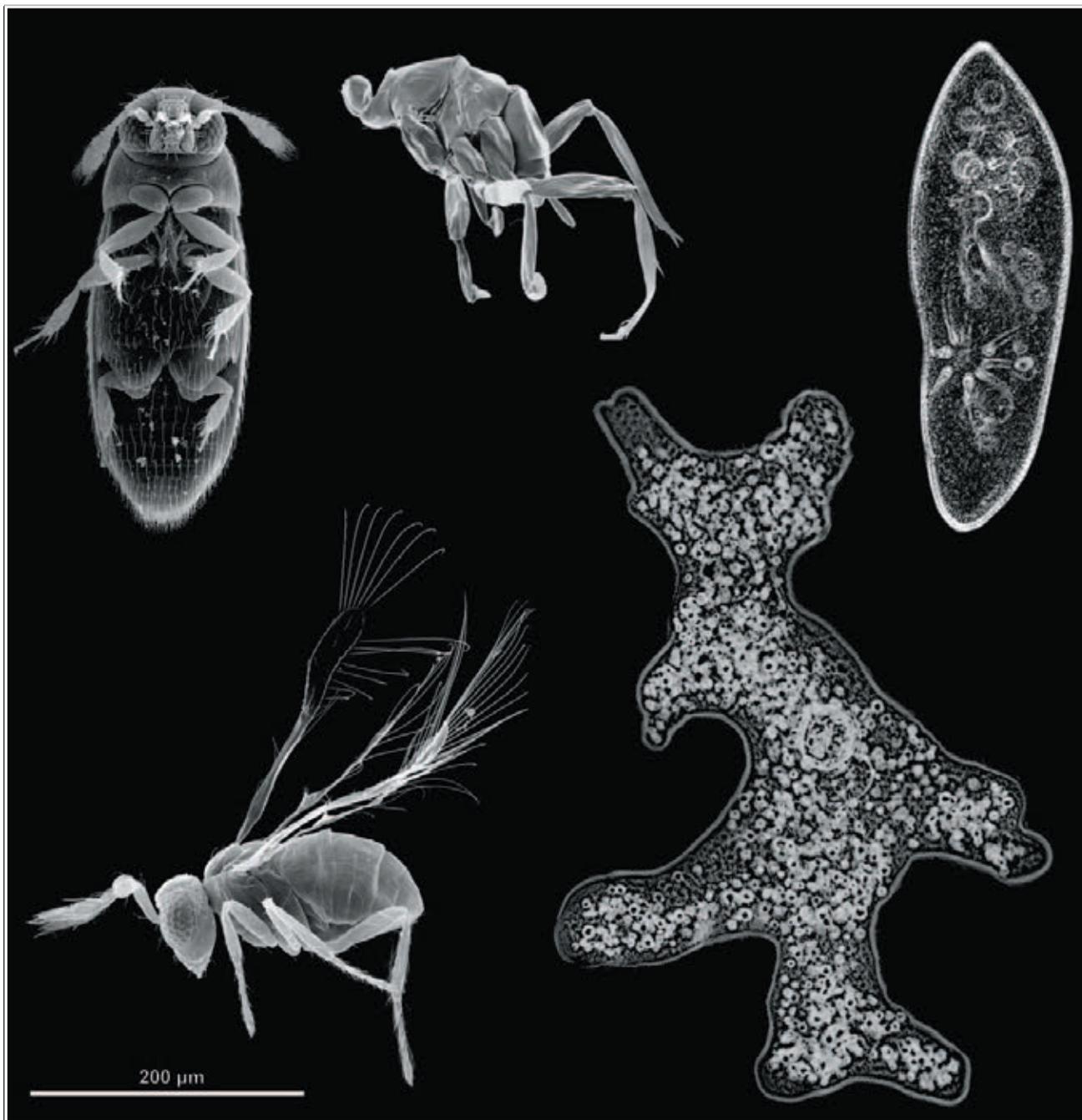
— **Для начала давайте все-таки выясним, что это такое?**

— Это исследование и понимание того, до какого минимума могут сократиться многоклеточные живые организмы, чтобы оставаться живыми. Если говорить совсем популярно: выяснилось, что при минимизации сохраняются две системы — нервная и половая.

— **Изучение таких живых существ нужно, чтобы каким-то образом воспроизводить их в нашей технике?**

— Во-первых, скажу тривиально: любое знание — это благо. И, во-вторых, использование подобных знаний всегда неожиданно. Чтобы все было понятно, я вынужден начать издали. Я говорил о том, что у ученого бывает два-три достижения, которые выделяют его. У меня одно из них получено вместе с рано ушедшим Львом Борисовичем Птицыным и небольшой группой коллег. Мы создали искусственный белок, не существующий в природе.

— **Я читал статьи об этой работе. Понял, что нужно быть специалистом, чтобы разобраться в тех**



Соотношение размеров мельчайших насекомых и одноклеточных животных (*Nanosella* sp., *Dicopomorpha echmepterygis*, *Megaphragma tuataripenne*, *Amoeba proteus*, *Paramecium caudatum*)

Фотопарфий насекомых: Алексей Алексеевич Полилов

хитроумных операциях с генами и структурами, которые вы осуществляли. Предлагаю перейти сразу к выводам: зачем все это нужно?

— Чтобы ответить на главный вопрос молекулярной биологии: как именно устроены белки, правильно ли мы понимаем, как они собираются и что с ними происходит.

— Вы сами их хотите создавать?

— Да. Это были самые амбициозные проекты того времени, и не случайно, что с Птицыным мы получили тогда Государственную премию. Потом я ушел в министры.

— Об этом чуть позже. Каков амбициозный проект сегодня?

— Конструирование минимального живого организма — живой клетки, живой бактерии. Это действительно самый амбициозный проект в современной молекулярной биологии. И мы работаем ради того, чтобы он стал таким. Можно сутками говорить о том, для чего это нужно. Но хочу отметить главное: сегодня уже родилась новая наука. Это синтетическая биология, и в какой-то мере я ею занимаюсь.

— **Образно говоря, соединение живой и неживой природы?**

— Наверное, да. За то время, как появилась жизнь на планете, природа перепробовала множество вариантов в поисках наилучших. И она сделала так много, что если мы научимся хотя бы некоторым из них, то это будет грандиозный успех. К нему и должны привести работы в синтетической биологии.

— **Рано или поздно наука возвращается к русским сказкам. Я имею в виду сказку о живой и мертвой воде.**

— А разве это не заманчиво?

— **Фантастично...**

— Если процессом управлять, то это позволяет ставить действительно крупные задачи с привлечением специалистов совершенно разного профиля. Все определяет цель. Если вы ставите задачу на глобальном уровне, то всегда найдете понимание и единомышленников. Я думаю, биология подходит к тому, чтобы вести исследования на уровне целого организма или сообщества организмов. Да, это сложная задача. Но вы к ней можете подойти — и сегодня это не фантастика — с серьезным

пониманием молекулярных основ. Мне очень часто приходилось доказывать, что нет ничего в жизни практичнее, чем фундаментальная наука. У меня перед глазами всегда один пример. Появилась, скажем, генетическая инженерия в конце 1960-х — начале 1970-х гг. Три американца получили Нобелевскую премию за открытие ферментов рестрикции. А в 1972 г. на рынке появился первый генно-инженерный препарат, это был гормон роста, потом появился инсулин, и т.д. Скорости нашего века! Это была революция, и человека стало возможно лечить белками человека.

— **И сотни тысяч жизней были спасены.**

— Миллионы! Такова дистанция между фундаментальными открытиями в науке и практикой. А по поводу объединения специалистов разных профилей, того, что называется «конвергенцией», вспомню один эпизод из своей жизни. Я пришел к Александру Александровичу Баеву в отдел, будучи, в общем, физиком по образованию. Шесть лет в аспирантуре, кандидатская диссертация, оптические исследования пиридоксина, т.е. витаминов группы B_6 , к биологии довольно далекое отношение. В отделе встретился с генными инженерами —



Одно из мельчайших насекомых — мимарида *Anaphes flavipes*

Петром Михайловичем Рубцовым, Константином Георгиевичем Скрябиным, Андреем Дарьевичем Мирзабековым. В результате нашего объединения были проведены уникальные работы, которыми я горжусь. Мы в отделе Баева за полтора года вышли на мировой уровень, т.е. стали «узнаваемы» — я имею в виду индекс цитирования, ссылок на наши исследования и выводы. Таким образом, объединение специалистов совершенно разных профилей дает прорыв в науке.

— А поход во власть вам пригодился?

— Я считаю, что любой шаг в жизни потом обязательно пригодится. Не уверен, что пребывание в кресле министра — лучшее использование моего личного времени. Проще говоря, возможно, не будь я министром, большего достиг бы в науке. Но это вовсе не обязательно. Да, министром я стал благодаря Александру Александровичу Баеву и Георгию Константиновичу Скрябину. Посоветовался с ними, они сказали: «Миша, надо!» Это было очень физически тяжелое время для меня, т.к. выходных и отпусков не было. В субботу и воскресенье работал в лаборатории, а каждый день часов в десять вечера на час-полтора заезжал к коллегам. Однако в министерской работе было и нечто весьма полезное. Пригласил меня в правительство Евгений Максимович Примаков, рядом с ним были очень интересные люди, имеющие большой жизненный опыт. Еще одно отступление. Сейчас любят говорить не только о науке, но и о возрастных вещах. Я не понимаю и не принимаю подобных упреков. И не только потому, что сам уже в возрасте. Но я был младшим учеником в школе — с шести лет начал учиться, потом был самым молодым студентом, стал самым молодым академиком. И что? Время течет быстро. Я считаю, что человек может быть на любом месте вне зависимости от возраста, цвета кожи и национальности, главное — он должен выполнять свои функции лучше, чем другие. Я знаю точно, что министром в принципе не может быть человек без достаточного жизненного опыта. Если не исполнилось 30 лет, то назначать министром кого бы ни было опасно. Исключения, конечно, могут быть, но именно исключения. ■

Беседовал Владимир Губарев



! Справка

Михаил Петрович Кирпичников

Доктор биологических наук (1987), академик Российской академии наук (1997), профессор, заведующий кафедрой биоинженерии биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (2000), заведующий лабораторией инженерии белка Института биоорганической химии РАН им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова (2002). Проректор, начальник Управления инновационной политики и организации инновационной деятельности МГУ (2004).

✓ Родился в Москве. Окончил Московский физико-технический институт по специальности «Молекулярная биофизика» (1969). Около 25 лет работал в Институте молекулярной биологии Академии наук СССР, затем в Институте биоорганической химии РАН.

✓ С 1989 по 2004 г. находился на государственной службе, совмещая ее с научной и преподавательской деятельностью. Был начальником управления Министерства науки, высшей школы и технической политики, начальником Департамента науки, образования и высоких технологий аппарата Правительства Российской Федерации, министром науки и технологий Российской Федерации, первым заместителем министра промышленности, науки и технологий РФ.

✓ Крупный специалист в области физико-химической биологии, белковой инженерии и биотехнологии, автор более 250 научных работ и многих патентов. Одним из первых в мире предложил и использовал новый подход для изучения структуры белков и их комплексов с ДНК, основанный на согласованном применении приемов генетической инженерии, химического синтеза олионуклеотидов и физического анализа структуры биополимеров. Пионерские результаты были получены академиком М.П. Кирпичниковым в конструировании и исследовании искусственных белков. Возглавляемый им коллектив осуществил дизайн и получение первого в мире белка *de novo* с заданными структурой и функцией. За этот цикл работ академику М.П. Кирпичникову была присуждена Государственная премия Российской Федерации в области науки и техники за 1999 г.

✓ Член ряда научных советов РАН и Минобрнауки РФ, член редколлегий ряда научных журналов.

✓ Награжден государственными наградами: орденом Почета, медалями и почетной грамотой Правительства Российской Федерации.



Куры умны е Могут ли? Знают ли?

Оказывается, домашние куры весьма умны и прекрасно ориентируются в окружающем их мире. Такое открытие заставляет серьезно задуматься о том, в каких условиях мы содержим несушек и бройлеров на птицефабриках

Сара Зелински и Кэролинн Смит



ОБ АВТОРАХ

Сара Зелински (Sarah L. Zielinski) — журналистка из Вашингтона, специализирующаяся на научной тематике. Ее статьи печатались в таких журналах, как *Science*, *Science News*, *Smithsonian*, а также в ряде других изданий.



Кэролинн Смит (Carolynn L. Smith) — научный сотрудник Университета Маккуори в Сиднее, Австралия, изучает коммуникативные и когнитивные процессы у самых разнообразных животных — от гигантских кальмаров до слонов; в 2010 г. была удостоена премии «Эврика» от Австралийского музея.



Никто не удивляется тому, что одни животные умнее других. В частности, и среди птиц есть весьма сообразительные создания, которые проявляют интеллектуальные способности, свойственные, как ранее считалось, только человеку. Например, сороки узнают свое отражение в зеркале, а новокаледонские вороны создают орудия труда, причем молодые птицы перенимают эти навыки у своих родителей. Африканские попугаи могут вести счет предметам и классифицировать их по цвету и форме; их можно научить даже пониманию человеческой речи. А серый хохлатый какаду по имени Снежок с удовольствием танцует под ритмичную музыку. Однако обычную домашнюю курицу едва ли кто сочтет умной птицей.

Тем не менее за последние годы ученые выяснили, что куры — хитрые создания, способные лишь притворяться глупыми, и что в области общения они обладают способностями на уровне некоторых приматов, используя для передачи своих намерений сложную систему сигналов. В процессе принятия решений куры опираются и на собственный опыт, и на свои знания об окружающей обстановке. Они в состоянии решать довольно сложные проблемы и даже сопереживать сородичам, находящимся в опасности.

Новое понимание когнитивных способностей у кур позволяет предположить, что некоторые сложные интеллектуальные качества, традиционно приписываемые только приматам, возможно, распространены в животном царстве гораздо шире, чем считалось ранее.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Все новые и новые свидетельства указывают на то, что обыкновенная домашняя курица намного умнее, чем принято считать.
- Эти птицы коварны и хитры, но еще они способны сопереживать и сопереживать. Они обладают сложными навыками общения.
- Наличие высокоразвитого интеллекта у кур позволяет предположить, что высокий уровень когнитивных способностей — не столь редкое явление в животном мире, как считалось ранее.
- Новое понимание куриных особенностей восприятия мира несет в себе этическую проблему, связанную с нашим отношением к условиям содержания птиц на производстве.

Обсуждаемые исследования поднимают и вопрос о том, насколько этично наше отношение к домашним курам, выращиваемым на птицефабриках. Ведь осознание того факта, что курица обладает высокоразвитыми когнитивными навыками, заставляет задуматься, насколько морально оправданно их содержание на фермах в условиях, нацеленных исключительно на то, чтобы сделать куриное мясо и яйца максимально дешевыми.

Болтливые птицы

Потребовалось почти 100 лет исследований, чтобы выяснить, что именно происходит в мозгу у кур. Первые сдвиги намечались еще в 20-х гг. прошлого века, когда норвежский биолог Торлейф Скелдеруп-Эббе (Thorleif Schjelderup-Ebbe) выявил наличие у этих птиц иерархической социальной системы, которую он назвал «порядком клевания» (*pecking order*). Такой вывод он сделал после того, как обнаружил, что куры отстаивают свое лидирующее положение в иерархии, раздавая удары клювом тем сородичам, которые, будучи ниже рангом, осмеливаются на поступки (или даже просто намерения), не положенные им по статусу.

Следующий крупный прорыв в понимании куриного интеллекта произошел несколько десятилетий спустя. Покойные Николас и Элси Коллиас (Nicholas & Elsie Collias), работавшие вместе в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе, классифицировали звуки, издаваемые птицами, и определили, что в курином «репертуаре» около 24 разных звуковых сигналов, многие из которых, очевидно, используются только в определенных условиях. Например, столкнувшись с угрозой, исходящей сверху, скажем, с вылетевшим на охоту орлом, птицы припадают к земле и издают тихое взволнованное «и-и-и». А кудахтанье, ассоциирующееся с курами у большинства людей, на самом деле служит предупреждением о появлении наземного хищника. Если же петух найдет пищу, то он обычно издает серию настойчивых звуков, передаваемых как «док-док», особенно если появляется возможность заинтересовать самку, внимания которой он добивался.

Данные открытия позволили задуматься над тем, что в курином мозге, возможно, происходят намного более сложные процессы, чем кажется на первый взгляд, — пусть даже размером этот мозг не больше лесного ореха. Ведь вполне естественно предположить, что



Куры, выращиваемые в промышленных масштабах (такие, например, как эти цыплята на ферме в городке Флерюс, Бельгия), очень часто содержатся в чрезвычайно стесненных условиях

определенный набор звуков позволяет курам передавать друг другу сообщения, рассчитанные на совершенно определенную реакцию. Однако подтвердить подобные догадки оказалось не просто. Только в 1990-х гг. развитие технологий дало ученым возможность детально проверить различные гипотезы и выявить истинное назначение криков у птиц. Именно тогда ныне покойный Крис Эванс (Chris Evans) из Университета Маккуори в Сиднее, Австралия, и другие исследователи начали использовать цифровые аудиозаписывающие устройства и телеэкраны с высоким разрешением для проведения контролируемых экспериментов, направленных на выявление смысла тех или иных звуков в весьма богатой сигналами куриной «речи». Суть работы состояла в том, что с помощью телеэкранов, расставленных вокруг клеток, птицам создавали целую «виртуальную реальность», в которой можно было заставить курицу «контактировать» с самыми различными существами — компаньоном, конкурентом, хищником — и записать ответную реакцию подопытной птицы в той или иной ситуации. Тестируемым курам показывали то пролетающего над ними ястреба, то бегущую к ним лису, а в другой раз — сородича-петуха, издающего свои «док-док».

Эксперименты в виртуальной реальности выявили совершенно неожиданный факт: как вербальные, так и невербальные сигналы (телодвижения), производимые курами, передают осмысленную информацию, понятную

для всех остальных особей вида. Например, чтобы вызвать защитную реакцию у курицы, ей вовсе не обязательно показывать настоящего хищника — достаточно дать послушать предупреждающий сигнал другой птицы. Специалисты по поведению животных могут с полным правом назвать куриную «речь» функционально ориентированной. Это надо понимать так, что их звуковые сигналы обозначают конкретные объекты или события, а это в целом напоминает использование слов в человеческой речи. Как только курица слышит определенный звук, в ее мозге возникает образ определенного объекта, побуждающий птицу к соответствующему поведению — например, спастись от хищника или же направиться к кормушке.

К тому же в опытах в «виртуальной реальности» исследователи обнаружили зависимость посылаемых птицей сигналов от того, как она относится к окружающим ее особям. Например, петух, заметивший угрозу, поднимет тревогу лишь в случае присутствия неподалеку самки, тогда как в присутствии конкурента-самца он предпочтет хранить молчание. Впрочем, поведение самок так же избирательно, как и поведение самцов, — они бьют тревогу, только если у них есть выводок птенцов.

Обобщая данные факты, можно утверждать, что звуки, издаваемые курами, отражают нечто большее, чем просто их внутреннее состояние на уровне «я хочу есть» или «мне страшно». Помимо этого они вникают в смысл

ВИРТУАЛЬНЫЙ ПЕТУХ В ДЕЙСТВИИ

Тот факт, что куры охотно наблюдают за своими сородичами, когда те появляются на видеозэкранах, подтолкнул Кэролинн Смит и ее коллег к созданию анимированного 3D-петуха, причем здесь использовались те же технологии, что применяются и в кинематографе, например в таких фильмах, как «007: координаты "Скайфолл"» и «Титаник». Создание виртуального петуха позволило группе исследователей изучить смысл различных сигналов, подаваемых птицами, и понять, как их воспринимают другие особи. По ходу дела удалось также разрешить старый вопрос: зачем петуху нужна «бородка».

Бородка петуха представляет собой кусочек кожи, свободно свисающий вниз под клювом. Когда самец совершает танец «лакомый кусочек» — особые движения головой, призванные сообщить потенциальной партнерше о находке пищи, бородка раскачивается из стороны в сторону, иногда даже шлепая петуха по щекам при особо страстном выражении эмоций.

Десятилетиями ученые не могли понять, какие преимущества дает петуху наличие такого украшения. Гипотезу, предложенную Кэролинн Смит, о том, что бородка придает танцу петуха особую привлекательность в глазах самок, было бы чересчур жестоко подтверждать, отсекая ее у живого самца и наблюдая затем за реакцией самок на танец, исполняемый злополучным ухажером. Вместо этого она создала виртуального петуха с нормальной бородкой, исполнявшего свой традиционный танец перед живыми самками, а затем меняла внешний облик бородки, например ее размер или гибкость, и наблюдала за тем, как меняется реакция самок.

Выяснилось, что движение петушиной бородки воспринимается самками примерно как взмахи красным флажком, позволяя им легче заметить того самца, который предлагает пищу. У самца же крупная бородка может быть признаком ослабленного здоровья из-за повышения уровня тестостерона, который не только влияет на размеры данного украшения, но при избытке ведет и к ослаблению иммунной системы. Однако в долгосрочной перспективе такой петух все равно выигрывает как самец, привлекая большее количество самок, чем его соперники с более мелкой бородкой.

Иногда высокие интеллектуальные способности кур создавали исследователям настоящие проблемы. В целом ряде случаев одной из подопытных птиц удавалось саботировать эксперимент, «отвечая» не на тот вопрос, который ей «задавал» экспериментатор. Для опытов с «лакомым кусочком» Смит создала специально оборудованное пространство, где курица могла наблюдать видео с самцом, предлагающим пищу. Перед началом эксперимента курица должна была находиться за дверцей, оснащенной пультом дистанционного управления, снятым с игрушечной машинки. Одну из кур — в оранжевом лифчике с номером 07 (за что ее и прозвали «Агентом 007») — все время так и тянуло найти себе приключения. Как-то раз, ожидая момента открытия дверцы, «Агент 007» от нетерпения и скуки начала внимательно изучать механизм открытия дверцы то с одной стороны, то с другой. Через несколько мгновений она выдернула провод, через который ученые управляли замком. Дверь открылась, и курица добилась того, чего хотела больше всего, — оказаться в непосредственной близости от самца и добытого им лакомства! После этого потрясающего открытия курица больше уже никогда не обременяла себя ожиданием: несмотря на то что ученые несколько раз меняли конфигурацию запирающего устройства, «Агент 007» всегда вскрывала замок и врвалась к самцу, опережая всех остальных.

происходящих событий и реагируют на них не чисто рефлекторно, а с помощью хорошо продуманных действий. Следовательно, куры размышляют, прежде чем что-то сделать, — и такая черта сближает их не столько с другими птицами, сколько с млекопитающими, у которых мозг намного крупнее.

Не мытьем, так катаньем?

Наличие системы осмысленных сигналов у домашних кур говорит о том, что их мышление — процесс намного более сложный и развитый, чем считалось ранее. Отсюда возникает еще один весьма интригующий вопрос: раз эти птицы обладают способностью делиться информацией о происходящих вокруг событиях и явлениях, могут ли они «придерживать» полезную информацию для себя или даже распространять ее в искаженном виде с целью получения выгоды? Ответ на данный вопрос ученые получили путем исследования других типов сигналов, подаваемых курами.

Еще с 40-х гг. XX в. исследователям было прекрасно известно о сложных танцах, которые устраивают куры при обнаружении пищи. Наиболее зрелищный из них называется «лакомый кусочек» (*tidbitting*): он состоит из серии движений, которыми петух (альфа-самец) старается показать самке, что он отыскал для нее что-то вкусное. При этом он быстро дергает головой вверх-вниз и из стороны в сторону, периодически поднимая и подбрасывая найденное лакомство. Такое представление — основной способ привлечения самки петухом. Ученые полагали, что остальные самцы не должны демонстрировать такое же поведение, чтобы избежать агрессии со стороны альфа-самца. Однако наблюдения за курами в их социальной среде показали, что иерархия, основанная на «порядке клевания», — вещь не столь однозначная, как это представлялось после первых экспериментов. И действительно, результаты более поздних исследований говорят о том, что эти птицы могут быть удивительно коварными бестиями.

Истинная подоплека взаимоотношений, разворачивающихся между отдельными курами в пределах стаи, изначально неверно воспринималась наблюдателями. Ведь куры постоянно стремятся найти убежище от любопытных глаз в высокой траве или в зарослях кустарников. К тому же одному человеку просто невозможно уследить за всеми птицами одновременно. Чтобы свести трудности к минимуму, одна из авторов настоящей статьи (Кэролинн Смит) придумала исследовательскую схему, названную ею в оруэлловских традициях «Большой Брат в курятнике» (*Chicken Big Brother*).

На территории Университета Маккуори Смит и ее коллеги оборудовали открытые вольеры — обширные природные территории, ограниченные со всех сторон сетями, с большим количеством растительности, множеством микрофонов и следящих камер высокого разрешения для наблюдения буквально за каждым движением и звуком, производимым птицами. Затем исследователи тщательно проанализировали полученные записи.

Как и ожидалось, в каждой группе альфа-самец постоянно кукарекал, чтобы тем самым напомнить всем о своих правах на занимаемую территорию. Он же, естественно, устраивал и зажигательный танец «лакомый кусочек» для своих самок и предупреждал всю группу, когда сверху им угрожала опасность.

А вот настоящий сюрприз преподнесли как раз петухи, занимавшие в иерархии куда более скромное положение. Исследователям казалось очевидным, что они будут вести себя как можно осторожнее во избежание конфликта с альфа-самцом, который стал бы их гонять, клевать или бить шпорами за попытку «повыпендриваться» перед его гаремом. Однако благодаря камерам и микрофонам перед учеными предстала куда более сложная картина. «Второстепенные» самцы избрали иную, скрытую тактику, ранее считавшуюся невозможной для птиц. Они исполняли только двигательную часть танца, не издавая при этом ни звука, что позволяло им бесшумно привлекать самок, не давая альфа-самцу повода для агрессивных нападков.

Исследователи были просто потрясены столь потрясающей пластичностью поведения низкоранговых самцов, изменивших ритуал танца таким образом, чтобы тайно соблазнять самок. Но это было только начало!

Всю глубину куриного коварства ученым довелось почувствовать лишь тогда, когда они смогли усложнить записывающую аппаратуру для более точного изучения поведения птиц. Дело в том, что куриные голоса зачастую были столь трудноуловимы, что Смит и ее коллеги были не в состоянии как следует их расслышать даже на максимальной разрешающей способности. Им было необходимо средство, которое действительно позволяло бы записывать любой звук, издаваемый одной курицей и услышанный другой.

В идеале следовало бы оснастить кур маленькими «рюкзачками» с легкими беспроводными микрофонами внутри — такие носят с собой журналисты, работающие в полевых условиях. Но где найти подходящий для таких целей материал? И тогда Смит пришло в голову использовать... бюстгалтеры! Она начала искать старые бюстгалтеры с простыми застежками и желателно черного цвета, чтобы они не особо выделялись на фоне темного оперения. Смит срезала крючки и регулируемые ремни и мастерила из них нечто вроде упряжи, к которой и прикрепляла микрофоны. Такие самодельные устройства, названные *Chicken Big Brother 2.0*, надежно фиксировались у курицы на груди и теперь записывали буквально все, что птица сама слышит или «произносит».

Особенно ученых интересовала реакция кур на опасность. Предыдущие наблюдения показывали, что самец при нападении воздушного хищника, например ястреба, зачастую «вызывал огонь на себя», громко вереща об опасности и тем самым подвергая себя очевидному риску быть замеченным и схваченным. Исследователи объясняли это тем, что самцу жизненно важно защитить своих самок и потомство. Но Кэролинн Смит было интересно, нет ли еще каких-нибудь обстоятельств, влияющих на подобный тип поведения.

Исследования показали, что такие факторы есть. С помощью своего изобретения, позволяющего разобрать тончайшие нюансы куриных сигналов, Смит сумела доказать, что, «трубя» об опасности, самцы зачастую руководствуются исключительно эгоистическими побуждениями. При приближении угрозы самцы сравнивали свои шансы избежать опасности с шансами своих соперников и чаще поднимали тревогу, если решали, что находятся в большей безопасности, чем их конкуренты. В целом самцы кричат об опасности чаще, если при этом прячутся в кустах, а их соперник разгуливает на открытом пространстве на виду у голодного хищника. При удачном стечении обстоятельств хитрый петух одним выстрелом может убить сразу двух зайцев — и защитить свою самку, и избавиться от неприятеля!

Такая стратегия известна в науке о поведении как «компенсация рисков», и это еще одна черта характера, общая и для кур и для людей. Доказано, что многие из нас берут на себя больше, если имеются какие-либо

Гибкость и приспособляемость домашних кур, унаследованные ими от стайного дикого предка — банкивской курицы, похоже, сыграли с ними злую шутку, позволив новому виду выживать в совершенно ненормальных, полных стресса условиях, в которых люди их выращивают

«смягчающие» обстоятельства. Как человек сильнее жмет на газ, если пристегнут ремнем безопасности или машина оборудована антиблокировочной системой тормозов, так и петух скорее рискнет своей жизнью именно тогда, когда чувствует себя достаточной защищенным.

Заботливые мамы

Список когнитивных способностей кур растет с каждым новым открытием. Джорджо Валлортигара (Giorgio Vallortigara) из Университета Тренто, Италия, доказал, что молодые куры могут различать цифры и даже пользоваться принципами геометрии. Так птицы, которым показывали треугольник, нарисованный лишь наполовину, были в состоянии распознать его истинную форму. А исследования, опубликованные в 2011 г. Джоанн Эдгар (Joanne Edgar) и ее коллегами из Бристольского университета, Англия, продемонстрировали, что помимо своего прямо-таки макиавеллиевского коварства куры обнаруживают способность искренне сопереживать окружающим.

В упомянутом эксперименте участвовали куры-наседки, которых заставляли наблюдать, как их птенцы получают безопасные и безболезненные удары струей воздуха, лишь взъерошивающей их пушистое оперение. Однако сами цыплята воспринимали толчки как реальную угрозу и выказывали классические признаки стресса, такие как учащение сердцебиения и понижение температуры. Поразительно, но их матери тоже начинали беспокоиться и более оживленно кудахтать, видя реакцию своих птенцов. Они демонстрировали такие же признаки стресса, что и их цыплята, хотя сами не ощущали воздушных толчков и прекрасно видели, что непосредственной угрозы для птенцов нет. Все эти результаты демонстрируют умение обыкновенных кур ставить себя на место своих сородичей, что представляет собой весьма специфическую черту поведения, которая ранее приписывалась лишь ограниченному количеству видов, таким как вороны, белки и, конечно, люди. Тот факт, что простая домашняя курица, не имеющая тесных родственных связей с теми группами птиц, наличие высоких умственных способностей которых общеизвестно, обладает столь же выдающимся интеллектом, заставляет нас задуматься о загадке происхождения разума в целом. Возможно, «разумность» свойственна животному миру в значительно большей степени, чем предполагалось ранее, и появляется всюду, где этому благоприятствует социальный образ жизни, а вовсе не составляет исключение, труднодоступное для биологической эволюции. По всей вероятности, куры унаследовали мощный когнитивный дар от своего дикого предка, банкивской курицы, обитающего в лесах Южной и Юго-Восточной Азии. В тех местах пращуров кур формировали долгосрочные, относительно стабильные группы, насчитывавшие от четырех до 13 разновозрастных особей. Доминантные самец и самка, возглавляющие каждую группу, как и у большинства животных, получали все лучшее, будь то пища, простор для жизни или сексуальные партнеры, за счет большего или меньшего подавления остальных членов стаи. Самцы тратили основную часть своего времени на привлечение самок и снабжение их пищей; самки же внимательно наблюдали за самцами, оценивая их действия и запоминая их поступки, чтобы избежать в будущем тех, кто поступал подло или недоброжелательно. «Репутация» каждого конкретного петуха имела огромное значение для его успешного и долгосрочного общения с самками, поскольку конкуренция за них была жесткой.

Однако конкуренция внутри стаи — не единственный фактор, подталкивающий птичий ум к развитию. Наличие угроз извне (включая наземных и летающих хищников, таких как лисы и ястребы) приводило к появлению разнообразных стратегий спасения, менявшихся в зависимости от поведения хищника. Это вынуждало птиц развивать более высокоинтеллектуальные способы взаимодействия друг с другом и реагирования на опасности извне, а также искать пути «обсуждения» возникающих ситуаций. Все перечисленные выше черты по-прежнему присутствуют и у одомашненных кур.

Нелегко сразу смириться с тем, что весь этот длинный перечень интеллектуальных способностей относится

к птицам, которых человечество миллионы лет использует в качестве безотказного источника пищи. Невольно возникает вопрос об условиях их содержания и выращивания. Птицы, которые в дикой природе живут небольшими группами, могут содержаться на фермах с невероятной плотностью в 50 тыс. голов на одно помещение. Продолжительность жизни, составляющая у кур в природе десять лет, сокращена здесь до шести недель, если их растят на мясо. Их убивают молодыми из-за угрозы развития болезней сердца, остеопороза и переломов костей, которые становятся неизбежными последствиями сверхбыстрого роста у специально отобранных для мясного птицеводства пород. Несушкам «повезло» несколько больше — ведь им предстоит жизнь длинной в полтора года, пусть и в клетушке площадью с лист формата А4.

Гибкость и приспособляемость домашних кур, унаследованные ими от стайного дикого предка — банкивской курицы, похоже, сыграли с ними злую шутку, позволив новому виду выживать в совершенно ненормальных, полных стресса условиях, в которых люди их выращивают. И вряд ли что-нибудь изменится, пока большинство из нас не задумываются над тем, откуда берется наша пища и сколь выдающимся по своему интеллекту существам она стоит жизни.

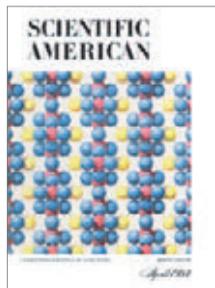
Однако постепенно начинают прозревать даже обыватели. В Европе и некоторых североамериканских штатах, например в Калифорнии, сейчас проводятся новые законы, требующие улучшения условий содержания кур-несушек. Процесс инициировали сами покупатели, озабоченные улучшением здоровья животных, равно как и повышением качества продуктов питания. Австралийские производители теперь всячески подчеркивают улучшение условий выращивания кур на своих фермах в рамках конкурентной борьбы за все более растущий сегмент «неравнодушных» потребителей. Однако многое еще только предстоит сделать. Условия, в которых растут кур на мясо, все еще плохо известны широкой публике.

Ученые только начинают постигать истинную сущность того типа интеллекта, который свойственен именно курам, но один факт уже не вызывает сомнений: расхожие поговорки, намекающие на полное отсутствие ума у кур: «куриные мозги», «глуп как курица» и им подобные — отныне должны считаться анахронизмом. ■

Перевод: В.Э. Сковрцов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Багнаяр Т., Хейнрих Б. Мудрый ворон // ВМН, № 7, 2007.
- Tactical Multimodal Signalling in Birds: Facultative Variation in Signal Modality Reveals Sensitivity to Social Costs. Carolyn L. Smith, Alan Taylor and Christopher S. Evans in *Animal Behavior*, Vol. 82, No. 3, pages 521–527; September 1, 2011.
- The Chicken Challenge: What Contemporary Studies of Fowl Mean for Science and Ethics. Carolyn L. Smith and Jane Johnson in *Between the Species*, Vol. 15, No. 1, pages 75–102; 2012.
- Шоу с участием виртуального петуха см. по адресу: Scientific-American.com/feb2014/chickens

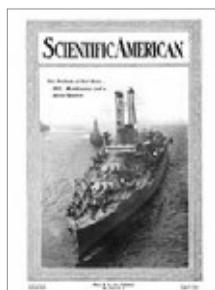


АПРЕЛЬ 1964

ЛСД и псилоцибин. Галлюциногены сегодня стали предметом активного обсуждения и тревоги в кругах медиков и психологов. Вопрос состоит в том, какую степень опасности они представляют для потребляющего их человека. Остроту он приобрел в связи с быстрым ростом интереса к этим пре-

паратам среди непрофессионалов. Недавняя дискуссия в Гарвардском университете, начавшаяся с методологических разногласий между исследователями, но быстро включившая в себя вопрос о защите умственного здоровья студенчества, обозначила масштаб общественного интереса к употреблению этих препаратов и вытекающего из него опасения, что их будут применять не по назначению.

Комментарий Дайсона. «Обозрение Джеймса Ньюмена (James R. Newman) о сборнике "Межзвездные связи" (*Interstellar Communication*) в вашем февральском номере написано с обычным для него сочетанием остроумия и мудрости. Те, кто всерьез задумывается о поисках внеземного разума, знают, что на этом пути мы существенно ограничены: все наши мыслимые детекторы выявят скорее технологию, чем разум. При этом мы не можем знать, будет ли истинно разумное общество миллионы лет сохранять интерес к передовым технологиям или потребность в них. В этих обстоятельствах лучше всего честно признать, что мы ищем технологии, а не разум». — Фримен Дайсон (Freeman J. Dyson).



АПРЕЛЬ 1914

Новая оценка возраста Солнца.

Принятие гипотезы Гельмгольца, который объяснял выделение тепла в Солнце его сжатием, позволяет сделать вывод о продолжительности его существования. Если коэффициент теплового расширения Солнца принять средним между соответствующими коэффициентами ртути и газа, то для сжатия Солнца до его нынешнего радиуса потребовалось около 3 млн лет, а для дальнейшего уменьшения его радиуса вдвое понадобится 200 млн лет, но и тогда температура на его поверхности будет составлять 3000° С.

Чтение вышло из моды. Школы не уделяют должного внимания тому, что они недостаточно быстро приспосабливаются к меняющимся условиям общественной и экономической жизни. Около трех четвертей учеников, покидающих учебное заведение, когда закон позволяет это сделать, бросают ее не из-за материальных соображений семьи, а потому что школа стала им неинтересна. Причина этого в том, что школа продолжает давать всем

ту же подробную банальщину, которая одно-два поколения назад удовлетворяла небольшую, притом избранную, долю учеников. Но масса сегодняшних учащихся отличается от этой избранной части именно тем, что она мыслит категориями предметов и движения, а не слов или символов, как их преподаватели.



АПРЕЛЬ 1864

Механические мускулы.

Погрузка сжатого сена в поле в жаркий солнечный день — очень утомительное дело, а на крупных фермах, собирающих большие урожаи, эта работа идет крайне напряженно. Поручить ее машинам желательно не только ради избавления от нее фермеров, но и ради

снижения затрат труда и, как следствие, значительного уменьшения стоимости продукции. Используя показанное здесь самозагружающееся устройство, фермер или его помощник могут ездить от одного края поля до другого, при этом машина будет приводиться в действие за счет движения.



Помощь техники: конная жатка, 1864 г.

Стервятники повсюду. Одно из самых тревожных знамений нашего времени — необычные и подлые аферы золотодобывающих и других горных предприятий, которые в изобилии множатся на Уолл-стрит. Каждый день рождаются фальшивые компании, в основе которых лежит лишь пустой обман зрения. Мы призываем людей остерегаться этих жуликов как игорных притонов города. Их подлые схемы порождаются и выращаются в районе фондовой биржи и рассчитаны на улавление наивных и беспечных людей. Большое жюри должно предъявить обвинение каждому из мошенников, и все виновные должны быть отправлены в тюрьму Синг-Синг. ■



Ракеш Джайн

Обходные пути в борьбе с раком

Нередко клетки и межклеточное вещество — матрикс — сдавливают кровеносные сосуды в опухоли и тем самым перекрывают доступ к ней противораковых средств. Возможно, в недалеком будущем мы сможем восстанавливать структуру сосудов и обеспечивать доступ лекарственных веществ к каждой раковой клетке

ОБ АВТОРЕ

Ракеш Джайн (Rakesh K. Jain) — профессор, заведующий лабораторией биологии опухолей Эдвина Стила в отделе радиационной онкологии при Массачусетской больнице общего профиля в Бостоне и Гарвардской медицинской школе. Член Национальной академии наук США, Национальной инженерной академии и Института медицины. Один из 20 ученых, когда-либо избравшихся сразу в три эти организации.



Поисками обходных путей в борьбе с раком я начал заниматься почти 40 лет назад. Будучи по образованию инженером, я видел в опухоли не только биологический, но и физический объект, и задался вопросом: могут ли структурные изменения способствовать ее росту и препятствовать эффективному действию лекарственных веществ?

Мы с коллегами по Университету Карнеги — Меллона обнаружили 20 с лишним лет назад, что структурные аномалии в кровеносных сосудах опухоли влияют на доставку к ней лекарственных веществ. Эти сосуды склонны к перекручиванию и повышению пористости; в результате из них в опухоль вытекает жидкость вместе с введенными в организм больного противоопухолевыми веществами. Внутреннее давление в опухолевой ткани повышается, и последние выталкиваются в окружающую среду. При уменьшении утечки давление в так называемой интерстициальной жидкости уменьшается и лекарственное вещество распределяется по опухолевой массе более равномерно.

Позже обнаружилось, что на процессы, протекающие в опухоли, влияет не только давление жидкости, но и другие физические факторы. Опухоль представляет собой смесь раковых и нормальных клеток; вместе с кровеносными и лимфатическими сосудами они погружены в волокнистый материал — внеклеточный матрикс. Пережимая сосуды, эта плотная масса уменьшает ток крови, поступающей к различным частям опухоли, и блокирует доставку к ним лекарственных веществ. Таким образом, матрикс, аномально плотный в опухолевых тканях, может самым прямым образом влиять на распределение последних по всему объему опухоли.

Мы с коллегами стали задумываться над тем, как уменьшить такое влияние, и в результате нашли простой, в чем-то неожиданный способ. Оказалось, что желаемый эффект дают хорошо известные и широко используемые в медицинской практике гипотензивные средства, чья безопасность давно доказана. Сейчас этот метод проходит клинические испытания на больных, страдающих трудно поддающимся химиотерапии раком поджелудочной железы, которая относится к числу наиболее богатых матриксом органов.

Конечно, мы не можем гарантировать, что наш метод произведет революцию в борьбе с онкологическими заболеваниями. Течение каждого из них зависит от множества факторов. Но если наши надежды оправдаются, то в арсенале врачей появится еще один способ продлить жизнь больного.

Предыстория

Я начал размышлять о влиянии матрикса на внутриопухолевые процессы, как только осознал, что сдавливание кровеносных и лимфатических сосудов катастрофическим образом сказывается на судьбе опухолей. Так, если пережать лимфатические сосуды, то блокируется отток жидкости, скапливающейся в опухолевой ткани, и тут же повысится интерстициальное давление. Это приведет к сжатию кровеносных сосудов и снижению их способности распределять кровь по всей опухоли; тем самым некоторые ее области останутся без кислорода, к ним не поступят противораковые вещества и элементы иммунной системы.

Казалось бы, дефицит кислорода губителен для опухоли, он замедляет ее рост. Однако здесь есть и обратная

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Клетки опухоли и межклеточный матрикс могут пережимать кровеносные сосуды, блокируя поступление лекарственных веществ во многие части опухоли.
- Сплюсывание кровеносных сосудов приводит также к дефициту кислорода, что повышает агрессивность опухоли.
- Опыты на мышах показывают, что разрушение матрикса с помощью лекарственных веществ, используемых в медицине для понижения артериального давления, способствует более равномерному распределению противоопухолевых препаратов по всему объему опухоли.
- Сегодня проводится тестирование этих веществ на пациентах и ведется поиск агентов, разрушающих матрикс более активно и не снижающих артериальное давление.

сторона: в таких условиях опухолевые и даже нормальные клетки начинают секретировать белки, подавляющие активность компонентов иммунной системы. Один из таких белков, фактор роста сосудистого эндотелия (VEGF), повышает также проницаемость стенок кровеносных сосудов, что еще более снижает кровоснабжение опухоли (а, следовательно, поступление к ней лекарственных веществ) и повышает давление в интерстициальной жидкости. Кроме того, в условиях гипоксии некоторые иммунные клетки превращаются из защитников организма в пособников опухоли.

При дефиците кислорода выживают наиболее агрессивные раковые клетки — те, которые лучше других приспособлены к проникновению в соседние ткани; менее агрессивные в этих условиях просто погибают. Что самое плохое — в бескислородной среде раковые клетки вырабатывают белки, способствующие образованию ими новых очагов опухолевого роста в отдаленных органах и тканях. И, наконец, в условиях недостатка кислорода уменьшается эффективность многих видов химиотерапии.

Отрицательное влияние матрикса проявляется не только в том, о чем говорилось выше. Недавно мы с коллегами обнаружили, что при механическом сжатии некоторые раковые клетки перепрограммируются и становятся «лидерами» в проникновении в прилегающие ткани, побуждая к этому и другие клетки. Более того, как в каком-то заколдованном круге, и сжатие, и гипоксия подталкивают матриксформирующие клетки, например фибробласты, к работе в более интенсивном режиме и могут даже спровоцировать некоторые раковые клетки к секреции компонентов матрикса — при том что их нормальные аналоги такой способностью не обладают.

Конечно, мы понимали, какие последствия влечет за собой гипоксия, задолго до того, как начали манипулировать с матриксом, и прежде всего попытались найти способы ее устранения. Еще 13 лет назад у нас возникла идея, что, приведя кровеносные сосуды «в норму» — уменьшив их перекрученность и пористость, — мы понизим интерстициальное давление, улучшим кровообращение опухолевой массы и облегчим поступление к ней лекарственных веществ и иммунных клеток. Сегодня правильность наших предположений не вызывает сомнений — это доказано как в опытах на экспериментальных животных, так и в клинических испытаниях. Мы показали, что частичная нормализация состояния

локальной кровеносной системы с помощью антиангиогенных препаратов (ингибиторов образования новых кровеносных сосудов) приводит к улучшению кровоснабжения опухолей головного мозга и увеличивает продолжительность жизни больных. Такой же эффект наблюдался у пациентов, страдающих раком прямой кишки, легких или почек, которые получали антиангиогенный препарат бевацизумаб на фоне химиотерапии или иммуностимуляторов.

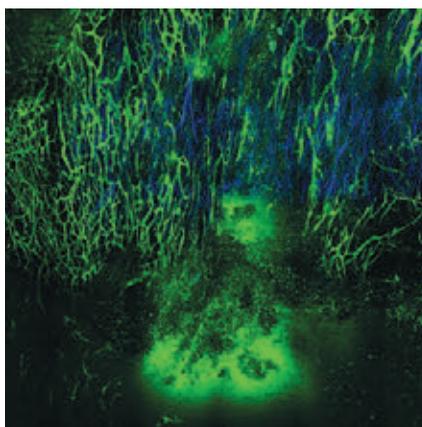
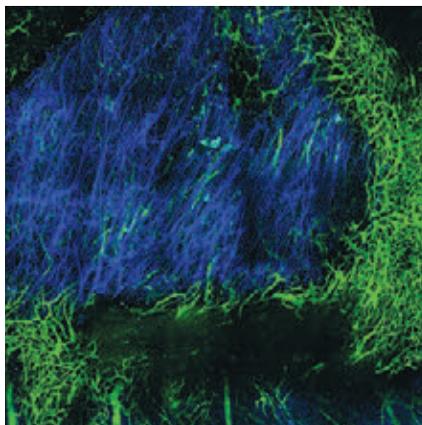
Оптимизация данного подхода продолжается, но он один все равно не решит проблемы, поскольку кровеносные и лимфатические сосуды в опухоли сдавливаются в первую очередь матриксом и опухолевыми клетками.

Антиангиогенные препараты не могут вернуть в нормальное состояние сосуды, схлопнувшиеся под давлением матрикса и тела опухоли. Именно это и заставляет нас обратиться к экспериментам по уменьшению сдавливающего воздействия со стороны матрикса.

Прежде чем приступить к поиску веществ, «разрыхляющих» матрикс, мы решили выяснить, насколько богаты им разные опухоли и в какой степени в них проявляются сдавливающие силы. Обнаружилось, что опухоли существенно различаются в этом отношении, хотя, по данным микроскопических исследований, схлопнувшиеся сосуды в том или ином количестве присутствуют в большинстве из них. Все зависит от стадии заболевания и локализации опухоли. В пространственно ограниченных опухолях сдавливающей силы больше, соответственно, больше и схлопнувшихся частично или полностью сосудов. Играет роль и тип опухоли. Наиболее часто встречающиеся новообразования поджелудочной железы содержат относительно немного (всего 5%) раковых клеток, зато богаты матриксом и фибробластами. Опухоль другого типа, медуллобластома, обычно не отличается высоким содержанием матрикса. Дальнейшие исследования показали, что чем больше относительное содержание матрикса и фибробластов, тем менее восприимчива опухоль к химиотерапии, а это означает, что «противоматриксные» средства в таких случаях будут особенно полезны.

Первые шаги

Успеху поисков веществ, минимизирующих влияние матрикса, способствовало одно открытие. Как известно, матрикс состоит из белковых волокон (в основном из коллагена) и желеобразных компонентов (таких, как



Разрушение матрикса (синий цвет) приводит к улучшению кровоснабжения опухоли (зеленый цвет, в центре)

гиалуронан). Одно время считалось, что последние скапливаются на распределении лекарственных веществ в опухоли в большей степени, чем коллаген. Но в 2000 г. мы с удивлением обнаружили, что важную роль в процессе играет именно коллаген, от которого зависит жесткость матрикса. При расщеплении коллагеновых волокон ферментом коллагеназой 150-нанометровые частицы, которые планируется использовать для адресной доставки лекарственных веществ, распределяются более или менее равномерно даже в самых плотных опухолях. Основываясь на таких данных, мы инъецировали в опухоль мышей коллагеназу вместе с вирусными частицами диаметром 150 нм. Уменьшение опухоли в размерах было более выраженным, чем при введении вирусных частиц без коллагеназы.

К сожалению, коллагеназа, распространяясь по всему организму, расщепляет коллаген и там, где это совсем не нужно, — ведь он структурирует многие органы и ткани. Значит, необходимо искать другое, более безвредное вещество, которое воздействовало бы только на опухоль.

В результате мы остановились на гормоне под названием релаксин, который вырабатывается у женщин в период беременности. Он подавляет синтез коллагена и ускоряет его расщепление, а в организме будущей матери образуется в больших количествах, не вызывая никаких нежелательных последствий.

В 2002 г. мы провели эксперименты на лабораторных мышах, у которых имелись солидные опухоли, вводя им релаксин в течение двух недель. Положительный эффект был налицо. Однако вскоре мы узнали, что релаксин способствует росту некоторых опухолей, например опухоли предстательной железы. Стало ясно, что ни о каких клинических испытаниях вещества не может быть и речи.

Счастливая случайность

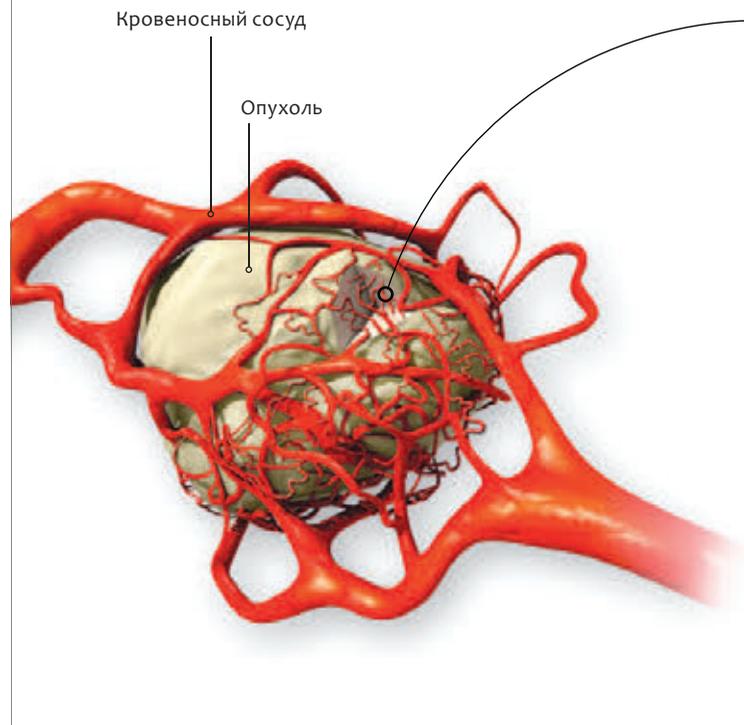
Мы решили пойти по другому пути — воздействовать на ключевого участника синтеза коллагена, трансформирующий фактор роста бета, используя гипотензивные лекарственные средства. По счастливой случайности, они не только снижают артериальное давление, но и подавляют активность упомянутого фактора роста. Более того, эти широко используемые в медицине препараты, чье действие основано на инактивации гормона ангиотензина II, снижают активность другого вещества, участвующего в стабилизации коллагена. Было известно, что различные ингибиторы ангиотензина, в частности лозартан, уменьшают содержание коллагена у лабораторных животных с избыточным содержанием внеклеточного материала и устраняют такую избыточность в почках и сердечной мышце больных с гипертонией. Но никаких литературных данных о влиянии данных препаратов на содержание коллагена в опухолях мы не нашли.

Для того чтобы проверить, действительно ли блокаторы ангиотензина уменьшают содержание матрикса в опухоли и тем самым облегчают доставку

Блокаторы доставки лекарственных веществ

СИЛЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

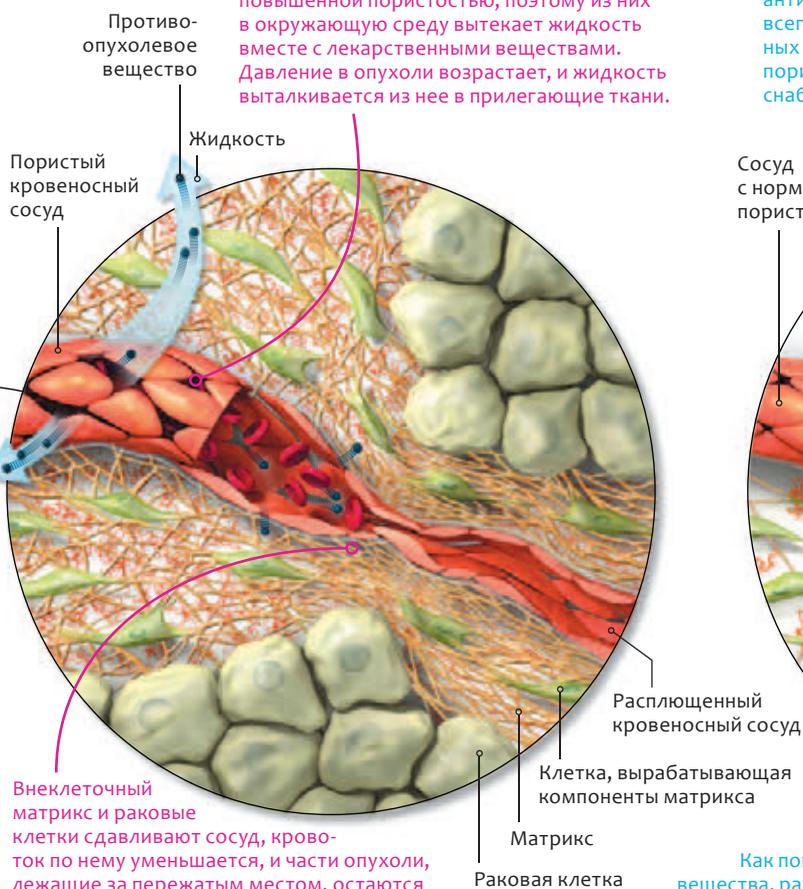
Теоретически противоопухолевые препараты, доставляемые к опухоли по кровеносным сосудам, должны распределяться по всему ее объему равномерно и доходить до каждой клетки. Но силы, действующие со стороны интерстициальной жидкости и матрикса, могут пережимать кровеносные сосуды и блокировать поступление лекарственных веществ к некоторым частям опухоли (первая картинка справа). Уже найдены агенты, снижающие давление в жидкости, и есть надежда, что удастся уменьшить давление со стороны матрикса (вторая картинка справа).



лекарственных веществ во все ее части, мы в течение двух недель вводили лозартан мышам с четырьмя разными типами опухолей: аденокарциномой поджелудочной железы, раком молочной железы, меланомой и раком соединительной ткани. Было получено два обнадеживающих результата. Во-первых, содержание коллагена во всех четырех случаях уменьшилось и 100-нанометровые частицы, имитирующие молекулы лекарственных веществ, распределялись по всему объему опухоли более равномерно, чем прежде. Аналогичные результаты были получены в 2011 г. в опытах на грызунах, где мы использовали одобренный Управлением по контролю качества пищевых продуктов и медикаментов (FDA) препарат доксил (диаметр молекул — примерно 100 нм) и вирусные частицы, уничтожающие раковые клетки (диаметр частиц — примерно 150 нм).

Барьеры

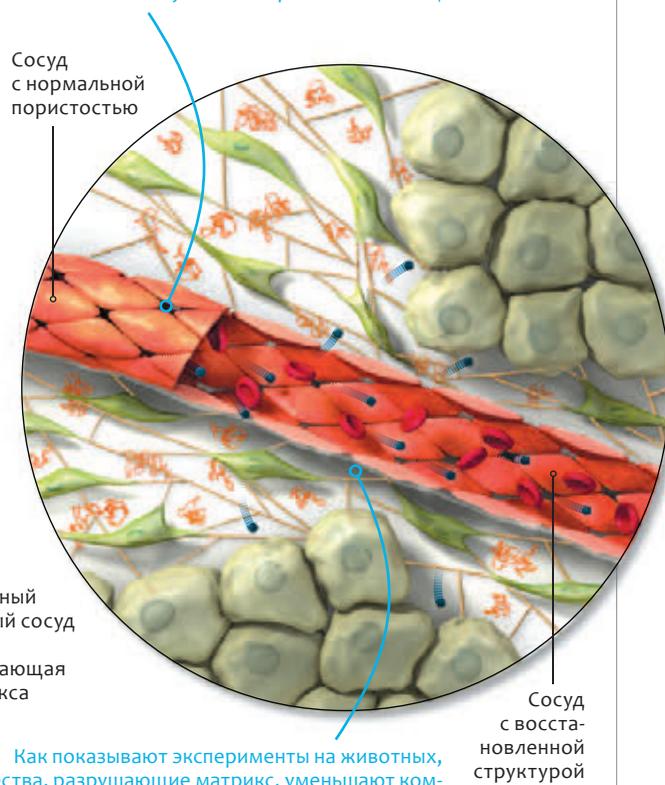
Кровеносные сосуды в опухоли обладают повышенной пористостью, поэтому из них в окружающую среду вытекает жидкость вместе с лекарственными веществами. Давление в опухоли возрастает, и жидкость выталкивается из нее в прилегающие ткани.



Внеклеточный матрикс и раковые клетки сдавливают сосуд, кровоток по нему уменьшается, и части опухоли, лежащие за пережатым местом, остаются без лекарственных веществ. Кроме того, последние захватываются самим матриксом, что еще более усугубляет ситуацию. Полное пережатие сосуда приводит к дефициту кислорода, что инициирует миграцию раковых клеток за пределы опухоли и затрудняет работу клеток иммунной системы (не показано).

Преодоление

Давление в жидкости можно уменьшить с помощью антиангиогенных препаратов. Они известны прежде всего как ингибиторы образования новых кровеносных сосудов в опухоли, но кроме того уменьшают пористость стенок сосудов и тем самым улучшают снабжение опухоли лекарственными веществами.



Как показывают эксперименты на животных, вещества, разрушающие матрикс, уменьшают компрессию в опухолях. Это приводит к восстановлению кровотока и равномерному распределению лекарства по всему объему опухоли. К агентам, которые разрушают матрикс, относятся обычные гипотензивные препараты, широко применяемые в медицине. Сейчас проводится их тестирование на больных, страдающих раком поджелудочной железы, с тем чтобы проверить, повышается ли при этом эффективность химиотерапии.

Во-вторых, мы обнаружили, что с повышением дозы лозартана содержание коллагена уменьшается. А значит, наблюдаемый эффект связан именно с его действием, а не с чем-то другим, что давало надежду на то, что при более высоких дозах содержание коллагена уменьшится настолько, что кровеносные сосуды даже в богатых матриксом опухолях вернутся в нормальное состояние и кровоток восстановится. Это и подтвердили опыты на мышах: при удвоении дозы лозартана проницаемость опухолей молочной и поджелудочной желез значительно повысилась, причем не только для наночастиц, но и для препаратов, обычно используемых в химиотерапии опухолей данных органов.

Что касается человека, то сведений по использованию лозартана или других гипотензивных препаратов в высоких дозах у нас нет. Однако ретроспективный анализ

данных относительно раковых больных, которые страдали еще и гипертонзией и потому получали как противоопухолевые, так и гипотензивные средства, обнадеживал. Так, мы установили, что при одновременном приеме противоракового препарата гемцитабина и ингибиторов ангиотензина средняя продолжительность жизни больных, страдающих раком поджелудочной железы, увеличилась на шесть месяцев по сравнению с больными, получавшими только химиотерапию.

Конечно, ретроспективный анализ имеет ограниченную ценность, но совпадение его результатов с полученными нами на мышах служит веским доводом в пользу проведения соответствующих клинических испытаний. И к ним уже приступила группа врачей-онкологов из Массачусеттской больницы общего профиля в Бостоне. Испытуемые — больные, страдающие раком

поджелудочной железы; на фоне стандартной химиотерапии они получают лозартан. Результаты будут известны через несколько лет. Если все пройдет успешно, то в будущем можно будет попробовать комбинированную терапию: препараты, нормализующие структуру сосудов (например, VEGF-блокаторы); агенты, разрушающие матрикс, и специфические противоопухолевые вещества.

Гипотензивные средства, как и большинство медицинских препаратов, следует применять с осторожностью. Их нельзя назначать людям с почечной недостаточностью или низким артериальным давлением. Но даже если с давлением все в порядке, за ним нужно

постоянно следить, чтобы не допустить резкого падения. Такие проблемы можно решить, модифицировав блокаторы ангиотензина так, чтобы они сохранили способность разрушать матрикс, но не снижали артериальное давление. Следует учитывать и то, что у раковых клеток вырабатывается устойчивость к большинству препаратов. Возникнет ли подобная устойчивость к лозартану и другим блокаторам ангиотензина — никто не знает.

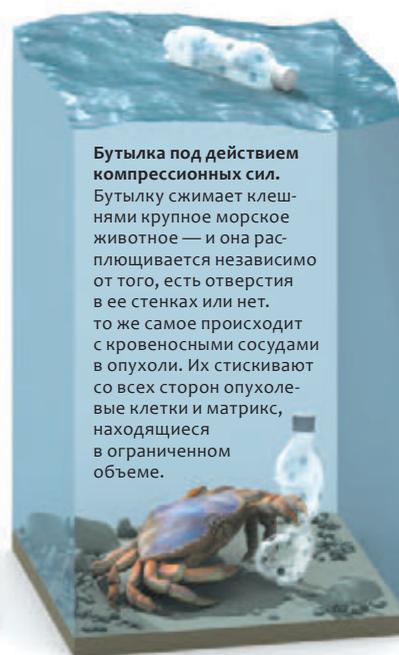
Альтернативы

Как же быть, если гипотензивные препараты больному противопоказаны, а противоопухолевые средства

Физика опухолей

ПОЧЕМУ ОСНОВНУЮ РОЛЬ В ПЕРЕЖАТИИ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ В ОПУХОЛИ ИГРАЕТ ЕЕ ПЛОТНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ

Удивительно, но факт: кровеносные сосуды в опухоли пережимаются только под действием давления со стороны матрикса и опухолевых клеток; жидкая составляющая никакой роли не играет. Проиллюстрируем это на примере пластиковой бутылки, брошенной в море.



не помогают? Альтернативной мишенью мог бы стать другой компонент матрикса — гиалуронан. Его содержание в упомянутых ранее четырех видах опухолей достигает 25%. Как показали проведенные нами недавно исследования, фермент гиалуронидаза, расщепляющий гиалуронан, действительно уменьшает компрессию в опухолях у мышей; при этом, по данным других ученых, частично восстанавливается структура кровеносных сосудов. Обнаружилось также, что лозартан уменьшает содержание гиалуронана.

Для того чтобы повысить эффективность терапии, направленной на ослабление компрессии, нужно найти способ оценки реакции матрикса на тестируемые

Чтобы достичь успеха в борьбе с раком, нужно не только дойти до генетических основ этого заболевания, но и разобраться в последствиях физических процессов, протекающих в солидных опухолях

вещества. Действительно ли они уменьшают механическую компрессию? Какие из них наиболее эффективны? И в самом ли деле снижение компрессии облегчает доступ лекарственных веществ к глубинным областям опухоли? Мы с коллегами нашли относительно простой способ измерения механической компрессии. Если опухоль разрезать пополам, то половинки начнут спонтанно набухать. Измерив степень набухания, можно с помощью несложных математических расчетов определить внутреннюю компрессию в опухоли.

Меня иногда спрашивают, не провоцирует ли разрушение матрикса метастазирование — миграцию раковых клеток через матрикс в кровеносные и лимфатические сосуды и далее в другие органы и ткани? И еще: не случится ли так, что разрушение матрикса и восстановление кровотока в опухоли приведет к ее разрастанию в результате лучшего снабжения питательными веществами? Однозначно ответить мы пока не можем, но есть указание на то, что уменьшение компрессии и нормализация кровотока не сопровождаются увеличением опухоли и метастазированием. «Почему?» — спросите вы. С одной стороны, питательным веществам действительно станет проще проникать в клетки и свобода их перемещения повысится, но с другой — при компрессии возникает дефицит кислорода, что способствует разрастанию опухоли, блокируется поступление клеток иммунной системы

и химиотерапевтических средств. Какой из этих процессов перевесит — покажут опыты на животных и клинические испытания.

Следуя логике

Когда мы только начинали наши исследования по применению блокаторов ангиотензина для сдерживания роста опухолей, многие коллеги относились к ним скептически. Их аргументы состояли в следующем: поскольку применяемые нами вещества снижают артериальное давление, они вызовут отток крови от опухоли, а не приток. Более того, в опытах с введением ангиотензина (который, в отличие от его блокаторов, повышает артериальное давление) наблюдалось повышение кровотока в опухолях. Но в этих работах не учитывалось компрессионное влияние матрикса, и испытания ангиотензина на эффективность дали отрицательный результат. Несколькими годами позже мы объяснили причину такого неуспеха: применявшиеся лекарственные вещества повышали кровоток лишь на короткое время, в первую очередь потому, что компрессия со стороны матрикса быстро приводила к схлопыванию сосудов.

Какой вывод можно сделать из всего сказанного? Если мы хотим успешно бороться с раком, нужно не только дойти до сути генетических и клеточных основ заболевания, но и разобраться в последствиях физических процессов, протекающих в солидных опухолях. Последние используют их для выживания, а мы должны использовать знания о физических взаимодействиях для того, чтобы противостоять им. ■

Перевод: Н.Н. Шаfranовская

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Джайн Р. Укоротите сосуды — и болезнь отступит // ВМН, № 4, 2008.
- Лаборатория Ракеша Джайна: <http://steele.mgh.harvard.edu>
- Causes, Consequences and Remedies for Growth-Induced Solid Stress in Murine and Human Tumors. Triantafyllos Stylianopoulos et al. in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 109, No. 38, pages 15101–15108; September 18, 2012. www.pnas.org/content/early/2012/08/28/1213353109.full.pdf
- Normalizing Tumor Microenvironment to Treat Cancer: Bench to Bedside to Biomarkers. R. K. Jain in Journal of Clinical Oncology, Vol. 31, No. 31, pages 2205–2218; June 10, 2013.
- Angiotensin Inhibition Enhances Drug Delivery and Potentiates Chemotherapy by Decompressing Tumor Blood Vessels. Vikash P. Chauhan et al. in Nature Communications, Vol. 4, Article No. 2516; October 1, 2013. www.nature.com/ncomms/2013/131001/ncomms3516/pdf/ncomms3516.pdf

A vibrant landscape featuring a bright sun in a blue sky with scattered white clouds. Below the sky is a green field with a line of trees in the distance.

*Вполне
глобальная
задача*

ТЕРМИН «БИОТЕХНОЛОГИИ» ПОЯВИЛСЯ В НАЧАЛЕ XX В. НА САМОМ ДЕЛЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ БИОТЕХНОЛОГИЙ ЧЕЛОВЕЧЕСТВО ЗАНИМАЕТСЯ УЖЕ МНОГИЕ ВЕКА.

Сегодня биотехнологии включают себя и такие области, как биоэнергетика, биоэкономика и даже биоэтика и биополитика. Рассказать обо всех этих направлениях мы попросили начальника НТК биоэнергетики НИЦ «Курчатовский институт» доктора биологических наук, профессора Раифа Гаяновича Василова

— Раиф Гаянович, мы находимся в Курчатовском институте, а он ассоциируется прежде всего с ядерной энергетикой, с атомной, но никак не с биотехнологиями.

— Сегодня биотехнологии стали, пожалуй, таким же прорывным направлением, каким в свое время была ядерная энергетика. Как вы знаете, несколько лет назад Курчатовский институт благодаря усилиям Михаила Валентиновича Ковальчука начал развивать новое направление — конвергенцию наук и технологий. Это мировой тренд научного развития, который объединяет весь комплекс самых передовых технологий: нано-, био-, информационные, когнитивные и социогуманитарные науки и технологии. Именно эти конвергентные науки и технологии определяют новый технологический уклад, по сути, новый этап развития цивилизации. Конечно, по-прежнему главное стратегическое направление Курчатовского института — это ядерная энергетика и технологии, с этим связанные. Но второе приоритетное направление, стремительно набирающее темп, — это как раз конвергентные технологии. В созданном М.В. Ковальчуком уникальном НБИКС-центре биотехнологии — одно из ключевых направлений, в составе которого на первом плане «нанобио», или «бионано».

Ничто не вредно под Луной

— Часто приходится слышать про опасность биотехнологий, вред ГМО, появляются законопроекты о запрете клонирования. Как вы думаете, можно ли ослепить человечество, запретив биотехнологии?

— Подобные опасения в отношении биотехнологии связаны большей частью с недостаточной информированностью. Как можно запретить биотехнологии? Прогресс остановить невозможно. Ведь все, что связано с пищей, медициной, фармакологией, охраной окружающей среды, в определенной степени с энергетикой,

даже современная промышленная химия, сегодня развивается на основе биотехнологий. Другое дело, что развитие подобных прорывных направлений всегда сопряжено с определенными рисками. Возвращаясь к проблеме ГМО, имея в виду сельскохозяйственные растения, нужно выделить несколько аспектов: медико-биологический (о котором чаще всего говорят), экологический (как это будет влиять на окружающую среду) и чисто экономический. Последний — пожалуй, наиболее важный. Сегодня основные лоббисты, ратующие за ГМО, — это транснациональные корпорации, практически на 100% контролируемые рынком ГМ-семян. Оппоненты выращивания ГМО утверждают, что, поскольку у нас нет собственных генетически модифицированных семян, разрешение на их использование фактически открывает рынки для тех самых транснациональных корпораций. Поэтому задача заключается в том, чтобы интенсивно развивать собственные научные исследования в этом направлении, создавать собственные технологии, а после этого уже открывать рынок для выращивания ГМ-культур. И, безусловно, необходимо на государственном уровне сформировать достаточную нормативную базу, наладить систему постоянного мониторинга и контроля оборота ГМ-продуктов, всесторонних объективных исследований и экспертизы продуктов питания и кормов для животных, произведенных с использованием генетически модифицированных источников.

— Расскажите о наиболее продвинутых проектах в области биотехнологий, биоэкономики, биоэнергетики, которые развиваются в Курчатовском институте.

— В Курчатовском институте мы активно развернули работы по наиболее прорывному направлению — изучению генома животных, растений и человека. На самом высоком уровне ведутся исследования по исследованию



! Справка

Раиф Гаянович Василов

Ведущий специалист в области биотехнологий, доктор биологических наук, профессор, президент Общероссийской общественной организации «Общество биотехнологов России им. Ю.А. Овчинникова» (2003).

- ✓ Область научных интересов: биохимия, иммунология, биотехнологии, генетика.
- ✓ Окончил Казанский государственный университет по специальности «Химия» (1970).
- ✓ Автор 130 публикаций, пяти авторских свидетельств.
- ✓ Главный редактор журнала «Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова».

структуры белков, а это ключевые компоненты биологических систем, которые обеспечивают все процессы в организме. Крайне актуальны работы, связанные с созданием искусственных тканей, органов, — так называемая тканевая и клеточная инженерия.

Другая не менее перспективная область исследований — биоэнергетика, а именно биотехническое направление, которым занимается наш научно-технический комплекс. Мы проводим исследования по созданию

различных видов топлива на основе возобновляемых биоресурсов, а также специальных биотопливных элементов или бионаноэнергетических устройств, которые могут быть использованы для энергетического обеспечения имплантируемых биомедицинских устройств в медицине. В 2011 г. правительством России была утверждена научно-технологическая платформа «Биоэнергетика», и не случайно ее организацией-координатором выступает НИЦ «Курчатовский институт», а председателем наблюдательного совета — М.В. Ковальчук

— Слово «биоэнергетика» благодаря разного рода экстрасенсам и желтой прессе в достаточной степени себя дискредитировало. Можете ли вы рассказать подробнее, что вы понимаете под биоэнергетикой?

— Биоэнергетикой можно назвать все энергетические процессы в живых системах. По сути дела, любой живой организм — это энергетическая машина, которая вырабатывает энергию для поддержания многочисленных жизненно важных процессов. Главная задача, которая стоит перед нами (она же — одновременно главная задача в сфере биоэнергетики), связана с изучением того, какие молекулярные механизмы обеспечивают эти биоэнергетические процессы в живых системах. А затем на основе этих принципов исследуются новые подходы для того, чтобы производить энергию для обеспечения других задач, с которыми человек встречается в своей хозяйственной, бытовой и производственной деятельности. Биотопливные элементы могут быть использованы, например, для обеспечения энергии в имплантируемых биомедицинских устройствах. Изучение молекулярных биологических, биоэнергетических процессов в живых системах позволяет создавать новые энергоносители — различные виды топлива: биодизель, биобензин, авиационный керосин на основе биоресурсов. Не вызывает сомнения тот факт, что в самой ближайшей перспективе широкое практическое применение найдет получение тепловой и электрической энергии из биомассы — дерева, торфа и других источников. Сегодня мы находимся на стадии отработки технологических режимов получения уникальных видов биотоплива и, надеюсь, в текущем году доведем их до конкретных практических результатов.

— Каков потенциал подобных технологий? Может ли случиться такое, что человечество со временем полностью перейдет с бензина на биобензин, с дизеля на биодизель и будет покрывать большую часть своих потребностей с помощью альтернативной биоэнергетики?

— Теоретически это вполне возможно. Но я бы в данном случае не использовал термин «альтернативная энергетика», здесь следует говорить скорее об энергетике дополнительной. Биотопливо имеет определенные преимущества. Помимо того что оно производится на основе возобновляемых ресурсов, оно снижает экологическую нагрузку, поскольку при его использовании происходит значительно меньший выброс токсичных загрязняющих веществ в окружающую среду. Производить биотопливо можно там, где имеется соответствующее сырье и существует в нем потребность. Это важно для сельской

местности, для удаленных территорий. Именно там нужны и возможны небольшие электростанции, которые вырабатывают энергию из биомассы, и это ни в коем случае не представляет собой альтернативу крупным гидроэлектростанциям, АЭС и ТЭЦ. Эта тенденция развития биоэнергетики на основе возобновляемых источников продолжится. В будущем на нее может приходиться примерно 20–30% общего энергетического баланса. Но на такое перераспределение уйдет никак не меньше двух-трех десятилетий.

Движение вглубь

— Сейчас российская наука живет большей частью достижениями советской эпохи. Тогда мы поднялись, получили большой задел и сейчас во многих областях его используем. Но ведь биотехнологии в Советском Союзе практически не развивались?

— Здесь я с вами не соглашусь. Советский Союз был мировым лидером по развитию биотехнологий. СССР имел мощнейшую биоиндустрию, десятки крупных научных центров, в которых проводились масштабные научные исследования. Работала поставленная на поток система подготовки кадров. К концу 1980-х гг. в биотехнологиях СССР делил первенство с США и абсолютно точно превосходил все остальные страны. Потом, в 1990-е гг., мы начали резко снижать свои темпы и, по сути дела, практически потеряли свою биотехнологическую промышленность. Во всем остальном мире наоборот произошел биотехнобум. Большое количество именно российских специалистов осело в ведущих научных центрах мира и главным образом именно благодаря им там начался прорыв в биотехнологиях. Не так давно, спустя почти 20 лет, и у нас началось возрождение в этой области. В значительной степени Россия сейчас как раз использует тот потенциал, заделы, которые были созданы в советское время. Развитие наших исследований, которые мы здесь проводим, предполагает также кооперацию и с нашими соотечественниками за рубежом. Ровно два года назад правительство утвердило комплексную программу развития биотехнологий в Российской Федерации, в ней поставлена задача: к 2020 г. выйти в число мировых лидеров по этому направлению.

— Биоэкономика — это довольно новый термин. По-настоящему, что на одной ней экономику страны не вытянешь, но какое место она должна занимать в общей экономике государства?

— Сегодня мир стоит на пороге формирования нового, шестого технологического цивилизационного уклада, который будет определять развитие человечества в ближайшие десятилетия и который стал полем для самой серьезной конкуренции между странами. Биоэкономика — это и есть экономика шестого технологического уклада. По масштабам уже сегодня в развитых странах — США, Германии, Франции, Японии — она занимает примерно 1% всего валового внутреннего продукта. В России это, наверное, пока десятые доли процента. Сейчас поставлена задача в странах Организации экономического сотрудничества и развития увеличить долю биоэкономики до 3%.

— В какой период?

— До 2030 г. Но вопрос не только в масштабе. С помощью биотехнологий буквально на наших глазах рождается принципиально новая медицина. Речь идет о биосовместимых тканях, органах, о так называемой персонализированной медицине. Должен решиться также вопрос обеспечения питания человечества: сегодня нас 7 млрд., а через 20 лет будет 9 млрд. Только благодаря биотехнологиям можно будет прокормить такое количество людей, а также решить многие экологические проблемы. В некотором смысле я мог бы сравнить перспективы и значимость развития биоэкономики сегодня с реализацией советского плана ГОЭЛРО. Значение его трудно переоценить — ведь это было не просто строительством новых электростанций, но формированием новой экономики на основе использования новейших достижений научно-технического прогресса того времени. Сегодня биоэкономика — по сути то же самое.

— Но не опасно ли такое развитие науки, когда технологии становятся все более доступными, когда сейчас уже можно без проблем купить даже секвенатор и в домашних условиях получить вирус черной оспы?

— Ну, с черной оспой не все так просто, но, безусловно, подобная опасность существует. И опять мы приходим к вопросам социальным, гуманитарным, просветительским. Сегодня в руках у человечества сосредоточена такая научная и технологическая мощь, до которой оно еще не доросло в смысле социальной ответственности. В наши дни появились реальные возможности и изменения биологической природы человека, и создания совершенно новых организмов. Эти серьезные проблемы не могут решать одни биологи. Это даже задачи не только ученых, они касаются всего общества в целом. Вопросы, связанные с развитием биотехнологий, биоэкономики, вообще современных конвергентных наук и технологий, — это вопросы развития общества в целом — его зрелости, возможностей вырабатывать и принимать решения на основе некоего консенсуса. Как пример можно привести абсолютный запрет на работы, связанные с клонированием человека. Это то, что мы никогда не должны преступать, хотя технологические возможности для этого существуют. Необходимость адекватного регулирования этих существенных для общества проблем дает толчок для развития новых дисциплин и ипостасей социогуманитарной деятельности, таких как биоэтика и биополитика.

— Это должно быть вечное табу? Или когда-то придет время, когда мы сможем переступить черту?

— Все относительно. И то, что нельзя было делать вчера, сегодня уже представляется возможным, а завтра будет просто императивно. Сейчас активно развивается такое направление, как трансгуманизм — совершенствование природы человека с помощью современных технологий, создание сверхчеловека. Появились термины «постчеловек», «постгуманитарное общество». Но это скорее относится к «высокой философии», а мы должны сосредоточиться на том, чтобы сделать жизнь человека максимально рациональной, комфортной и безопасной.

— Сейчас всем известны такие термины, как «нанотехнологии» и «биотехнологии». Как по-вашему, что важнее — «нано» или «био»? На что сейчас нужно обращать больше внимания?

— Это искусственное противопоставление, потому что, например, почти вся химия, которой мы занимаемся уже несколько столетий, работает на уровне молекул — это наноразмеры. Дальнейший прогресс в ближайшие десятилетия приведет к тому, что с уровня «нано» мы перейдем на субуровень — «фемто». Но главное в нанотехнологиях то, что на современном уровне мы можем уже направленно манипулировать атомами, создавать из них новейшие материалы с заранее заданными свойствами. С другой стороны, биология сейчас уже не та, которой она была не то что 100, а даже 50 лет назад. Она настолько тесно переплелась с физикой, химией, информатикой, что уже превращается в раздел информационных наук. Мы говорим о биологическом коде, уже можем конструировать новые биологические материи, вещества, основываясь на информации об этих веществах, на цифровой информации. Идут работы по созданию синтетической клетки,

Именно человеческое общество и агросистемы давно встроены в мир микроорганизмов, а не наоборот. Бактерии первыми появились на нашей планете и сформировали нынешнюю систему биологических циклов. Если возникнут проблемы с этими глобальными циклами, то человечество не выживет

что позволит в будущем собрать, как из кирпичиков, живой организм. Хотя вопрос, где грань между живым и неживым, тоже спорный. Смысл конвергентных технологий заключается в том, чтобы обеспечить нам возможность под разными углами зрения, применяя различные методы и технологии на стыке наук, воздействовать на одну цель — соединить «живое» и «неживое», клетку и микроэлектронику, и на этой основе уже создавать по образцу живой природы новые гибридные материалы, системы.

Мы живем в царстве микробактерий

Наш второй собеседник — заведующий лабораторией электробиосинтеза НТК «Биоэнергетика» Курчатовского НБИКС-центра кандидат биологических наук **Зоригто Баирович Намсараев**

— Зоригто Баирович, как вы считаете, какую роль занимают биотехнологии в жизни человечества?

— Исторически биотехнологии играли огромную роль. Уже с началом обработки пищи в кулинарии появились первые примитивные биотехнологии: сбраживание

молока и других продуктов, ферментация. Но сегодня эти процессы, конечно, развились гораздо дальше. Родилась фармацевтика, появились различные биопродукты, целый спектр новых методов — генетических, молекулярных, микробиологических.

— Существуют две полярные точки зрения по отношению к бактериям. Одни их боятся, а у вторых — психология Хрюши из передачи «Спокойной ночи, малыши!», которого спросили: «Почему ты не моешь руки, там же бактерии?», а он ответил: «Но я же их не вижу».

— Начну с психологии Хрюши: руки нужно мыть, а воду желательнее кипятить, потому что базовые правила санитарии и гигиены никто не отменял. Этим мы снизим вероятность заболеваний. Но если мы посмотрим в целом на роль микроорганизмов в мире, то увидим, что именно человеческое общество и агросистемы давно встроены в мир микроорганизмов, а не наоборот. Именно они — бактерии, археи — первыми появились на нашей планете, сформировали нынешнюю экосистему: глобальную биосферу и систему биологических циклов. Это цикл азота, цикл серы и др. Если возникнут проблемы с этими глобальными циклами, то человечество не выживет.

— Получается, настоящие цари природы — это бактерии, а мы лишь временно живем на их территории?

— В общем, да.

— Над какими проектами в этой области вы работаете в рамках Курчатовского института?

— Пожалуй, наиболее интересный — это электробиосинтез. Фотосинтез — традиционный процесс конверсии солнечной энергии в биомассу — обладает эффективностью на уровне 1%. Это очень мало. Если мы начинаем получать какие-то продукты из фотосинтетических организмов, то этот коэффициент уменьшается до долей процента, тогда как эффективность обычных солнечных батарей сейчас составляет около 15%. Микроорганизмы могут использовать электрический ток с эффективностью около 80%. Теперь сосчитаем: 80% от 15% — это 12% конверсии солнечного света в биомассу, т.е. уже на порядок больше, чем обычный фотосинтез. Такая технология в будущем позволит значительно интенсифицировать традиционную систему сельского хозяйства и энергетики. Например, мы сможем синтезировать продукты питания и топливо в самых удаленных местах при условии наличия там мобильных источников электроэнергии. Есть возможность перенести эти технологии в космос и без огромных теплиц вести синтез напрямую. В сравнении с фотосинтезом электробиосинтез практически не исследован, тонкие процессы съема энергии с электродов и получения их бактериями практически не изучены. Мы выходим на обширное и еще слабо исследованное поле.

— Часто говорят об альтернативных источниках энергии. Если эту технологию довести до определенной стадии совершенства, то какую долю в ближайшее десятилетие может занять биоэнергетика в энергобалансе человечества?

— На рынке моторного топлива это составит порядка 3–4%. Но гораздо большее влияние, мне думается, биотехнологии окажут на рынок биопластиков, т.е. биоразлагаемых полимеров. Сейчас рост этого рынка в мире составляет примерно 18–23% в год. Требуется огромное количество упаковки. Поэтому рынок растет, он достаточно высокомаржинальный и даже более интересен, чем биотопливо.

— **Получается хорошее коммерческое предложение.**

— Да, это многообещающие технологии. Уже довольно часто на флаконе, допустим, какого-нибудь шампуня можно прочитать: «Экоупаковка». Примерно 45% пластика в этой упаковке изготовлено из сахарного тростника. Его сначала перерабатывают в этанол (этиловый спирт), который затем превращают в этилен, который в свою очередь становится полиэтиленом. Его смешивают с обычным полиэтиленом. Транснациональные компании, которые производят различные газированные напитки, сегодня вкладывают огромные деньги в то, чтобы делать упаковки для напитков из полностью возобновляемого сырья. Это огромный бизнес.

— **Думаю, совсем не случайно вы находитесь в здании, где установлен синхротрон? Вы его как-то используете в своих исследованиях?**

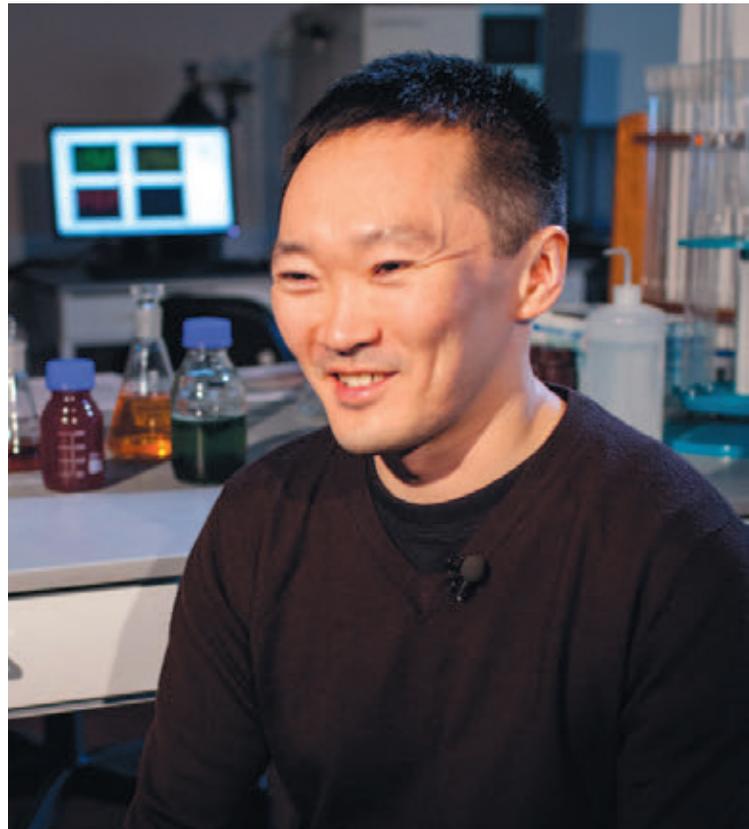
— Конечно, он позволяет нам выходить на принципиально новый уровень исследований. Например, микроорганизмы способны получать энергию от окисления или от восстановления каких-то неорганических элементов. И уловить, что какое-то количество элемента восстановилось или окислилось, достаточно сложно. Но с применением новых методов — рентгеновских, синхротронного излучения — такое становится гораздо проще.

— **Все мы понимаем, что биотехнологии полезны, но насколько они, по-вашему, опасны для человека?**

— Любое средство защиты можно применять и для нападения. Ключевой момент — в чьи руки оно попадет. Очень важно, чтобы именно ресурсная, технологическая база находилась в правильных руках. Если мы посмотрим на имеющиеся биологические средства нападения, то у непрофессионала они малоэффективны: микробиологи, центры по контролю заболеваний, санэпидстанции и т.д. способны купировать такие вспышки. Но если эти технологии попадают в руки профессиональных (а это значит — государственных) структур, то тогда, конечно, может быть сделано нечто достаточно опасное.

— **Когда у нас, в России, объявили курс на развитие нанотехнологий, когда в это вложили огромные средства, мне еще тогда казалось: зачем нам делать какие-то микророботы, когда природа таковые уже давно создала и нам бы научиться их использовать? Что легче — создать что-то с нуля или приручить те же микроорганизмы и заставить их работать на себя?**

— Пока сам не соберешь, не разберешься. Естественно, мы должны пытаться создавать что-то сами для того, чтобы понять, как это работает. Если рассматривать такую задачу (т.е. для чего нужно развитие нанотехнологий) в целом, то с точки зрения человека, который занимается биоэнергетикой, мы, конечно, должны повышать эффективность использования ресурсов и энергии.



! Справка

Зоригто Баирович Намсараев

Кандидат биологических наук, заведующий лабораторией электробиосинтеза НТК биоэнергетики НБИКС-центра НИЦ «Курчатовский институт».

- ✓ Родился в Пущине Московской области. В 1998 г. окончил Бурятский государственный университет. В 2003 г. защитил кандидатскую диссертацию по специальности «Микробиология».
- ✓ Область научных интересов — микроорганизмы, способные к использованию электроэнергии, фотосинтезирующие бактерии и микроорганизмы, способные существовать в экстремальных условиях.
- ✓ Работал в США в лаборатории геобиологии Университета Южной Калифорнии по программе *NASA Planetary Biology* и в Центре белковой инженерии Льежского университета (Бельгия).
- ✓ Участвовал в экспедициях по Антарктиде, Арктике, Сибири, Центральной Азии, Северной Америке.

Сейчас мир подходит по определенным видам ресурсов к критическому состоянию, и нам нужно научиться снижать их потребление. Мы должны попытаться сделать это за счет перехода на наноуровень, за счет эффективных технологий. Это глобальная задача. ■

Беседовал Валерий Чумаков

Революция в оценке научных работ

Прошел год с назначения Владимира Михайловича Филиппова на пост руководителя Высшей аттестационной комиссии. Тяжелое наследие прежнего режима досталось ректору РУДН — фальшивые диссертанты изрядно подорвали доверие к отечественной науке, а система присвоения ученых степеней дискредитировала себя и срочно затребовала революционных обновлений. Что сделано за минувший год в плане реформ в деятельности ВАК и какие получены результаты? Почему не началась масштабная кампания против защитившихся в прошлые годы диссертантов-плагиатчиков? Что думает Владимир Филиппов о деятельности сообщества «Диссернет»? Об этом и о многом другом глава ВАК рассказал журналу «В мире науки».

— Общество «требует крови» лжедиссертантов — от ВАК, от вас лично, от министра образования, требует развернуть кампанию по массовому лишению ученых степеней. Почему этого не происходит? Какова нынешняя стратегия действий ВАК под вашим управлением?

— Я прекрасно понимаю, что мог бы легко набрать очки, затеяв массовую травлю. Однако работа на будущее важнее быстрой популярности, хотя потенциал этой работы сегодня еще не оценен по достоинству до конца — это дело грядущих лет.

Мы договорились с руководством Министерства образования и науки, что в реформе системы присвоения ученых степеней будем делать упор не на охоту на ведьм, а на принятие принципиальных решений, предотвращающих в будущем такие проблемы, с которыми мы столкнулись сегодня. В рамках концепции модернизации уже выпущено немало постановлений правительства — о ВАК, о новом порядке присуждения ученых степеней, о новом порядке присуждения

ученых званий. Сейчас подготовлены и зарегистрированы Минюстом два приказа министра об экспертных советах ВАК и о диссертационных советах. На подходе еще целый ряд принципиальных решений.

— Что из новой стратегии можно назвать наиболее действенным?

— Сейчас мы закладываем основы действительно революционной системы, принципиально меняющей подход и требования к качеству научных работ во всех областях. Я бы назвал три главных тезиса: прозрачность, которую обеспечивает обязательная выкладка диссертаций до защиты в Интернет, активное привлечение ученой общественности к оценке этих научных работ и репутационная ответственность ученых за себя и за тех людей, чьи работы они рецензируют, кому оппонировать, кого рекомендуют и т.д.

Отныне все тексты диссертаций до защиты обязаны размещаться в Интернете для того, чтобы к ним получило доступ научное сообщество соответствующего направления. Нам важно, чтобы ученые оценили: есть ли

в работе актуальность тематики и проблематики? Есть ли новизна? Есть ли личный вклад автора? Теперь, например, не пройдут нередко встречавшиеся ранее диссертации, созданные на основе совокупности собственных публикаций, когда некий доцент за несколько десятков лет работы набирает некоторое количество публикаций. Но это не диссертация! Это именно совокупность работ, не более того. И любой его коллега по науке отметит это в интернет-отзыве.

Самый тонкий момент — это не плагиат, как можно подумать. Сейчас не сложно написать текст так, что никакая программа не найдет заимствований. Чужие мысли будут высказаны так, что не придерешься. Но их найдут люди, по роду деятельности глубоко погруженные в сферу, которую затрагивает диссертация: профессиональное сообщество не обманешь. И если раньше было 20 человек, голосующих на ученом совете, то теперь их дополнят сотни ученых по всей стране.

Не менее важно то, что наряду с текстами диссертаций в Интернете будут заранее публиковаться отзывы научных руководителей, отзывы ведущей кафедры, официальных оппонентов, ведущей организации. Это резко повысит репутационную ответственность массы людей — в особенности если отзыв будет, как это часто случается, формальным, написанным как под копирку или вообще самим защищающимся. И если диссертация отклоняется ВАК или Минобрнауки по причине плагиата или отсутствия научной ценности, то текст диссертации с фамилиями руководителя, научного консультанта и прочими лицами, участвовавшими в подготовке этой работы, будет висеть в широком доступе десять лет. Это фактически черный список. Это замаранная репутация ученых, которые пропустили недобросовестные заимствования, написали формальный или проплаченный отзыв и т.д. «Дурь каждого будет видна», как говорил Петр I. Эффективность столь, как мне кажется, важного и этапного решения проявляется уже сейчас: резко повысилась ответственность базовых организаций, которые представляют к защите диссертации, многие уже отказываются быть ведущими, многие ученые отказываются выступать оппонентами, писать отзывы. Мы реально видим, что число людей, выходящих на защиту диссертации, уменьшилось. Безусловно, это



вызывает ряд неудобств, но пусть лучше будет так, нежели в научной среде продолжают действовать и способствовать рождению новых поколений лжеученых те, чей научный потенциал под вопросом.

— Отзывы сообщества ученых на диссертацию не могут быть банально проигнорированы?

— Нет. Все отзывы в обязательном порядке должны доводиться до членов диссертационного совета. В какой форме — это еще будет определяться: в электронной, бумажной и т.д. Но члены совета будут обязательно знать обо всех поступивших на данную диссертацию отзывах — десятках, сотнях или тысячах, неважно — и, опираясь на них, принимать решение.

— Такой меры воздействия на ученую среду, как репутационный ущерб, достаточно? Ведь общество скептически относится к репутационной ответственности, веря лишь уголовному кодексу, да и то отчасти. Насколько, по-вашему, эта мера действенна?

— Эта мера прекрасно функционирует в большинстве стран мира, где ученые ценят свою репутацию в среде своих же коллег. Наиболее известный пример из не таких давних: история с министром образования Германии Аннете Шаван, которая добровольно подала в отставку из-за признаков плагиата в своей диссертации. У нас пока такие примеры — редкость, но тоже встречаются: в прошлом году в одном случае с министром науки и промышленности Москвы, в другом — с профессором Православного Свято-Тихоновского гуманитарного университета. Они оба сами написали заявления о лишении их уже присвоенных им ученых степеней, и ВАК удовлетворил их ходатайства.

Мы сейчас посвятили все силы созданию такой саморегулирующейся системы, где ученые оценивали бы друг друга по научному потенциалу, где репутация встала бы на первое место в линейке ценностей, определяя положение в обществе, карьеру, зарплату. Поверьте, это эффективная мера с дальним прицелом, она обязательно работает.

На звание PhD перешли все наши ближайшие соседи по СНГ — страны Балтии, Грузия и т.д. Аспиранты, которые собираются ехать в Россию, спрашивают: а я PhD у вас получу? Или я увезу обратно какой-то диплом кандидата наук? Например, в Казахстане есть рекомендация не ехать в те страны, где не дают PhD. Они теперь посылают своих аспирантов в Польшу или Венгрию, но не в Россию

— Касательно системы обеспечения прозрачности защит диссертаций путем их выкладки в Интернет на рассмотрение членами научного сообщества: можно ли будет таким образом на начальном этапе отсеять малозначимые с научной точки зрения науки работы, чтобы они не доходили до этапа защиты?

— Если автор диссертации увидит, что сообщество ученых дало негативные отзывы, что в работе сплошные некорректные заимствования, что в ней нет ничего нового, свежих мыслей, решенной проблемы и т.д., то он вполне может и снять диссертацию, не дожидаясь защиты. Ведь текст будет доступен в Интернете специалистам в течение четырех месяцев — за это время все, что в нем не так, будет обнаружено. В этом и есть смысл саморегулируемого экспертного сообщества. В последнее время, к сожалению, из формулировки «защита диссертации» исчезает слово «защита», т.е. обязанность бороться

за свои идеи, с которыми не все согласны. А если все согласны (чего в принципе быть не должно), давайте тогда слово «защита» уберем и оставим слово «банкет». Сразу на банкет.

— Сегодня, согласно установленному порядку подачи апелляций на предположительно липовую диссертацию, первое ее рассмотрение проходит в том же самом диссовете, где проходила в свое время защита, т.е. теми же людьми, которые и пропустили эту липу. Насколько такая процедура корректна?

— Действительно, по процедуре именно так и происходит. Но дело в том, что любое заключение диссертационного совета все равно затем выносится на экспертный совет ВАК. И если те люди, у которых защищался липовый диссертант, сделают попытку заявить, что в его работе все в порядке, что нет никаких замечаний и предложений, а мы в ВАК потом аннулируем диссертацию, то такой диссовет будет однозначно закрыт.

— Нельзя не затронуть в беседе ваших своего рода коллег и, по сути, добровольных помощников — сообщество «Диссернет», которое известно своими многочисленными скандальными разоблачениями диссертаций известных политиков и чиновников. Министр Дмитрий Ливанов в интервью «Коммерсанту» назвал их деятельность вредной и наносящей ущерб научному сообществу. Как вы оцениваете деятельность этих людей?

— Может быть, я и не прав, но то, что «Диссернет» пишет в Интернете, я ни разу не смотрел. Если рассматривать его как источник информации, то на это просто нет времени из-за загруженности ВАК работой с многочисленными письменными заявлениями от граждан, на которые мы обязаны реагировать. Кроме того, опираться на слухи из «Диссернета», публикуемые в Интернете, — не дело ВАК. Мы не игнорируем их информацию и готовы брать ее в работу, но не прочитав где-то в чьем-то блоге, а лишь в том случае, когда распечатка из «Диссернета» приложена к официальному заявлению — от конкретного человека, на конкретную диссертацию, с четко сформулированными претензиями. Тогда мы обязаны пустить это в работу. Разыскивать в Интернете кем-то выложенный и не подтвержденный компромат, а потом реагировать на него — это не стиль ВАК, наш принцип — работа с официальными обращениями. Не надо отправлять нам ссылки на блоги, где выложены страничные анализы диссертации кого бы то ни было, да еще и защитившегося более трех лет назад. Мы, повторюсь, работаем только с заявлениями в установленном порядке и, тем более, юридически не можем ничего предпринимать после истечения срока давности. А ученое сообщество может действовать, причем без помощи ВАК, без посредства Минобрнауки. Мы сейчас и работаем над тем, чтобы это сообщество и его мнение стали влиятельными в научной среде, чтобы оно само начало вытеснять, выдавливать из себя тех, кто получил звание ученого нечестным путем.

— В последнее время много говорят о нестыковках российской системы присвоения ученых званий

с общемировой, о том, что наше звание «кандидат наук» может вскоре исчезнуть. Прокомментируйте эту ситуацию, пожалуйста.

— Проблема заключается в том, что наш кандидат наук в таком виде, в каком он существует, становится архаизмом для мировых систем, функционирующих по Болонскому процессу, где действует система *BMD* — бакалавр, магистр, доктор. Речь идет в первую очередь о *PhD* — универсальной формулировке «доктор философии», принятой повсеместно. На звание *PhD* перешли все наши ближайшие соседи по СНГ — страны Балтии, Грузия и т.д. И аспиранты, которые собираются ехать в Россию, спрашивают: а я *PhD* у вас получу? Или я увезу обратно какой-то диплом кандидата наук? Например, в Казахстане есть рекомендация не ехать в те страны, где не дают *PhD*. Они теперь посылают своих аспирантов в Польшу или Венгрию, но не в Россию.

Да, сейчас идет интеграция российской системы подготовки научных кадров в мировую систему. И лично я выступаю сторонником сохранения двухуровневой системы подготовки: кандидат наук и доктор наук, условно говоря. Но при этом понимаю, что мы, сохраняя нашего кандидата наук, при этом неизбежно должны так его трансформировать, чтобы он стал равен *PhD*, и ввести степень *PhD*, сохранив степень доктора наук. Тогда к нам опять поедут аспиранты. Иначе мы самоизолируемся, собственный путь здесь опасен, есть риск наступить примерно на те же грабли, как в свое время с широкой железнодорожной колеи: в результате мы уже более сотни лет претерпеваем огромный экономический ущерб при эксплуатации трансграничных железнодорожных составов.

— Насколько актуальна докторская диссертация в ее классическом стиле — в виде огромного многостраничного труда, требующего колоссальных временных затрат? При этом человек может быть уже вполне состоявшимся ученым, имеющим множество новых идей и исследований в своей сфере и т.д.

— Да, эта проблема известна, есть множество ученых, которые говорят: «Я хочу заниматься наукой. Зачем меня заставляют писать диссертацию?» И мы сейчас вплотную занимаемся разрешением подобной ситуации. В этом году должно быть издано постановление правительства о системе присвоения ученых степеней ведущими научными учреждениями и университетами самостоятельно — без ВАК, без министерства. С 1 января 2015 г. мы запускаем пилотный проект: в целом ряде институтов РАН и ведущих вузов уровня МГУ и СПбГУ докторскую в том виде, в каком она существует сейчас, писать будет не нужно, человек представит на защиту только короткий автореферат и свои научные труды в виде публикаций в авторитетных журналах. И больше ничего писать не потребует. На основе уже имеющихся трудов его состоятельность как исследователя будут оценивать коллеги-эксперты из утвержденного диссертационным советом университета комиссии из тех ученых, которые за последние три года имели публикации в ведущих научных журналах именно по этой специализации.

! Справка

Владимир Михайлович Филиппов

Доктор физико-математических наук, профессор, академик РАО (2003), председатель ВАК (2013).

- ✓ Родился в Урюпинске Волгоградской области. В 1968 г. поступил в Университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы и в 1973 г. окончил факультет физико-математических и естественных наук по специальности «Математика». Защитил докторскую диссертацию в Математическом институте им. В.А. Стеклова РАН по специальности «Математический анализ» (1986).
- ✓ В 1993 г. был избран ректором Российского университета дружбы народов и оставался на этом посту до 1998 г.
- ✓ С 1998 по 1999 г. занимал должность министра общего и профессионального образования Российской Федерации. С 1999 по 2004 г. был министром образования РФ.
- ✓ В 2001 г. избран членом-корреспондентом, в 2003 г. — действительным членом Российской академии образования, в 2004 и 2008 гг. — членом президиума РАО.
- ✓ С 2000 г. — заведующий кафедрой сравнительной образовательной политики, созданной в РУДН и имеющей статус Международной кафедры ЮНЕСКО.
- ✓ Автор более 200 научных работ, в том числе 30 монографий, две из которых переизданы в США Американским математическим обществом на английском языке.

Такая реформа пока вступает в силу в порядке эксперимента. Но этот эксперимент обязательно будет внедрен в качестве постоянно действующей системы. И каждый год на конкурсной основе число организаций, участвующих в эксперименте, может расширяться. А форма защиты докторских в виде научного доклада, по которой могли идти диссертации многих чиновников и депутатов, с чьими работами впоследствии происходили скандалы, исчезает. Отныне прозрачность обеспечивается требованием размещения текста диссертации в Интернете, чего нельзя сделать с докладом, который мог бы стать очередной лазейкой для желающих получить научную степень лжеученых. Поэтому защита в форме доклада запрещена, диссертация обязательно публикуется в Сети для всеобщего доступа, кроме того ряд особо отобранных вузов и институтов РАН получит право оформлять диссертацию списком имеющихся у кандидата работ. Не хотите писать объемистый труд — идите в эти институты академии наук, в МГУ и другие ведущие вузы, представляйте совокупность своих работ и получайте докторскую или кандидатскую степень. Это несложная процедура, но только если вы действительно истинный исследователь и обладаете научным потенциалом. ■

Беседовал Евгений Балабас



QCRAFT, модификация игры *Minecraft*, знакомит игроков с запутанностью квантовых состояний и другими странностями квантового мира

Алан Гершенфельд

**И Г
РАЗУМА
Р Ы**

*Компьютерные игры могут изменить лицо образования,
но для начала игровым дизайнерам, учителям и родителям
придется умерить как восторги, так и страхи*

ОБ АВТОРЕ

Алан Гершенфельд (Alan Gershenfeld) — сооснователь и президент компании *E-Line Media*, издателя компьютерных и видеоигр, отраслевой исследователь-учредитель Центра по изучению компьютерных игр и их воздействия при Университете штата Аризона. На ежегодном Всемирном экономическом форуме в Давосе, Швейцария, он представит свой доклад о том, как использовать видеоигры на благо общества.



В 1993 г. лицом индустрии видеоигр была игра *Mortal Kombat*. В этом файтинге (жанр компьютерных игр, имитирующих рукопашный бой малого числа персонажей в пределах ограниченного пространства, называемого ареной) на основе боевых единоборств два игрока мутузят друг друга до тех пор, пока один из противников не окажется в нокауте, после чего игра предлагает опцию кровавого добивания (*Fatality*). Один из бойцов может обхватить голову противника и вырвать ему хребет из тела. Немудрено, что родители, учителя и политики были в шоке. Конгресс провел слушания, посвященные компьютерным играм и их влиянию на молодежь. Этот эпизод привел к созданию Комиссии по оценке компьютерных игр, которая сегодня устанавливает для игр возрастные ограничения.

Когда я в 1993 г. начал заниматься видеоиграми, мои друзья и родные подумали, что я немного не в себе, поскольку из-за этого мне пришлось отказаться от успешной карьеры независимого кинопроизводителя. Они были убеждены, что видеоигры — это в лучшем случае несерьезно, а в худшем опасно. Тем не менее, вступив в должность руководителя студии *Activision*, известного издателя компьютерных видеоигр, я быстро понял, что игры гораздо более разнообразны и причудливы, чем это может показаться. Они были не только новым средством развлечения — они были новой формой искусства.

По сути, видеоигры имеют дело со словами, обозначающими то, что игрок делает. В то время как большинство людей сосредоточено на действиях, характерных для игр из категории «экшн», — бежать, прыгать, драться, стрелять, — меня всегда увлекали игры-приключения, игры-стратегии, игры-симуляторы, игры-головоломки. Ходы в них связаны с разведкой, оценкой, выбором, решением и поиском выхода. Например, ролевой экшн *Spycraft*, который мы разработали вместе с бывшим шефом ЦРУ Уильямом Колби (William Colby) и бывшим генерал-майором КГБ Олегом Калугиным, помещает игроков в ситуации из реальной жизни, в которых они сталкиваются

со сложным морально-этическим выбором. В моделирующей игре *Civilization: Call to Power* игрокам приходилось принимать сложные решения, чтобы построить и сохранить империю, поддерживая баланс культурных, дипломатических, военных и научных достижений.

Хотя эти игры завоевали множество преданных поклонников, они все же были менее популярны по сравнению с масштабными играми жанра «экшн». К середине 1990-х гг. компьютерные видеоигры ассоциировались у публики с шутерами («стрелялками») от первого лица, где игроки быстро перемещались в трехмерном пространстве, уничтожая врагов из оружия. Когда же выяснилось, что старшеклассники, учинившие в 1999 г. массовое убийство в школе «Колумбайн» с применением стрелкового оружия, были ярыми поклонниками этого жанра, видеоигры вновь стали вызывать недовольство.

Сегодня разница в восприятии компьютерных видеоигр велика как никогда. С одной стороны, конференции, статьи и книжные бестселлеры доказывают нам, что игры и «геймификация» (использование принципов, заложенных в игровых программах, для решения реальных проблем) могут спасти мир. С другой стороны, родители сопротивляются тому, что их дети слишком много времени проводят в цифровом информационном пространстве — в среднем около восьми часов в день. Какой отец будет спокойно смотреть, как его ребенок часами расстреливает виртуальных человечков из тяжелых орудий?

И все же факт остается фактом: игры обладают огромным потенциалом, который может способствовать решению проблем образования в XXI в. Моя компания *E-Line Media* сотрудничает с Национальным научным фондом, Смитсоновским институтом, Агентством международного развития США, благотворительными фондами — Фондом Билла и Мелинды Гейтс, Фондом Макаруров и Фондом AMD (*Advanced Micro Devices*, крупнейший производитель интегральной электроники), Агентством перспективных исследований Министерства обороны США

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Новейшие исследования показывают, что видеоигры обладают огромным потенциалом в обучении. Хорошая игра развивает сложные навыки высшего порядка — логическое мышление, способность к решению задач, навыки совместной работы, с чем традиционная педагогика зачастую не справляется.
- Но сегодня рекламная шумиха опережает реальные успехи. Гейм-дизайнеры в сотрудничестве с педагогами и учеными должны создать такие игры, которые помогали бы учиться и в которые хочется играть — как на уроках, так и после школы.



Учащиеся нью-йоркской школы *Quest to Learn* играют в игру *Gamestar Mechanic*, которая учит основам гейм-дизайна — творческого процесса, в котором задействованы многие навыки высшего порядка, выделенные в программе общеобразовательного стандарта «единого ядра»

(DARPA), Управлением науки и техники администрации президента, корпорациями *Intel* и *Google*, Центром битов и атомов Массачусетского технологического института, Центром по изучению компьютерных игр и их воздействия при Университете штата Аризона — и это далеко не полный список. Цель сотрудничества — попытаться понять, как можно использовать видеогames для повышения качества образования. Как выясняется, чтобы поставить это дело на широкую ногу, потребуются большой объем научных исследований.

Выпускной класс 2024 года

Через десять лет сегодняшние второклассники закончат среднюю школу. К тому времени в мире будет жить около 8 млрд человек. Им, уже взрослым людям, придется приспосабливаться к климатическим изменениям, нехватке воды, урбанизации и прочим трудноразрешимым проблемам. Они должны будут работать по специальностям, которых сегодня еще нет, осваивать технологии, которые пока не разработаны, и формировать у себя навыки, которые невозможно заменить автоматикой или отдать на откуп дешевой рабочей силе. Им понадобятся знание наук и навыки грамотного поведения в социуме. Им потребуются умение разбираться в сложных системах, критически мыслить, принимать решения, основанные на фактах (зачастую новых или противоречивых), и проявлять настойчивость вопреки трудностям.

Школ, которые с успехом развивают эти способности, слишком мало. Большинство детей поступают в начальную школу с искренним интересом к тому, как устроен мир, но зачастую мы выбиваем из них это любопытство уже в средних классах. В Америке каждые восемь секунд один ученик бросает общеобразовательную государственную школу; только по этой причине в следующие десять лет страна потеряет \$3 трлн из-за сокращения зарплат, производительности труда и налогов. 46% студентов не могут закончить колледж в течение шести лет с любыми оценками.

Очевидно, что многим детям образование в его привычной форме не представляется чем-то нужным и увлекательным. А вот цифровые игры их захватывают: в них

играют 97% американских подростков. К счастью, даже те игры, которые, казалось бы, не несут в себе ничего полезного, могут иметь долговременное положительное влияние на психику ребенка. Психолог из Женевского университета Дафна Бавелье (*Daphne Bavelier*) доказала, что жестокие игры жанра «экшн» со временем увеличивает нейропластичность игрока и его способность к обучению, улучшают зрительное восприятие и основанную на восприятии способность к принятию решений, оттачивают умение концентрироваться, развивают пространственное мышление (умение мысленно «вращать» объекты).

Компьютерные и видеогames отличаются от других популярных медиа тем, что они интерактивны и предполагают личное участие. Они позволяют игрокам выступать в разных ролях (ученого, путешественника, изобретателя, политического лидера), ставить задачи, делать выбор и оценивать его последствия. Игры дают возможность действовать на своем уровне и не бояться ошибиться. Но самое главное — они дают игрокам свободу воли, т.е. способность влиять на ситуацию как в виртуальной, так и в реальной среде.

Ученые находят непосредственную связь между хорошим игровым дизайном и эффективностью обучения. Это исследование проводится в то время, когда в сфере образования происходит большая неразбериха. В школы повсеместно приходят недорогие планшеты и ноутбуки, но большинство учителей все еще не знают, как их использовать в классной работе. По всей стране школы заняты внедрением новых общегосударственных стандартов «единого ядра» и «образовательных стандартов нового поколения», ориентирующихся на навыки высокого уровня, но традиционные учебные планы и традиционное преподавание не способны в полной мере им соответствовать.

Обучение с помощью компьютерных игр поможет преодолеть многие из этих трудностей. Педагоги смогут воспользоваться играми как поводом пересмотреть школьные программы. Учащиеся могут применять их для тренировки критического мышления, навыков решения задач, навыков коллективной работы и развития



В игре «Я не одинока» (*Never Alone*) девочка из племени инупикув должна остановить Человека-Бурана, антропоморфное воплощение беспощадной снежной бури в устной традиции народов Аляски. Справа: концептуальный рисунок, на котором земля пробуждается к жизни.

творческих способностей. Игры способны вернуть ученикам радость и интерес к наукам и научному исследованию.

Это была хорошая новость. Плохая же заключалась в том, что существует вилка между желаемым и действительным. Большинство обучающих проектов на основе игр с огромным трудом переходят от этапа исследований к этапу широкого применения в образовании. Как результат, все разговоры вокруг игр и игрового обучения могут показаться пустой болтовней.

Мы с моим коллегой Майклом Ангстом (*Michael Angst*) основали компанию *E-Line Media*, чтобы помочь ликвидировать эту вилку. Но для этого потребуются не одна компания. Лучшим гейм-дизайнерам отрасли придется сотрудничать с учеными и педагогами, чтобы создавать игры с использованием результатов новейших исследований в сфере обучения, поведения и нейробиологии.

Классные игры

Игры будут оказывать существенное влияние на процесс обучения, когда станут неотъемлемой частью школьной жизни. Этого можно добиться двумя путями — с помощью «конечных» игр, имеющих завершение (например, игр-стратегий, в которых можно победить), и через реструктуризацию обучения на основе принципов игрового дизайна.

Недавние исследования проясняют наше понимание обоих подходов. Например, ученые из Галереи обучающих игр Массачусетского технологического института в сотрудничестве с разработчиками игры для развития финансовой грамотности *Celebrity Calamity* продемонстрировали, что игры с ограничением по времени, имеющие заданную цель, могут служить полезным «разогревом» перед обычным учебным занятием. В эксперименте исследовались две обучающие последовательности: в первом случае студенты сначала играли в игру, а потом слушали лекцию, во втором — наоборот. Оказалось, что слушатели, которые воспринимали лекцию без подготовки, не знали, на что им обращать внимание; те же студенты, которые сначала поиграли в игру, лучше ориентировались в теме и проявляли к ней больший интерес.

Учителя, которые сами выросли на играх, особенно умело используют игровые методики в классной работе. Например, двое преподавателей общественных наук из Техаса, огорченные нелюбовью учеников к школьной истории, разработали учебную программу по истории для средних классов. За основу они взяли находящуюся в свободной продаже игру «Цивилизация». Свой курс они назвали *Historia*. На листах ватмана команды учеников рисовали вымышленные цивилизации, которые соперничали друг с другом и с великими империями прошлого. Ученики углублялись в изучение истории, чтобы понять, как их решения отразятся на экономической, военной и культурной мощи их цивилизаций. Сначала учителя сталкивались с неприятием со стороны родителей и администрации школы, но когда оценки учеников на стандартных тестах поползли вверх, все возражения сразу исчезли. В компании *E-Line* мы сегодня трудимся над разработкой цифровой версии курса *Historia*. Пилотная версия игры выйдет этой весной, а окончательная — осенью.

Как выясняется, создание хорошей видеоигры требует целого ряда сложных навыков — аналитического и системного мышления, умения выработать и проверять теории, творческих способностей, умения работать в команде сверстников и наставников. Поэтому в медиалаборатории Массачусетского технологического института разработали язык программирования *Scratch*, который позволяет даже детям дошкольного возраста создавать игры. Компания *Microsoft* создала аналогичный инструмент под названием *Kodu*. А в средних школах и колледжах все чаще предлагают курсы по изучению программных инструментов, используемых профессиональными разработчиками игр, таких как *Unity*, *Flash* и *Java*. В компании *E-Line* мы тоже работаем над игровой программой *Gamestar Mechanic*, которая делается совместно с Фондом Макартуров и некоммерческой организацией «Институт игры» из Нью-Йорка. Игра предназначена для школьников от 8 до 14 лет. Работая индивидуально или в группах, дети на компьютерной платформе *PC* или *Mac* изучают основы гейм-дизайна, играя и исправляя неработающие игры. На специальном сайте они могут

делиться информацией и координировать работу над играми. Там же можно рецензировать игры, развивать свои идеи, отстаивать дизайнерские решения. Программа *Gamestar Mechanic* выпущена осенью 2010 г., и с тех пор ею стали пользоваться более 6 тыс. школ и других образовательных учреждений. С ее помощью учащиеся создали более 500 тыс. оригинальных игр, которые прошли испытания более 15 млн раз в 100 странах.

Гейм-дизайнеры также адаптируют для классной работы имеющиеся на рынке продукты. Например, *SimCityEdu* — это учебная версия знаменитой моделирующей игры *SimCity*, созданной при участии Фонда Билла и Мелинды Гейтс, Фонда Макартугов, компании-производителя игр *Electronic Arts*, Ассоциации производителей компьютерных игр, Института игр, издательства *Pearson* и Службы тестирования в сфере образования, которая проводит тесты *SAT* (*Scholastic Assessment Test*, академический оценочный тест). Корпорация *Valve* также выпустила обучающую версию своей популярной игры *Portal*, где игрок оказывается в таинственной лаборатории исследования порталов и должен решить серию головоломок, чтобы выжить. Образовательная версия этой игры *Teach with Portals* рассчитана на то, чтобы «физика, математика, логика, пространственное мышление, теория вероятностей, решение задач были интересной, веселой — просто классной! — работой».

Ненавязчивое обучение

Дети вряд ли по собственному желанию бросятся на досуге играть в *Call of Duty: Calculus*. Однако мы верим, что у компьютерных игр, исследующих сложные темы и открывающих новые горизонты, будет широкая аудитория (конечно, если это на самом деле интересные игры). Подтверждение мы находим в других отраслях массмедиа. В частности, кинокомпания *Participant Media* удалось снять успешные фильмы, которые «вдохновляют и ускоряют перемены в обществе». Примерами могут служить такие картины, как «Доброй ночи и удачи», «Сириана» и «Линкольн».

Мы полагаем, то же самое может произойти и с играми. У игровых дизайнеров тоже есть семьи, поэтому эти люди скорее захотят использовать свое ремесло на благо подрастающего поколения, чем возьмутся сделать еще одну «стрелялку» за \$50 млн.

Наш первый большой проект в этом направлении — это сотрудничество *E-Line Media* с Советом племен Залива Кука (*CITC*). Эта организация — пионер в оказании социальных услуг коренным народам Аляски. *CITC* открыл и первую в США компанию-производителя видеоигр, которой владеют представители коренных народов, — *Upper One Games*. Вместе мы работаем над созданием нового жанра игр — народного сказания. Этот жанр имеет исключительную важность в передаче культурного наследия и народной мудрости новым поколениям. Первая такая игра, которую мы выпустим в продажу, — приключенческий экшн под названием «Я не одинока» (*Never Alone — Kisima Inigittchuna*). Здесь игроку предлагается действовать в роли девочки из племени

инуитов, которой приходится бороться за выживание. Посреди сурового и прекрасного арктического ландшафта в компании со спутником — молодым лисом игроку предстоит преодолевать преграды и справляться со своими страхами. Игра оформлена как серия связанных друг с другом историй, которые старейшины племени рассказывают молодым. И повествование, и внутренняя механика игрового процесса помогают понять, насколько независимость мышления, способность к адаптации и гибкость в принятии решений важны для выживания в трудных обстоятельствах. В игру можно будет играть как на приставках типа *Sony PlayStation* и *Microsoft Xbox*, так и на компьютере обеих популярных платформ (*PC* и *Macintosh*).

Впрочем, пока самый яркий пример обучающей игры, которая к тому же хорошо продается, — это *Minecraft*. За всю свою карьеру я не встречал ничего подобного. Это оригинальная разработка шведского программиста Маркуса Перссона (*Markus Persson*), которая стала явлением мирового масштаба: в нее играют более 25 млн

Сознавая, что игры открывают широкие возможности в образовании, мы все-таки должны разобраться в их достоинствах и недостатках. Многие родители, учителя и общественные деятели выражают по поводу игр свои опасения

человек, в основном дети от восьми до 12 лет. Игроки в *Minecraft* свободно перемещаются и строят миры из блоков, каждый за себя или в команде. В режиме выживания игрок должен построить себе убежище до темноты, когда на охоту выходят монстры. Для этого игрок должен найти источник ресурсов («шахту») и создать инструменты («крафт»). Защитившись от монстров, игроки могут строить все что угодно (в творческом режиме врагов нет). На *YouTube* можно пробежать глазами образцы построек в *Minecraft*: там есть модели практически каждого знаменитого здания на планете — Эйфелева башня, Тадж-Махал... Мне больше всего понравилась уменьшенная модель Запретного города в Пекине, построенная почти из 4,5 млн блоков и снабженная американскими горками, с которых этот город можно осмотреть.

Minecraft — это не только творческая игра с эффектом погружения, это еще и отличная игровая платформа, позволяющая сделать изучение почти любого предмета увлекательным занятием. В последнее время мы вместе с *Google*, Калифорнийским технологическим институтом, компанией *TeacherGaming* (один из ее основателей —

Джоэл Левин (Joel Levin), преподаватель частной школы в Нью-Йорке, который начал использовать *Minecraft* на уроках сразу, как только эта игра появилась и, став известным «учителем по *Minecraft*», вскоре приобрел последователей по всему миру) и ведущим моддером игры *Minecraft* Дэниелом Рэтклиффом (Daniel Ratcliffe) работали над созданием *qCraft*, модификацией («модом») *Minecraft*, открывающей для игроков причудливый мир квантовой механики.

Для иллюстрации концепции влияния наблюдателя на исход эксперимента игровые блоки в *qCraft* меняют форму и цвет в зависимости от того, кто на них смотрит и с какой стороны. Составные блоки неразрывно связаны между собой, даже если удалены друг от друга на большое расстояние. Совмещенные блоки представляют собой более одного предмета одновременно.

В ноябре прошлого года Левин в блоге, посвященном игре *qCraft*, так объяснил смысл проекта: «К тому времени, как нынешние семилетки закончат университеты, квантовые компьютеры могут стать обычным явлением <...>. Сложнейшие задачи в медицине, аэрокосмической технике, статистике и других отраслях будут решаться с помощью машин, оперирующих кубитами (квантовыми битами), а не битами <...>. Мы твердо уверены: когда молодые люди, которые играли в *qCraft*, впоследствии столкнутся с этими сложными концепциями, у них уже будет хорошее интуитивное понимание таких вещей».

Следующий ход

Соглашаясь с тем, что игры открывают широкие возможности в образовании, мы все-таки должны как следует разобраться в их достоинствах и недостатках. Многие родители, учителя и общественные деятели выражают свои опасения. Их постоянная тревога связана с темой насилия, а именно: приводит ли виртуальное насилие в играх к насилию в реальной жизни? На эту тему высказываются крайне противоречивые точки зрения. Производители компьютерных игр указывают на такие страны, как Япония и Южная Корея, где больше всего заядлых поклонников жестоких игр, но при этом там отмечается один из самых низких уровней вооруженного насилия в мире. Они также цитируют многочисленные исследования, доказывающие, что, хотя жестокие компьютерные игры и могут спровоцировать кратковременную агрессию, но связь между ними и тем типом насильственного поведения, которое демонстрируют, например, «школьные стрелки», все же отсутствует. Со своей стороны, родители ссылаются на ворох исследований, подтверждающих определенную зависимость между играми и насилием. Если игры могут способствовать обучению, говорят они, стоит ли логически исключать и их возможное негативное влияние на детей?

Дело в том, что агрессивное поведение имеет сложную природу и объясняется набором социальных и биологических факторов. Необходима целая программа исследований для объективного изучения воздействия, которое компьютерные игры оказывают на играющего в разных

обстоятельствах. Такое исследование помогло бы индустрии игр, политикам, родителям и педагогам, а также правоохранителям и психиатрам максимально использовать преимущества игр и свести к минимуму их негативное влияние.

Все больше родителей также обеспокоены тем, сколько времени их дети проводят за играми. Потребление в сфере цифровых медиа похоже на потребление пищевых продуктов: здесь так же важна сбалансированная диета, и у каждого человека она своя. Чем лучше родитель знает своего ребенка, чем больше он с ним общается, тем лучше для ребенка. Играя в компьютерные игры вместе со своими детьми, родители начинают лучше понимать, что происходит: они смогут сказать, занимается ли их чадо кодированием в *Minecraft* или ведет «смертельный бой» в *50th Hunger Games* (это популярная модификация *Minecraft* на основе книжной трилогии Сьюзен Коллинз «Голодные игры»). Новаторские подходы в игровом дизайне также могут оказаться полезными. Игры можно приспособить к сокращенному игровому циклу или добавить в игровой процесс реальную активность — например, физические упражнения, измеряемые датчиком перегрузки или ускорения.

В ближайшие десятилетия видеоигры получат еще большее развитие. Благодаря прогрессу технологий и гейм-дизайна они станут гораздо более реалистичными, причудливыми и тематически разнообразными. Мы станем свидетелями того, как игры проникают в устройства, поддерживающие виртуальную реальность, в портативные компьютеры и т.д. Новые технологии откроют возможности использования игр на благо общества. Не исключено, что озабоченность как родителей, так и политиков будет только нарастать. Поэтому так важно уже сегодня уделять видеоиграм то внимание, которого они заслуживают. ■

Перевод: С.В. Гогин

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Вестербака П. Кстати о злых птичках / Обучение в компьютерном веке // ВМН, № 10, 2013.
- Situationally Embodied Curriculum: Relating Formalisms and Contexts. Sasha Barab et al. in Science Education, Vol. 91, No. 5, pages 750–782; September 2007.
- Children, Wired — For Better and for Worse. Daphne Bavelier, C. Shawn Green and Matthew W. G. Dye in Neuron, Vol. 67, No. 5, pages 692–701; September 9, 2010.
- Digital Games for Learning: A Systematic Review and Meta-Analysis (Executive Summary). D. Clark et al. SRI International, August 2013 (draft). www.sri.com/sites/default/files/brochures/digital-games-for-learning-exec-summ_0.pdf-summ_0.pdf

24Т ХНО

НАУЧНО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫЙ ТЕЛЕКАНАЛ
О ТЕХНИКЕ, ТЕХНОЛОГИЯХ
И НЕВЕРОЯТНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ



Разгнать дурака на 1 апреля можно по-разному. Можно издать ступ козле или отправить к нему дистанционно управляемый летательный аппарат. Прикрепить на спину надпись "Ты идиот" или использовать нейроны его мозга, чтобы повлиять физиологические показатели.

-  24techno.ru
-  fb.com/24techno.ru
-  vk.com/24techno
-  twitter.com/#!/24techno
-  24techno.livejournal.com



Телеканал "24 Techno" показывает программы и документальные фильмы о тайнах искусственного интеллекта, новейших роботах, материалах будущего и многом другом - что интересно, настоящие технологии!

- «Жизнь с роботами»
- «Скрытая революция»
- «Секрет искусственного интеллекта»
- «Мир завтрашнего дня»
- «Хакеры»
- «Эволюционные технологии»

12+

ТЕХНОМАНИЯ

ИЗОБРЕТЕНИЯ, МЕНЯЮЩИЕ НАШ МИР

с 1 апреля в 20:00

СПРАШИВАЙТЕ У ВАШЕГО ОПЕРАТОРА ПЛАТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

РЕКЛАМА



ОБ АВТОРАХ

Аврора Лепорт (Aurora LePort) — магистр нейробиологии в Калифорнийском университете в Ирвайне, проводит психологические и физиологические исследования людей с незаурядной памятью.

Джеймс Макгоу (James L. McGaugh) — профессор Калифорнийского университета в Ирвайне, специалист в области нейробиологии обучения и памяти, изучает взаимосвязь между памятью и эмоциями.



Аврора Лепорт и Джеймс Макгоу

Вспоминая
все,
что
было

Ученые обнаружили, что некоторые люди способны вспоминать детали события двадцатилетней давности так же хорошо, как если бы оно произошло вчера

Однажды, в конце весны 2000 г. один из авторов этой статьи (Джеймс Макгоу) получил письмо по электронной почте от женщины по имени Джилл Прайс (Jill Price), которая пыталась справиться с бренем собственной памяти. Послание гласило:

«Я сижу, пытаюсь разобраться с чего начать, как объяснить причину моего письма... Я лишь надеюсь, что вы сможете мне как-нибудь помочь. Сейчас мне 34 года, с 11 лет у меня появилась необыкновенная способность вспоминать свое прошлое... Я могу выбрать любую дату начиная с 1974 г. и подробно рассказать, какой это был день, что я тогда делала, что произошло важного. При этом я не смотрю на календарь и не читаю журналов 24-летней давности».

Несмотря на то что мы скептически отнеслись к письму, оно нас все-таки заинтриговало, и мы пригласили Прайс в исследовательский центр в Калифорнийском университете в Ирвайне, где изучали нейробиологические основы обучения и памяти. Через несколько месяцев, 24 июля, женщина пришла на прием. Мы ждали ее в этот день, поскольку записали дату визита на лабораторном календаре. А она, как мы быстро убедились, для запоминания подобных событий в нем не нуждалась.

В первой беседе мы были очень внимательны и искали какие-нибудь объективные способы протестировать Прайс. Возмозности быстро проверить ее рассказ о собственном прошлом не было, но мы могли спросить про известные события, произошедшие в течение ее жизни. У нас была только что изданная книга Шарон Лукас «XX век: день за днем», содержащая подборку ежедневных новостей за последние 100 лет.

Мы начали с середины 1970-х гг., когда Прайс впервые поняла, что обладает необыкновенной памятью. Мы спросили, что случилось 16 августа 1977 г., она быстро ответила, что в этот день умер Элвис Пресли. Затем мы поинтересовались про 6 июня 1978 г., она рассказала, что в тот день в Калифорнии было принято «Предложение 13», ограничивающее налоги на имущество. 25 мая 1979 г. произошло крушение самолета в Чикаго. 3 мая 1991 г. вышла последняя серия фильма «Даллас». И так далее. Каждый раз Прайс давала верный ответ.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Около 14 лет назад одна женщина рассказала о своей экстраординарной памяти на события далекого прошлого.
- История вызвала сотни отзывов от других людей, утверждавших, что они имеют схожие способности к запоминанию.
- Тестирование показало, что некоторые из них могут рассказать в деталях о событии, произошедшем несколько десятилетий назад.
- Сейчас нейробиологи изучают биологические основы исключительной автобиографической памяти.

Затем мы предложили обратный тест: мы спрашивали ее о том, когда произошло то или иное событие. Когда застрелили Дж.Р. (персонажа сериала «Даллас»)? Когда полицейские избили Родни Кинга (случай, послуживший началом массовых беспорядков в Лос-Анджелесе)? И опять каждый раз Прайс отвечала быстро и абсолютно правильно. В течение нашего тестирования она даже нашла ошибку в книге в дате захвата американских заложников в Иране в 1979 г.

Несмотря на то что большинство дат, о которых мы спрашивали, были связаны с публичными фактами, получившими большую огласку в СМИ, Прайс так же прекрасно помнила и менее заметные события. Она правильно вспомнила, что

джазовый певец и актер Бинг Кросби умер на поле для гольфа 14 октября 1977 г. Прайс услышала об этом по радио в одиннадцатилетнем возрасте, когда ехала в машине с матерью на футбольный матч.

Нам удалось проверить многие ее рассказы, читая дневник, который она подробно вела на протяжении многих лет. Некоторые личные воспоминания мы сверяли с нашими лабораторными записями: в одном из последующих интервью Прайс правильно назвала даты всех предыдущих встреч и содержание вопросов, которые ей были заданы.

После того как мы убедились в реальности такого «мысленного ежедневника», мы решили проверить, не распространяются ли эти способности на другие виды памяти. Мы выяснили, что у Прайс нет «фотографической памяти», т.е. она не помнит повседневную жизнь до мельчайших деталей. Она с трудом запоминает, какой из ключей подходит к какому замку, составляет списки покупок и не идеально запоминает факты наизусть.

Прайс способна мгновенно вспомнить день или неделю любого периода своей жизни после 11 лет. Ее воспоминания высокоорганизованны, легкодоступны и точны. Пока Прайс не пришла к нам в лабораторию, такой тип памяти, который мы назвали исключительной автобиографической памятью (ИАП, гипертимезия), никогда ранее не исследовался. Сейчас мы все больше углубляемся в понимание его психологических и биологических основ в надежде, что это позволит понять более общие процессы, лежащие в основе памяти в целом.

Часто ли встречается исключительная память?

В течение нескольких лет мы называли Джилл Прайс вымышленными инициалами А.Л., поскольку она не хотела никакой публичности. После выхода в 2006 г. статьи об ее экстраординарной памяти наша работа привлекла всеобщее внимание. Впоследствии Прайс решила выйти из тени и в 2008 г. опубликовала свои мемуары «Женщина, которая не может забыть».

С нами стали связываться и другие люди, считавшие, что и у них есть или могут быть подобные способности.



Когда Джилл Прайс написала ученым в Калифорнийский университет в Ирвайне, *начались исследования, которые в итоге привели к идентификации людей с исключительной памятью*

С помощью довольно строгих тестов мы выявили еще пять человек с исключительной автобиографической памятью. В декабре 2010 г. они выступили по телевидению в шоу «60 минут». Уже в течение нескольких часов после передачи мы получили сообщения по электронной почте от нескольких сотен людей. Многих из них мы протестировали по телефону, расспрашивая про спортивные и политические события, известных людей, праздничные дни, авиакатастрофы и другие важные происшествия.

Мы стали также набирать контрольные группы — людей того же возраста и пола, чтобы провести более организованное и точное тестирование. В процессе выяснилось, что некоторые из тех, кто говорил про свои уникальные воспоминания, хуже выполняли задания теста, чем испытуемые из контрольной группы. Очевидно, вера в свою исключительную память еще не означает ее наличие.

Около 40 человек, хорошо выполнивших тест, вместе с членами контрольной группы получили дополнительное задание: для каждой из десяти дат требовалось указать день недели, на какой она приходится, что знаменательного произошло и, наконец, какие события случились в их жизни в этот день. Люди из группы исключительной памяти ответили на все вопросы значительно лучше контрольных испытуемых.

Впоследствии 11 из них пришли в нашу лабораторию для дальнейшего тестирования. Сначала их попросили ответить на вопросы из их личного опыта, которые мы могли проверить: первый день в начальной школе и университете, празднование совершеннолетия, адрес и описание их первого самостоятельного места жительства, дата выпускного экзамена. Люди, предположительно имевшие исключительную память, значительно превосходили в точности испытуемых из контрольной группы: у них было 85% правильных ответов, а в контроле всего 8%. Мы пришли к выводу, что эти 11 человек в возрасте от 27 до 60 лет действительно обладают исключительной автобиографической памятью.

Мы попытались также охарактеризовать их с помощью других лабораторных тестов. Оказалось, что только два из восьми тестов они выполнили лучше: один на связь лиц и имен, другой на запоминание зрительных образов. Однако даже в этих случаях их результаты во многом перекрывались с показателями контрольной группы. Мы выявили несколько других отличий. Большинство таких людей были левшами, кроме того, у них обнаружилась повышенная склонность к формированию навязчивых идей. Личные индивидуальные беседы позволили выявить некоторые примеры их навязчивого поведения: патологическое накопительство имущества или чрезмерное стремление избегать контактов с потенциально различными объектами.

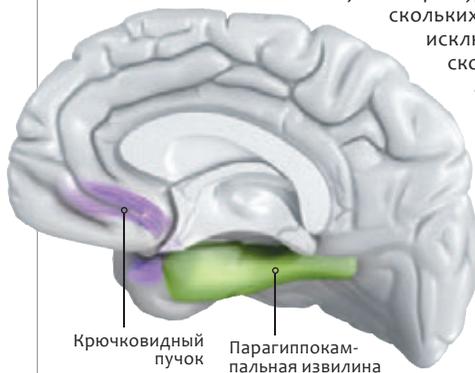
Далее у нас возник вопрос, связаны ли способности наших испытуемых с особенностями строения мозга. Действительно, с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) выяснилось, что некоторые отделы мозга у людей с исключительной памятью отличаются от таковых у представителей контрольной группы. Несколько областей серого (места скопления тел нервных клеток) и белого (отростки нервных клеток, покрытые электроизолирующей миелиновой оболочкой беловатого цвета) вещества отличались по своей форме и размеру. Так, структура белого вещества предполагала более эффективный обмен информацией между различными областями коры.

В других лабораториях с помощью функциональной МРТ и позитронно-эмиссионной томографии специалисты изучали активность данных областей и последствия их разрушения. Результаты показали, что эти структуры задействованы в формировании памяти на события жизни (автобиографической памяти). Так, в группе людей с исключительной памятью структура крючковидного пучка (нервного тракта, соединяющего височную и лобную доли мозга) способствовала лучшей связи, чем в контрольной группе. Интересно, что разрушение этих волокон приводит к нарушению автобиографической памяти.

Тестирование памяти

ЛАБОРАТОРНАЯ ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ ВОСПОМИНАНИЙ

Когда к ученым стали обращаться люди, утверждающие, что помнят все события нескольких прошедших десятилетий, возникла проблема, как можно это проверить. Группа исследователей из Калифорнийского университета в Ирвайне разработала многокомпонентный тест (графики справа), позволивший выявить у нескольких десятков человек наличие



исключительной автобиографической памяти (ИАП). Затем специалисты сконцентрировались на вопросе, чем мозг человека с исключительной памятью отличается от мозга человека с нормальной памятью. Было выделено две таких области, связанных с памятью: крючковидный пучок — нервный тракт, связывающий височную и лобную кору, и парагиппокампальная извилина.

Этап 1: проверка памяти на общественные события

Более трети обратившихся людей смогли вспомнить по меньшей мере 50% событий, освещавшихся в СМИ; это превышает уровень контрольной группы



Конечно, в отношении многих вопросов наши данные пока только позволяют строить предположения. Мы, например, не знаем, становятся ли подобные анатомические различия в строении мозга причиной исключительной памяти, или же они развиваются вследствие интенсивного использования. Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо выяснить, появляется ли исключительная память уже в раннем детстве. Если данная способность имеет генетическую основу, то в конечном итоге надо определить, какими генами это обеспечивается.

Суть явления

Результаты исследований позволили сделать несколько предварительных выводов. Во-первых, ИАП не развивается в результате упражнений. Люди с экстраординарной памятью выделяются по способности фиксировать то, что они узнали. Обычно люди со средними показателями памяти могут помнить многие детали произошедшего несколько дней назад события, но примерно через неделю информация у них стирается. У обладателей исключительной памяти воспоминания значительно более долговечны.

Во-вторых, мы знаем, что люди с исключительной автобиографической памятью не запоминают в точности все звуковые и зрительные образы, которые им встречаются. Их память не похожа на память Соломона Шерешевского — персонажа самой цитируемой книги Александра Лурии «Маленькая книжка о большой памяти (ум мнемониста)», написанной в 1968 г. про одного из пациентов, который мог с легкостью запоминать и воспроизводить огромный и довольно бессмысленный материал, например столбцы и строки цифр. Исключительная автобиографическая память не похожа и на память экспертов, с помощью интенсивных тренировок и разных приемов запоминающих материал наподобие числа «пи» с точностью до многих тысяч знаков.

Воспоминания испытуемых были менее детализированы, чем у пациента Лурии, но они были гораздо более точно связаны с определенными днем и датой. Мы знаем также, что подобные навыки возникают естественным образом, а не в результате упорных тренировок. Большинство вопросов, которые мы задавали, относились к воспоминаниям о событиях определенного дня, например какая тогда была погода. Маловероятно, что люди специально тратили время на выучивание фактов. На вопрос, как они получили подобные знания, люди с исключительной памятью обычно отвечали: «Я просто знаю, что это так». Хотя им нравится мысленно связывать дату и событие, им, как правило, совершенно не интересно знать, что произошло в те дни, пока они еще не родились.

Обычно люди с исключительной автобиографической памятью ценят свой талант. В этом они не похожи на героя одноименного рассказа Хорхе Луиса Борхеса «Фунес, чудо памяти». После падения с лошади Фунес приобрел способность детально запоминать все, что переживал: он мог вспомнить, как выглядел каждый лист на каждом дереве, которое он видел. Воспоминания мучили его, создавая ощущение, что вся жизнь — не более чем свалка мусора. И хотя Прайс говорила, что воспоминания тяготят ее, большинство людей наслаждаются ими, имея уникальный доступ к своему прошлому. Они обычно ведут активную профессиональную и социальную жизнь. Некоторые из них работают в развлекательной сфере: актриса Мэрилу Хеннер, телевизионный продюсер и эстрадный актер Роберт Петрелла, скрипачка Луиза Оуэн и радиоведущий Брэд Уильямс.

Наша работа по изучению ИАП — лишь одно из многочисленных исследований людей с необычными психологическими особенностями: нарушениями или, наоборот, улучшениями. Французский психолог Теодюль Рибо в 1881 г. писал: «Повреждение мозга нарушает формирование новых воспоминаний, при том что старые остаются

Этап 2: проверка памяти на дни недели

Участники группы с исключительной памятью прекрасно выполнили тест, правильно назвав дни недели, когда произошли те или иные общественные или личные события



Этап 3: когнитивное тестирование

Группа людей, предположительно имеющих исключительную память, показала более высокий результат в тесте на связь лиц и имен, но не отличалась в других тестах, например на кратковременную память



нетронутыми». Эта работа перекликается с исследованиями Бренды Милнер (Brenda Milner) из Университета Макгилла, выполненными в последние десятилетия. Она работала с Генри Молейсоном (Henry Molaison), более известным как пациент *Н.М.* Ее исследования помогли нам понять, что происходит, когда человек становится неспособным создавать новые автобиографические воспоминания. Генри Молейсон потерял такую способность после нейрохирургической операции: для лечения эпилепсии ему удалили в обоих полушариях медиальную височную долю. При этом он сохранил автобиографические воспоминания о событиях, предшествующих операции, а также у него была сохранена процедурная память (обучение различным моторным навыкам и движениям).

Данные, показывающие, что разные системы мозга отвечают за разные типы памяти, резко изменили направления дальнейших исследований. Новые открытия, свидетельствующие, что некоторые люди способны к надежному и длительному запоминанию как событий своей повседневной жизни, так и важных общественных происшествий, могут побудить ученых к созданию новых представлений о том, как мозг хранит и извлекает наши воспоминания.

Тренировка

Начиная с Германа Эббингауза (Hermann Ebbinghaus), изучавшего человеческую память еще в 1885 г., накопилось множество доказательств, что повторение укрепляет в памяти сведения, которые мы хотим запомнить. Более поздние исследования Генри Редигера (Henry L. Roediger) из Университета Вашингтона в Сент-Луисе и Джеффри Карпике (Jeffrey D. Karpicke) из Университета Пердью показали, что воспоминания становятся стабильнее, если их время от времени припоминать.

Однако если человек обладает обычной памятью, то даже упорные тренировки не позволят ему достичь

способностей людей с исключительной автобиографической памятью, которые ни разу не готовились к решению наших тестов. Макгоу много лет собирал доказательства того, что все мы способны к формированию очень устойчивых воспоминаний, касающихся эмоционально насыщенных событий. При этом важно отметить, что люди с исключительной автобиографической памятью быстро и надежно запоминают даже совершенно пустяковые случаи.

Несмотря на активное освещение наших исследований в СМИ, мы выявили только около 50 людей с ИАП из нескольких сотен потенциальных кандидатов. Почему же эта способность встречается столь редко? Возможно, она была крайне важна для человечества когда-то давно. До изобретения книгопечатания большая часть человеческой культуры хранилась в рассказах, устно передававшихся от поколения к поколению. В дописьменную эпоху столь огромная память давала своему обладателю более высокий статус. Однако необходимость в таких умственных способностях идет на убыль, и сейчас, с повсеместным внедрением компьютеров и смартфонов, вероятно, совсем исчезает.

Вероятно, что многие из тех, кого мы отсеяли на начальных этапах тестирования как не имеющих исключительной памяти, обладают другими особенностями памяти, которые нам только предстоит открыть. Например, среди них есть люди, отчетливо помнящие события своего прошлого, но совершенно не фиксирующие даты. Изучение их способностей может стать новым направлением исследований. Возможно, чтобы лучше понять работу человеческого мозга, нам и другим ученым стоит пересмотреть электронные письма четырнадцатилетней давности и обратить более пристальное внимание на рекорды человеческой памяти, а не на различные умственные отклонения.

Перевод: М.С. Багоцкая

Майнард Кульман

*Что
реально*

A single banana is positioned diagonally across the frame, set against a solid, bright yellow background. The banana is in sharp focus, showing its characteristic curve and stem. The lighting is even, highlighting the texture of the peel.

в реальности?

Физики говорят, что мир состоит из частиц и силовых полей, но совсем не ясно, что такое частицы и силовые поля в квантовом царстве. Возможно, на самом деле мир складывается из некоего набора свойств, таких как цвет и форма

ОБ АВТОРЕ

Майнард Кульман (Meinard Kuhlmann) — профессор философии Билефельдского университета, Германия, обладатель ученых степеней в области физики и философии, работал в университетах Оксфорда, Чикаго и Питсбурга. Будучи студентом, он заслужил репутацию любознательной личности. «Я задавал множество вопросов просто ради любопытства и потому, что они вызвали забавное замешательство», — говорит он.



Физики традиционно описывают Вселенную как состоящую из мельчайших субатомных частиц, которые отталкиваются от других или притягиваются друг к другу посредством силовых полей. Они называют свой предмет физикой элементарных частиц, а свои инструменты ускорителями частиц. Они придерживаются модели мира, построенной по принципу конструктора «Лего». Но такая точка зрения замалчивает один малоизвестный факт: интерпретация квантовой физики с помощью частиц, равно как и с помощью полей, размывает наше привычное представление о частице или поле до такой степени, что все больше ученых начинают думать, что мир, по всей видимости, сделан из чего-то совершенно иного.

Проблема заключается не в том, что у физиков нет полноценной теории, описывающей субатомное царство. Такая теория существует, и называется она квантовой теорией поля. Теоретики работали над ней с конца 1920-х до начала 1950-х гг., они объединили созданную ранее теорию квантовой механики с эйнштейновской специальной теорией относительности. Квантовая теория поля служит концептуальной основой для Стандартной модели физики элементарных частиц, которая описывает фундаментальные строительные кирпичики материи и их взаимодействие в рамках единой теории. С точки зрения точности соответствия экспериментальным данным, это самая успешная теория в истории науки. Физики используют ее в своей повседневной работе для вычисления последствий столкновения частиц, образования материи во время Большого взрыва, расчетов экстремальных условий внутри атомных ядер и многого другого.

Поэтому может показаться совершенно неожиданным, что физики не уверены даже в том, о чем говорит их теория, — в том, что представляет собой ее «онтологию», т.е. фундаментальную физическую картину мира. Эта потеря ориентации лежит в стороне от широко обсуждаемых загадок квантовой механики, например может ли кошка в закрытой коробке быть и живой и мертвой одновременно. Нерешенная проблема интерпретации квантовой теории поля препятствует прогрессу в направлении исследований физики, лежащей за пределами Стандартной модели, такой как теория струн. Рискованно формулировать новую теорию, когда мы не до конца понимаем ту, которую уже имеем.

На первый взгляд содержание Стандартной модели кажется очевидным. Она описывает, во-первых, группы элементарных частиц, таких как кварки и электроны, и, во-вторых, четыре типа силовых полей, посредством которых эти частицы взаимодействуют между собой. Такая картина традиционно рисуется на досках в университетских аудиториях и в статьях журнала *Scientific American*. Однако, как бы основательно она ни выглядела, она не удовлетворительна.

Начать с того, что нет четкого разделения двух категорий. Квантовая теория поля каждому типу элементарных частиц присваивает его собственное поле, таким образом, поскольку есть электрон, должно существовать и поле электрона. В то же время силовые поля дискретны, а не непрерывны, что приводит к появлению частиц, таких как фотон. Поэтому различие между частицами и полями оказывается искусственным, и физики часто говорят, что фундаментальны те или иные. Спор идет вокруг следующей дилеммы: с чем все-таки

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Здравый смысл подсказывает, что физика элементарных частиц — наука о частицах, и большинство из нас мысленно представляют их как крошечные бильярдные шары, сталкивающиеся в пространстве. Однако концепция частиц разваливается при ближайшем рассмотрении.
- Многие физики полагают, что частицы — это вообще не объекты, а возбуждения квантового поля, современного наследника классических полей, таких как магнитное поле. Но поля тоже парадоксальны.
- Если частицы и поля не фундаментальны, что тогда? Некоторые ученые считают, что мир в своей основе состоит не из материальных объектов, а из взаимосвязей свойств, таких как масса, заряд и спин.

ВОВСЕ НЕ КРОШЕЧНЫЕ БИЛЬЯРДНЫЕ ШАРЫ

Вам простительно считать, что физика элементарных частиц — наука о частицах. Оказывается, однако, что «частицы», описываемые квантовой теорией, не соответствуют обычному пониманию этого термина, который относится к дискретным локализованным строительным кирпичикам материи. У них, например, нет четырех классических неотъемлемых свойств, перечисленных ниже.

Частицы локализованы

По своей дефиниции частица — это нечто, обладающее определенным местоположением, которое меняется во времени при ее движении. Но квантовая теория в обычном ее понимании запрещает чему-либо иметь подобную траекторию. Хотя инструменты, такие как пузырьковая камера, показывают следы, ошибочно делать вывод об объектах, которые движутся через пространство, как о шарах. Следы — это всего лишь последовательность событий.

В отсутствие частиц ничего не происходит

Если материю образуют частицы, то вакуум, состояние с нулем частиц, не должен демонстрировать никакой активности. Но квантовая теория предсказывает, что счетчик Гейгера или подобный инструмент, помещенный где-нибудь внутри вакуума, тем не менее будет регистрировать присутствие материи. Следовательно, материя не может состоять из объектов, обычно подразумеваемых под термином «частица».

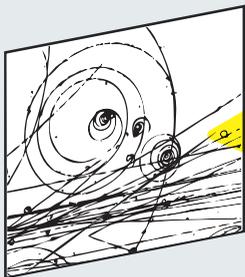
Так существуют частицы или нет?

Чтобы определить реальность чего-либо, физики пользуются следующим тестом: все наблюдатели должны прийти к согласию относительно существования этого чего-либо. «Частицы», которые физики фиксируют в природе, не проходят этот тест. Если наблюдатель в состоянии покоя видит холодный вакуум, то наблюдатель, движущийся с ускорением, увидит теплый газ частиц. Это дает основание полагать, что частицы — что-то вроде миража.

Частицы обладают определенными свойствами

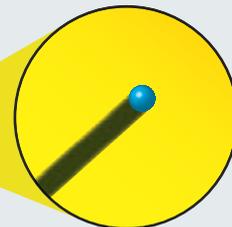
Предполагается, что частицы имеют энергию, импульс и т.д. Но квантовая физика допускает квантовое перепутывание частиц, которые в результате ведут себя как единое целое, несмотря на отсутствие видимой материальной связи между ними. В этом случае номинальные частицы уже не имеют определенных свойств, ими обладает только система в целом.

Что мы видим/вычисляем/делаем



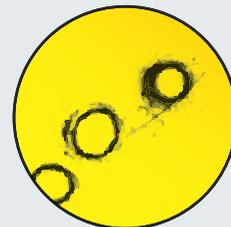
Следы в пузырьковой камере

Какой мы делаем вывод

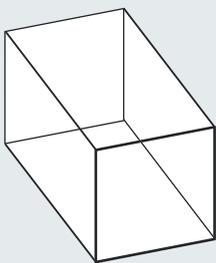


Частицы пролетают через камеру и оставляют следы

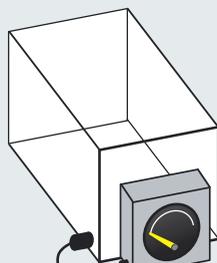
Почему это неверно



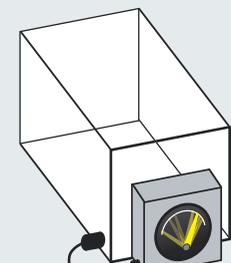
Все, что мы видим, это последовательность пузырьков, связывать их друг с другом — ошибка



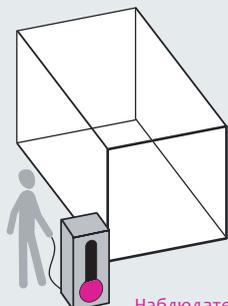
Поле в его состоянии вакуума



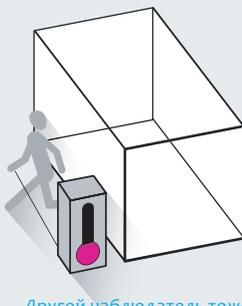
Счетчик Гейгера ничего не зафиксировал



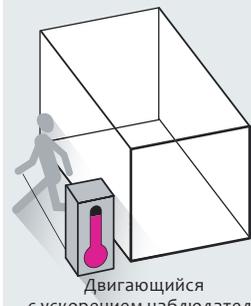
Счетчик Гейгера будет щелкать



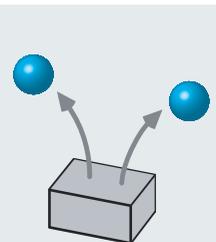
Наблюдатель видит холодный вакуум



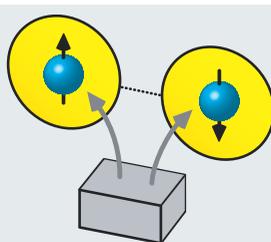
Другой наблюдатель тоже видит холодный вакуум



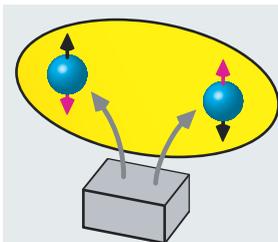
Двигающийся с ускорением наблюдатель увидит теплый газ частиц



Образовалась пара квантово-перепутанных частиц



Каждая частица имеет определенный спин



Спин имеет только система как целое

имеет дело квантовая теория поля — с частицами или с полями? Он начался как борьба титанов, с выдающимися физиками и философами по обе стороны баррикад. Но даже сейчас обе концепции все еще используются в иллюстративных целях, хотя большинство физиков признают, что классические понятия не укладываются в то, о чем говорит нам теория. Если мысленные образы, порождаемые словами «частица» и «поле», не соответствуют тому, что утверждает теория, задача физиков и философов — придумать, что именно следует поместить на их место.

В ситуации, когда обе эти стандартные классические точки зрения заводят в безвыходную ситуацию, некоторые философы, занимающиеся проблемами физики, сформулировали более радикальные альтернативы. Они предположили, что большинство фундаментальных составляющих материального мира — это нематериальные сущности, такие как связи или свойства. Одна особенно радикальная идея заключается в том, что все может быть сведено к этим самым нематериальным сущностям без какой-либо отсылки к отдельным объектам. Это противоречащая здравому смыслу и революционная идея, но некоторые утверждают, что физика нам ее навязывает.

Неприятности с частицами

Когда большинство людей, включая специалистов, размышляют о субатомном мире, они рисуют в воображении частицы, которые ведут себя как крошечные бильярдные шары, отскакивающие друг от друга. Но такое представление лежит в рамках мировоззрения, доставшегося нам в наследство от атомистов древней Греции и достигшего вершины в теориях Исаака Ньютона. Ряд соображений ясно убеждают, что ключевые единицы квантовой теории поля ведут себя отнюдь не так, как шары для бильярда.

Во-первых, классическая концепция частицы подразумевает нечто, имеющее определенное местоположение. Но у «частиц» квантовой теории поля отсутствует четко определенное положение: частица внутри вашего тела не расположена строго в вашем теле. У наблюдателя, пытающегося измерить ее местоположение, есть очень малая, но ненулевая вероятность обнаружить эту частицу в самой удаленной точке Вселенной. Это противоречие было очевидным еще в самой первой формулировке квантовой механики, но ситуация еще более усугубилась, когда теоретики соединили квантовую механику с теорией относительности. Релятивистские квантовые частицы оказались чрезвычайно увертливыми — они не принадлежат ни одной конкретной области Вселенной.

Во-вторых, предположим, что у вас была частица, целиком запертая в вашей кухне. Ваш друг, рассматривающий ваш дом из проезжающей мимо машины, увидел бы эту же частицу, расплывшуюся на всю Вселенную. То, что для вас локализовано, для него размыто по всему пространству. От того, из какой именно точки вы наблюдаете частицу, зависит не только ее положение, но и сам

тот факт, что частица имеет таковое. В этом случае не имеет смысла принимать локализованные частицы в качестве фундаментальных единиц.

В-третьих, даже если вы оставите все попытки установить местоположение частиц и просто захотите их сосчитать, ничего хорошего у вас не получится. Допустим, вы захотите выяснить число частиц в вашем доме. Выходите дом и находите три частицы в столовой, пять — под кроватью, восемь в кухонном шкафу и т.д. Теперь сложите полученные числа. К вашему ужасу, сумма не будет равна полному числу частиц. Это число в квантовой теории поля — свойство дома как целого. Чтобы определить его, следовало бы сделать невозможное и обследовать весь дом сразу, а не комнату за комнатой.

Предельный случай, когда невозможно установить число частиц, — вакуум, который в квантовой теории поля обладает парадоксальными свойствами. Вы можете иметь абсолютный вакуум — по определению состояние с нулем частиц — и в то же время наблюдать нечто отличное от вакуума в любой конечной области. Другими словами, ваш дом может быть абсолютно пуст, хотя повсюду вы находите частицы. Если кто-нибудь из пожарной команды спросит вас, остался ли кто-нибудь внутри горящего дома, и вы ответите: «Нет», пожарные засомневаются в здравости вашего рассудка, когда обнаружат сбившихся в кучу людей в каждой из комнат.

Другая поразительная особенность вакуума в квантовой теории поля называется эффектом Унру. Астронавту в состоянии покоя кажется, что он находится в вакууме, в то время как астронавт в ускользящем космическом корабле почувствует себя погруженным в горячую ванну из неисчислимого количества частиц. Такое отличие в результатах, когда наблюдение ведется из разных точек, наблюдается также и на границе черных дыр и приводит к парадоксальным выводам о судьбе падающей на них материи. Если фраза «вакуум, заполненный частицами» звучит абсурдно, то потому лишь, что в заблуждение нас вводит классическое представление о частице. Должно быть, то, что описывает теория, — это нечто иное. Если количество частиц зависит от наблюдателя, то было бы абсолютно нелогичным предполагать, что частицы фундаментальны. Мы можем допустить, что многие физические характеристики зависят от наблюдателя, но только не количество фундаментальных строительных блоков.

Наконец, теория утверждает, что частицы могут терять свою индивидуальность. В загадочном явлении квантовой перепутанности частицы могут стать ассоциированными в более крупные системы и утратить свойства, которые отличают их от других. Гипотетические частицы обладают не только одинаковыми исходными физическими характеристиками, такими как масса и заряд, но и одинаковыми пространственными и временными свойствами, такими как диапазон местоположений, в которых есть вероятность их обнаружить. Когда частицы «перепутаны», наблюдатель не имеет возможности отличить одну от другой. Действительно ли вы можете теперь говорить о двух объектах?

Теоретик, вероятно, просто продекларирует, что две наши предполагаемые частицы — действительно два отдельных объекта. Философы называют такой диктат «примитивной этостью» (*этость, лат. haecceitas* — в философии нечто уникальное, совершенно неповторимое в индивидуальной вещи, чистый субстрат единичности, из которой вычтены все общие свойства и предикаты, свойство быть собой и ничем другим. — Примеч. пер.). По определению этость не наблюдаема. Большинство физиков и философов очень скептически относятся к таким специфическим построениям. Похоже, у вас теперь не две частицы, а скорее одна. Перепутанная квантовая система ведет себя как одно неделимое целое, и понятие ее части, не говоря уже о частице, теряет смысл.

Подобные теоретические проблемы частиц идут вразрез с повседневным опытом. Если это не частицы, то что же тогда регистрируют детекторы частиц? Ответ заключается в том, что частица — всегда конструкция, построенная на основании логического умозаключения. Все, что регистрирует детектор, — это большое число отдельных возбуждений в материале датчика. Мы сталкиваемся с неприятностями, когда соединяем точки в линии и на основании этого делаем вывод о существовании частиц, имеющих траектории, которые можно проследить во времени. (Пояснение: в небольшом числе интерпретаций квантовой физики мир частиц все же рассматривается на языке строго определенных траекторий, но они подвержены собственным трудностям, и я придерживаюсь стандартного подхода.)

Давайте подведем итоги. Мы рассматриваем частицы как крошечные бильярдные шары, но то, что физики сегодня называют «частицами», совсем на них не похоже. Согласно квантовой теории поля объекты нельзя локализовать в любой конечной области пространства независимо от того, насколько она велика или размыта. Более того, число предполагаемых частиц зависит от состояния движения наблюдателя. Все вместе взятое

Несостоятельность полей

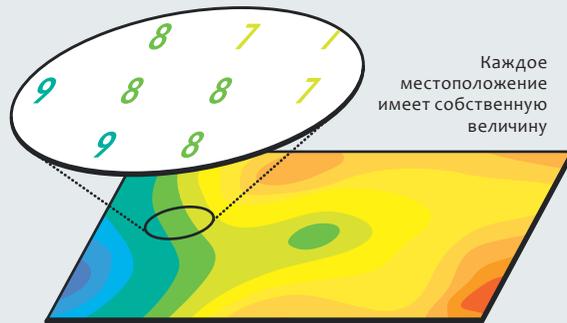
И НИКАКОГО ПОЛЯ ЧУДЕС

Физики называют свою самую передовую теорию, описывающую материю, квантовой теорией поля. Это звучит как теория полей. Однако поля, которые предположительно описывает эта теория, — совсем не то, что физики классически понимают под термином «поле».



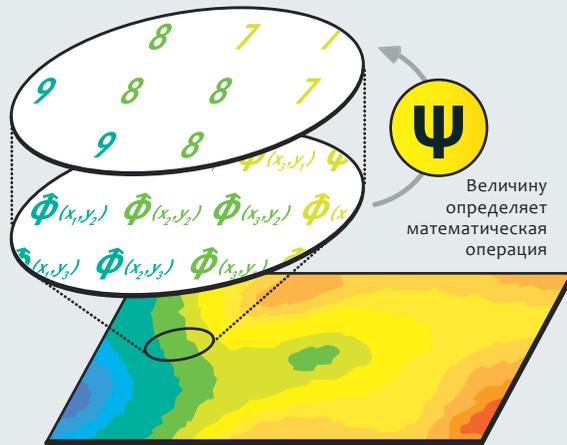
Классическое поле

По определению поле — это субстанция, очень похожая на жидкость, которая заполняет все пространство. Каждая его точка обладает измеряемым состоянием. Пример — электрическое поле. Амплитуда поля выше вокруг проводников, электрически заряженных объектов и т.д. Если вы поместите заряженную частицу где-нибудь в пространстве, амплитуда определяет величину силы, которую будет испытывать частица, и как быстро она будет ускоряться. Поле определяет также направление ускорения (не показано).



Квантовое поле

Поля, описываемые квантовой теорией поля, не подходят под такое определение. Точке в пространстве соответствует не конкретная физическая величина, а лишь спектр ее возможных значений. Величина, которая фактически может быть измерена, зависит от самостоятельной математической конструкции, называемой вектором состояния, который не сопоставлен каждому конкретному местоположению. Он простирается на все пространство.



это звучит как похоронный звон по идее, что природа выстроена из каких-то похожих на шары частиц.

На основании сказанного и других данных необходимо сделать вывод, что «физика элементарных частиц» — название, вводящее в заблуждение: несмотря на тот факт, что физики продолжают говорить о частицах, их как таковых не существует. Можно воспользоваться термином «квантовая частица», но что оправдывает использование слова «частица», если почти ничего от классического понятия частицы не осталось? Лучше примириться с обстоятельствами и отказаться от этого понятия вообще. Некоторые используют эти трудности как косвенный аргумент в пользу чисто полевой интерпретации квантовой теории поля. Если следовать их рассуждениям, то частицы — это рыба на поле, которое заполняет пространство наподобие невидимой жидкости.



времени. Квантовое поле сопоставляет каждой точке абстрактную математическую величину, представляющую собой тип измерения, которое вы могли бы произвести, а не результат, который вы при этом получили бы. Некоторые математические конструкции в этой теории все же представляют физические величины, но они могут быть сопоставлены не точкам в пространстве-времени, а только лишь конечным размазанным областям.

Исторически физики создали квантовую теорию поля, «проквантовав» классическую теорию поля. Для этого теоретики берут уравнение и заменяют в нем физические величины «операторами», которые представляют собой математические операции, такие как дифференцирование или извлечение квадратного корня, а некоторые операторы могут соответствовать специфическим физическим процессам, таким как излучение и поглощение света. Операторы образуют слой абстракции между теорией и действительностью. Классическое поле похоже на карту погоды, которая показывает температуру в различных городах. Квантовая версия поля напоминает карту погоды, отражающую температуру не в градусах, а посредством квадратных корней. Чтобы получить величину фактической температуры, вам необходимо сделать дополнительный шаг и применить оператор к другой математи-

Однако, как мы сейчас увидим, квантовую теорию поля нельзя полностью интерпретировать и на языке полей тоже.

Неприятности с полями

Название «квантовая теория поля» естественным образом подразумевает теорию, которая имеет дело с квантовой версией классических полей, таких как электрическое и магнитное поле. Но что такое «квантовая версия»? Термин «поле» рисует в воображении магнитное поле, которое заставляет железные опилки выстраиваться вдоль своих силовых линий, исходящих из торцов стержневого магнита, и электрическое поле, заставляющее волосы стоять дыбом на голове, но квантовое поле настолько отличается от классического, что даже физики-теоретики признаются, что едва ли могут представить его себе.

В классическом случае поле сопоставляет физическую величину, такую как температура или напряженность электрического поля, каждой точке пространства-

ческой величине, называемой вектором состояния и представляющей собой конфигурацию системы, о которой идет речь.

На определенном уровне эта странность квантовых полей не кажется столь уж неожиданной. Квантовая механика — теория, на которой базируется квантовая теория поля, — также имеет дело не с определенными величинами, а лишь с вероятностями. Однако онтологически ситуация в квантовой теории поля представляется еще более странной, поскольку сущности, которые мы считаем фундаментальными (квантовые поля), даже не задают никаких вероятностей; по этой причине они (вероятности) должны быть включены в вектор состояния.

Необходимость прикладывать квантовое поле к вектору состояния очень сильно затрудняет задачу интерпретации теории, перевода ее на язык физических величин, которые вы можете представить в голове и ими манипулировать. Вектор состояния — холистический; он описывает систему как целое и не привязан к какой-либо конкретной области. Его роль размывает определяющие

характеристики поля, т.е. они распределены по всему пространству-времени. Классическое поле позволяет вам представить физические явления, например свет, как распространение волн в пространстве. Квантовое поле убирает эту наглядную картину и оставляет нас в неведении о том, как устроен мир.

Теперь понятно, что стандартная картина элементарных частиц и силового поля-посредника не предоставляет удовлетворительной онтологии физического мира. Совсем не ясно даже, что такое частица и поле. Обычный ответ состоит в том, что частицы и поля следует рассматривать как взаимодополняющие аспекты действительности. Но такая характеристика бесполезна, поскольку ни одно из этих понятий не работает даже в тех случаях, когда предполагается, что мы видим ту или иную сторону явления в чистом виде. К счастью, частица и поле не исчерпывают возможные в квантовой теории онтологические варианты.

На помощь приходят структуры?

Растущее число ученых считают, что на самом деле значение имеют не объекты, а отношения, в которых эти объекты состоят. Такой взгляд рушит традиционные атомистические или пуантилистические концепции материального мира даже еще более радикально, чем некоторые разновидности онтологий, выстроенных на базе частиц и полей.

Первоначально такая точка зрения, получившая название структурного реализма или структурализма, появилась в довольно умеренном варианте, называемом эпистемологическим структурным реализмом. Он утверждает следующее. Возможно, мы так никогда и не узнаем реальную природу вещей, а определим лишь то, как они связаны друг с другом. Возьмем, например, массу. Вы когда-нибудь ее видели? Нет. Вы видите только то, что она значит для других сущностей, или, в данном случае, как одно массивное тело связано с другим массивным телом посредством локального гравитационного поля. Структура мира, отражающая взаимосвязь объектов, — это самая устойчивая часть физических теорий. Новые теории могут опрокинуть нашу концепцию фундаментальных строительных блоков мира, но, как правило, сохраняют структуры. Именно благодаря этому ученые и могут двигаться вперед.

Теперь возникает следующий вопрос: в чем причина того, что мы можем получить сведения только об отношениях между объектами, а не о самих объектах? Честный ответ на этот вопрос заключается в том, что отношения — это единственное, что существует. Такой скачок делает структурный реализм более радикальной пропозицией, называемой объективным структурным реализмом.

Несметное число симметрий современной физики говорит в пользу объективного структурного реализма. В квантовой механике, как и в эйнштейновской теории гравитации, определенные изменения в конфигурации мира, называемые преобразованиями симметрии, не вызывают наблюдаемых последствий. Эти

преобразования меняют местами отдельные объекты, из которых состоит мир, но оставляют связи между ними теми же самыми. По аналогии рассмотрим отражение в зеркале лица. Зеркало «меняет» левый глаз на правый, левую ноздрю на правую и т.д. Однако все относительные расположения черт лица остаются неизменными. Именно эти отношения и определяют на самом деле лицо, тогда как категории, такие как понятия «левый» и «правый», зависят от точки наблюдения. То, что мы называем частицами и полями, обладает более абстрактной симметричностью, но идея остается той же самой.

Согласно принципу бритвы Оккама, физики и философы отдают предпочтение идеям, которые объясняют одно и то же явление с меньшим числом допущений. В этом случае вы можете построить убедительную теорию, постулировав существование взаимосвязей без всяких дополнительных предположений о самих объектах. Поэтому сторонники объективного структурного реализма говорят, что можно, вероятно, обойтись без объектов и допустить, что мир состоит из структур или сетей взаимосвязей.

Все собственные свойства двух частиц, такие как электрический заряд, вместе со всеми внешними свойствами, такими как местоположение, еще не определяют состояние системы двух частиц. Целое больше, чем сумма его частей

В повседневной жизни мы сталкиваемся с множеством ситуаций, где в расчет принимаются лишь взаимосвязи и где описание объектов, которые они связывают, уводит бы в сторону от сути. В метро, например, важно знать, как соединены различные станции. В Лондоне станция «Сент-Полс» непосредственно соединяется со станцией «Холборн», в то время как, чтобы попасть туда со станции «Блэкфрайарс», вам потребуется сделать по крайней мере одну пересадку, хотя станция «Блэкфрайарс» расположена ближе к «Холборну», чем «Сент-Полс». В первую очередь существовавшая именно структура соединений линий подземки. Тот факт, что «Блэкфрайарс» недавно была отремонтирована и превратилась в красивую новую станцию, для тех, кто собирается путешествовать по лондонской подземке, значения не имеет.

Другие примеры структур, которые сами по себе важнее, чем их материальная реализация, — Всемирная паутина, нейронная сеть мозга и геном. Все они продолжают функционировать, даже когда отдельные компьютеры, клетки, атомы и люди умирают. Эти

примеры — достаточно свободная аналогия, хотя по духу они близки к формальным аргументам, используемым в квантовой теории поля.

Тесно связанная с этим цепь рассуждений использует явление квантового перепутывания, чтобы выдвинуть убедительные доводы в пользу того, что именно структуры — основа действительности. Перепутывание двух квантовых частиц — холистическое явление. Все собственные свойства двух частиц, такие как электрический заряд, вместе со всеми внешними свойствами, такими как местоположение, еще не определяют состояние системы двух частиц. Целое больше, чем сумма его частей. Атомистическая картина мира, в котором все определяется свойствами самых элементарных строительных блоков и тем, как они взаимосвязаны в пространстве-времени, рушится. Вместо того чтобы рассматривать сначала частицы, а затем квантовое перепутывание, нам, вероятно, следует вести рассуждения в обратном порядке.

Вы можете рассматривать свойства как существующие сами по себе, независимо от объектов, которые ими обладают. Свойства могут быть тем, что у философов получило название «конкретное». То, что мы называем объектом, возможно, есть просто группа свойств: цвет, форма, степень плотности и т.д.

Возможно, вам покажется странным, что могут быть взаимосвязи без членов отношений — без каких-либо объектов, участвующих в этих отношениях. Это что-то вроде свадьбы без новобрачных. И вы в этом не одиноки. Многие физики и философы тоже считают это не очень нормальным, полагая, что невозможно получить твердое тело на основе лишь взаимосвязей. Некоторые приверженцы объективного структурализма пытаются найти компромисс. Они не отрицают существования объектов, они лишь утверждают, что взаимосвязи или структуры онтологически первичны. Другими словами, объекты не обладают никакими собственными свойствами, а только свойствами, возникающими в результате взаимосвязей с другими объектами. Но такая позиция представляется малоубедительной. Любой согласится, что объекты вступают во взаимоотношения. Единственный интересный и новый взгляд состоит в том, что все

возникает исключительно на основе взаимосвязей. В общем, структурный реализм — соблазнительная идея, но она требует дальнейшей проработки, прежде чем мы узнаем, сможет ли она уберечь нас от наших проблем интерпретации.

Группы свойств

Альтернативная интерпретация квантовой теории поля начинается с простой догадки. Хотя корпускулярная и полевая интерпретации традиционно рассматриваются как радикально отличные друг от друга, обе они несут в себе некоторые критически важные общие черты. Обе предполагают, что фундаментальные единицы материального мира — устойчивые отдельные сущности, которым можно приписать определенные свойства. Эти сущности — либо частицы, либо, в случае полевой теории, точки пространства-времени. Многие философы, и я в том числе, полагают, что такое разделение на объекты и свойства — возможно, фундаментальная причина того, почему и корпускулярный, и полевой подходы приводят к противоречиям. Мы считаем, что было бы лучше рассматривать свойства как одну-единственную фундаментальную категорию.

Традиционно считается, что свойства «универсальны», т.е., другими словами, выделены в одну абстрактную общую категорию. Они всегда присущи определенному объекту и не могут существовать независимо. (Несомненно, Платон все же считал их существующими независимо, но только в некоем более высоком царстве, а не в мире, находящемся в пространстве и времени.) Например, когда вы думаете о красном, вы обычно представляете себе конкретный красный предмет, а не какую-то абстрактную свободно витающую в пространстве штуквину под названием «краснота». Но вы можете взять и перевернуть такой образ мышления с ног на голову. Вы можете рассматривать свойства как существующие сами по себе, независимо от объектов, которые ими обладают. Свойства могут быть тем, что у философов получило название «конкретное», — реальными отдельными сущностями. То, что мы называем объектом, возможно, есть просто группа свойств: цвет, форма, степень плотности и т.д.

Поскольку эта концепция, рассматривающая свойства как конкретное, а не универсальное, расходится с традиционной точкой зрения, философы ввели для их описания новый термин «тропы» (*от др.-греч. tropos* — «оборот, образ, способ». — *Примеч. пер.*). Звучит немного странно и, к сожалению, сам этот термин несет в себе не соответствующие смыслу ассоциации, но сегодня он уже устоялся.

Толковать объекты как группы свойств очень непривычно, опираясь на привычную модель мира, но все станет менее загадочным, если мы попробуем забыть все, что мы узнали о мире, и как бы вернемся к самым первым годам своей жизни. Будучи младенцами, когда впервые мы видим мяч и пытаемся получить о нем некоторое представление, строго говоря, на самом деле мы не воспринимаем его как мяч. Мы воспринимаем лишь

шарообразную форму, один из оттенков красного и что-то упругое на ощупь. Только спустя некоторое время мы связываем эту группу ощущений с целостным объектом определенного рода — а именно, с мячом. В следующий раз, увидев его, мы, скорее всего, скажем: «Посмотри, это мяч», и забудем о том, насколько сложный концептуальный аппарат потребовался для этого, казалось бы, непосредственного восприятия.

В онтологии тропов мы возвращаемся к непосредственному восприятию младенца. Снаружи, в этом мире, нет ничего — существуют лишь группы свойств. Не то чтобы сначала у нас есть мяч, а затем мы приписываем ему определенные свойства. Скорее, мы имеем ряд свойств и определяем их как мяч. Мяча как такового нет — только его свойства.

Применим эту идею к квантовой теории поля. То, что мы называем электроном, на самом деле — группа различных свойств или тропы: три неизменных существенных свойства (масса, заряд и спин), а также множество изменяющихся, несущественных свойств (местоположение и скорость). Такая концепция, базирующаяся на тропях, помогает придать теории смысл. Например, теория предсказывает, что элементарные частицы могут рождаться и умирать в течение короткого промежутка времени. Поведение вакуума в квантовой теории поля особенно непостижимо разуму: среднее значение количества частиц равно нулю, однако вакуум кипит активностью. Все время там происходит бесчисленное количество процессов, включая рождение и последующую смерть всех видов частиц.

В корпускулярной онтологии вся эта активность парадоксальна. Если частицы фундаментальны, то каким образом могут они материализоваться? Из чего они материализуются? В троповой онтологии такая ситуация вполне естественна. Вакуум, хотя в нем нет частиц, содержит свойства. Частица — то, что вы получаете, когда эти свойства соединяются вместе определенным образом.

Физика и метафизика

Почему столь фундаментальная полемика может вестись по вопросам теории, которая эмпирически настолько успешна, как квантовая теория поля? Ответ лежит на поверхности. Хотя теория говорит нам, что мы можем измерить, она говорит загадками, когда дело касается природы любых сущностей, порождающих результат наших наблюдений. Теория объясняет наши наблюдения на языке кварков, глюонов, фотонов и различных квантовых полей, но она не говорит нам, что такое в действительности фотон или квантовое поле. Она и не должна, поскольку физические теории могут быть эмпирически справедливы в большинстве случаев без постановки таких метафизических вопросов.

Для многих ученых этого достаточно. Они занимают так называемую инструменталистскую позицию: отрицают, что научные теории предназначены прежде всего для того, чтобы отобразить мироустройство. Для них теории — всего лишь инструмент для предсказания

результатов экспериментов. Однако большинство ученых в глубине души полагают, что их теории все же описывают по крайней мере некоторые аспекты природы как таковой до тех пор, пока мы не проведем измерение. В конце концов, ради чего еще заниматься наукой, если не для познания мира?

Обретение развернутой картины физического мира потребует объединения усилий физиков и философов. Эти две дисциплины дополняют друг друга. Метафизика предлагает различные конкурирующие парадигмы онтологии материального мира, хотя, если оставить в стороне вопросы внутренней непротиворечивости, она не в состоянии выбрать лучшую среди них. Физика, со своей стороны, не имеет логически последовательного описания фундаментальных вопросов, таких как определение объектов, роли личности, статуса свойств, взаимосвязь объектов и свойств и смысла пространства и времени.

Союз двух дисциплин особенно важен в то время, когда физики вынуждены пересматривать основы своего предмета. Метафизическое мышление указывало путь Исааку Ньютону и Альберту Эйнштейну и оказывает влияние на многих из тех, кто пытается объединить квантовую теорию поля и теорию гравитации Эйнштейна. Философы написали целые библиотеки книг и статей о квантовой механике и теории гравитации, в то время как мы только начинаем исследовать действительность, облеченную в форму квантовой теории поля. Альтернативы стандартным корпускулярным и полевым подходам, которые мы разрабатываем, возможно, вдохновят физиков в их борьбе за Великое объединение. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- An Interpretive Introduction to Quantum Field Theory. Paul Teller. Princeton University Press, 1995.
- No Place for Particles in Relativistic Quantum Theories? Hans Halvorson and Rob Clifton in *Philosophy of Science*, Vol. 69, No. 1, pages 1–28; March 2002. <http://arxiv.org/abs/quantph/0103041>
- Ontological Aspects of Quantum Field Theory. Edited by Meinard Kuhlmann, Holger Lyre and Andrew Wayne. World Scientific, 2002.
- Against Field Interpretations of Quantum Field Theory. David John Baker in *British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 60, No. 3, pages 585–609; September 2009. <http://philsci-archive.pitt.edu/4132/1/AgainstFields.pdf>
- The Ultimate Constituents of the Material World: In Search of an Ontology for Fundamental Physics. Meinard Kuhlmann. Ontos Verlag, 2010.
- Quantum Field Theory. Meinard Kuhlmann in *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Winter 2012. <http://plato.stanford.edu/archives/win2012/entries/quantum-field-theory>

Дэвид Хэнд

НИКОГДА НЕ ГОВОРИ «НИКОГДА»

Почему не стоит удивляться невероятным на первый взгляд совпадениям — даже когда речь идет о двух розыгрышах лотереи, в которых выпадали шесть одинаковых чисел

Свод математических правил, который я называю принципом невероятности, говорит о том, что случайные совпадения не должны нас удивлять. На самом деле они вполне ожидаемы. В основе этого принципа лежит закон больших чисел, согласно которому при одинаковой вероятности событий во всех испытаниях с увеличением числа последних частота события стремится к его вероятности и перестает быть случайной. Впрочем, даже когда число событий достаточно велико, нам может показаться, что их совсем немного. Подобное заблуждение ведет к существенной недооценке вероятности того или иного события: мы думаем, что она ничтожно мала, в то время как на самом деле это вполне возможно, не исключено даже, что оно произойдет обязательно.

Адаптировано по: *The Improbability Principle: Why Coincidence, Miracles, and Rare Events Happen Every Day* («Принцип невероятности: почему каждый день происходят случайные, кажущиеся невероятными события и совпадения») в сотрудничестве с Scientific American / Farrar, Straus and Giroux, LLC (North America), Transworld (UK), Ambo|Anthos (Holland), C.H. Beck (Germany), Companhia das Letras (Brazil), Grupa Wydawnicza Foksal (Poland), Locus Publishing Co. (Taiwan), АСТ (Россия). © Дэвид Хэнд, 2014.

Но вот вопрос: как можно не заметить огромное число событий? Ответ на него дает закон сочетаний, связанный с принципом невероятности. Он гласит, что число сочетаний между элементами экспоненциально возрастает с числом последних. Хорошо известным примером тому служит так называемый парадокс дней рождения.

Он заключается в следующем. Вас интересует, сколько человек должно находиться в комнате, чтобы вероятность того, что дни рождения хотя бы двух из них совпадают, превысила 50%? Ответ — 23. Если в комнате присутствуют 23 или более человек, то вероятность, что найдутся двое родившихся в один день, выше вероятности, что таковых не окажется вовсе.

Если раньше вы не знали о существовании парадокса дней рождения, то, скорее всего, ответ покажется вам странным. Ведь 23 — совсем небольшое число. Наверное, вы рассуждали так: шанс того, что кто-то другой родился в один день со мной, составляет $1/365$. Таким образом, с вероятностью $364/365$ можно утверждать, что дни рождения с кем-то другим у нас не совпадают. Если в комнате находится n человек, то с вероятностью $364/365$ каждый $n-1$ из них появился на свет в другой день, чем я. Поэтому вероятность того, что все



Illustration by Paul Blow

$n-1$ человек родились в другой день, чем я, составляет $364/365 \times 364/365 \times 364/365 \dots \times 364/365$, т.е. $364/365$, перемноженные $n-1$ раз. При $n = 23$ получаем 0,94.

Поскольку это вероятность того, что никто из находящихся в комнате не родился со мной в один день, то вероятность, что у одного из них день рождения все же совпадает с моим, составляет всего $1 - 0,94$. (Это следует из предположения, что либо у кого-то день рождения совпадает с моим, либо никто не родился в один день со мной, поэтому сумма вероятностей таких двух событий должна равняться 1.) Итак, получаем: $1 - 0,94 = 0,06$. А это очень маленькая величина.

Однако такой подход в данном случае не годится, поскольку возможность того, что чья-то дата появления на свет совпадает с вашей, — это вовсе не тот вопрос, на который мы ищем ответ. Я говорил о вероятности совпадения дней рождения любых двух людей, находящихся в одной комнате. При этом есть шанс, что у кого-то день рождения совпадает с вашим, а может быть, он совпадает у двух или более людей, но отличается от вашего.

Здесь и вступает в действие закон сочетаний. Число человек, которые могли бы родиться в один день с вами, равно $n-1$, а возможное число пар людей в комнате составляет $n \times (n-1)/2$. С ростом n число пар быстро увеличивается. При $n = 23$ оно равно 253, что более чем в десять раз превышает $n-1 = 22$. Таким образом, если в комнате находится 23 человека, то в ней насчитывается 253 возможных пары, но только 22 из них включают вас.

Оценим теперь возможность того, что ни у кого из 23 человек даты появления на свет не совпадают. Для двух человек вероятность несовпадения составляет $364/365$. Тогда шанс того, что эта пара и еще один, третий, человек родились в разные дни, равен $364/365 \times 363/365$. Подобным же образом, вероятность для трех и еще одного, четвертого, человека составляет $364/365 \times 363/365 \times 362/365$. Продолжая в том же духе, получаем вероятность несовпадения дней рождения для всех 23 человек: $364/365 \times 363/365 \times 362/365 \times 361/365 \dots \times 343/365$.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Как вы думаете, почему вокруг нас постоянно происходят события, вероятность которых, по нашему мнению, крайне мала? Объяснение этому можно найти, прибегнув к закону больших чисел и понятию сочетаний.
- Вероятность того, что в группе из 23 человек, находящихся в одной комнате, двое родились в один день, составляет 0,51, т.е. больше 50%.
- 6 сентября 2009 г. в розыгрыше национальной лотереи Болгарии выпали числа 4, 15, 23, 24, 35 и 42. В тираже, который проходил через четыре дня, счастливыми оказались те же самые числа. Розыгрыши лотереи Cash 5 в Северной Каролине дали совершенно одинаковые результаты 9 и 11 июля 2007 г. Невероятное событие? Только не с точки зрения теории вероятности.

ОБ АВТОРЕ

Дэвид Хэнд (David J. Hand) — почетный профессор математики и главный научный сотрудник Имперского колледжа Лондона, бывший президент Королевского статистического общества, автор книги *Statistics. A Very Short Introduction* («Краткое введение в статистику», 2008).



А это равно 0,49. Поскольку вероятность несовпадения дат появления на свет всех 23 человек равна 0,49, вероятность, что кто-то из них родился в один день с другим, составляет $1 - 0,49$, или 0,51, а это больше, чем 50%.

Игра в лотерею

В качестве еще одного примера того, как на первый взгляд невероятное событие оказывается вполне реальным, рассмотрим лотерею. 6 сентября 2009 г. в розыгрыше национальной лотереи Болгарии случайным образом выпали следующие числа: 4, 15, 23, 24, 35, 42. В них нет ничего особенного. Правда, цифры, которые их составляют, лежат в пределах интервала от 1 до 5, — но и в этом нет ничего необычного. Далее, среди них есть два соседних числа, 23 и 24, но такое случается гораздо чаще, чем кажется на первый взгляд (если вы попросите людей на улице назвать наобум шесть чисел от 1 до 49, то последовательные пары они выберут реже, чем это сделает «чистый случай»).

Удивительное произошло четырьмя днями позже: 10 сентября в ходе следующего тиража лотереи Болгарии счастливыми оказались числа 4, 15, 23, 24, 35, 42 — ровно те же самые, что и на предыдущей неделе. Это событие вызвало настоящую бурю в средствах массовой информации. «Такое случается впервые за 52-летнюю историю проведения лотереи. Мы потрясены, но совпадение произошло!» Эти слова официального представителя лотереи были опубликованы 18 сентября в изданиях информационного агентства «Рейтер». Свилен Нейков (Svilen Neikov), занимавший в то время пост министра спорта Болгарии, назначил расследование по поводу этого инцидента, которое показало, что никакого мошенничества не было.

Это редчайшее совпадение было просто еще одним примером вмешательства принципа невероятности. В чем тут дело? Во-первых, по всему миру ежегодно разыгрывается огромное количество лотерей. Во-вторых, они проводятся регулярно из года в год. Это значительно повышает вероятность повторения набора выигрышных чисел. И, в-третьих, вступает в силу закон сочетаний: каждый раз при розыгрыше результат может совпасть с любым из предыдущих. В итоге, так же как и с парадоксом дней рождения, при большом числе розыгрышей, $n \times (n-1)/2$ пар результатов (где n — большое число) будут состоять из одинаковых наборов чисел.

Национальная лотерея Болгарии, в которой в 2009 г. произошел повтор выигрышных чисел, проводится по схеме «6 из 49», поэтому вероятность выпадения

определенного набора из шести чисел составляет 1 к 13983816. Это означает, что результаты любых двух розыгрышей лотереи совпадут в одном случае из 13983816. А какова вероятность, что совпадут два результата розыгрышей из трех? Или два результата из 50?

Из трех результатов розыгрышей можно составить лишь три пары, а из 50 — уже 1225. Здесь вступает в действие закон сочетаний. Если мы пойдем дальше, то увидим, что из 1000 результатов розыгрышей можно составить 499500 пар. Другими словами, если пошагово умножать число результатов розыгрышей на 20, от 50 до 1000, то число пар будет увеличиваться каждый раз почти в 408 раз и возрастет с 1255 до 499500. А это очень большое число.

Сколько же тиражей необходимо провести, чтобы вероятность повторения шести одинаковых выигрышных чисел превысила 50% — т.е. чтобы это событие скорее произошло, чем нет? Используя те же рассуждения, что и в случае парадокса дней рождения, получаем 4404.

Если каждую неделю проводятся два розыгрыша, а значит за год — 104, то на проведение необходимого числа розыгрышей лотереи потребуется менее 43 лет. Следовательно, через 43 года с большей вероятностью произойдет повторение ранее полученных наборов из шести выигрышных чисел, чем не произойдет. А это придает совсем другой вес комментарию официального представителя лотереи Болгарии, в котором говорилось, что имело место невероятное совпадение.

До сих пор мы рассматривали лишь одну отдельную лотерею. Если взять статистику для большого числа лотерей по всему миру, покажется странным, если результаты розыгрышей не повторяются случайным образом. Теперь нас не должен удивлять тот факт, что 16 октября 2010 г. в тираже национальной лотереи Израиля под названием «Мифаль ха-Паис» выпали числа 13, 14, 26, 32, 33 и 36 — ровно те же, которые оказались счастливыми несколькими неделями ранее, а именно 21 сентября. Мы-то относимся к этому событию спокойно, но если бы вы знали, сколько людей позвонили на израильское радио во время дискуссионных программ, выражая свое негодование по поводу подтасовки результатов лотереи!

Результат болгарской лотереи был необычен повторением набора выигрышных чисел в двух следующих друг за другом тиражах. Но учитывая закон больших чисел в совокупности с тем фактом, что в проводимых по всему миру лотереях постоянно выпадают какие-то выигрышные числа, удивляться особенно нечему; к тому же подобное случалось и раньше. Например, в проводимой в Северной Каролине лотерее *Cash 5* результаты розыгрышей в точности совпали 9 и 11 июля 2007 г.

Другой, весьма курьезный, пример действия закона сочетаний иллюстрирует история, произошедшая с некоей Морин Уилкоккс (Maureen Wilcox) в 1980 г. Она приобрела билеты Массачусетской государственной лотереи и лотереи, проводимой в Род-Айленде, оба из которых содержали выигрышные номера. Но вот несчастье:

в билете лотереи Массачусетса значились счастливые цифры лотереи Род-Айленда, и наоборот. При покупке билетов десяти разных лотерей вы получаете десять шансов на выигрыш. Но из десяти билетов можно составить 45 пар, поэтому вероятность, что один из десяти билетов совпадет с одним из десяти наборов выигрышных чисел, более чем в четыре раза превышает ваш шанс выиграть в лотерее. Конечно, это вовсе не означает, что, покупая билеты множества разных лотерей, вы непременно разбогатеете, потому что совпадение номеров билета одной лотереи со счастливыми номерами другой не дает вам ничего, кроме повода удивиться, что такие чудеса случаются.

Закон сочетаний применяется при анализе ситуаций, когда имеется множество взаимодействующих людей или объектов. Представим себе группу из 30 студентов. Они могут взаимодействовать друг с другом самыми разными способами. Каждый из них может вести себя как независимая личность: таких личностей в группе 30. Они могут работать парами — в группе из 30 человек можно составить 435 разных пар; они могут действовать по трое — тогда в группе могут образоваться 4060 различных троек; и так далее, до ситуации, когда все работают как единый слаженный коллектив, — и такой коллектив, состоящий из 30 студентов, лишь один.

В итоге из наших студентов можно составить 1073741823 различные группы. Это более миллиарда — и всего из 30 человек! В общем случае из множества, состоящего из n элементов, можно образовать $2^n - 1$ подмножеств. Если $n = 100$, то таких подмножеств будет $2^{100} - 1$, что примерно равно 10^{30} . Действительно огромное число!

Если и оно кажется вам недостаточно большим, обратитесь к Всемирной паутине, насчитывающей около 2,5 млрд пользователей, каждый из которых может взаимодействовать с любым другим. В таком случае мы получаем 3×10^{18} пар или $10^{750000000}$ различных групп связанных друг с другом пользователей. Итак, событие, вероятность которого очень мала, почти наверняка произойдет, если ему предоставить достаточное количество возможностей случиться.

В следующий раз, когда вы столкнетесь со случайным на первый взгляд совпадением, вспомните о принципе невероятности. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

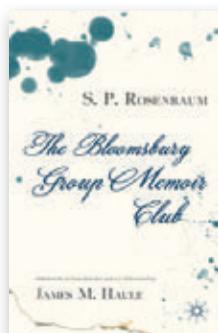
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- *Duelling Idiots and Other Probability Puzzlers*. Paul J. Nahin. Princeton University Press, 2000.
- *Symmetry and the Monster: One of the Greatest Quests of Mathematics*. Mark Ronan. Oxford University Press, 2006.

palgrave
macmillan

Книжное ОБОЗРЕНИЕ

Очередной обзор наиболее ярких новинок Palgrave Macmillan, дочерней компании британского издательства Macmillan Publishers, в состав которого входит Nature Publishing Group, выпускающая в том числе и журнал Scientific American, посвящен исследованиям литературоведческо-культурологической направленности



Стэнфорд Патрик Розенбаум и Джеймс Хоул. Мемуарный клуб группы Блумсбери (Stanford Patrick Rosenbaum and James M. Halle. The Bloomsbury Group Memoir Club)

Настоящая книга посвящена уникальному в мировой практике явлению — истории группы Блумсбери, кружка молодых писателей и художников, выпускников Кембриджа, объединенных как личными, семейными, дружескими, так и творческими отношениями. Название кружка связано с тем, что в 1905–1906 гг. они собирались в доме Вирджинии Вулф на Гордон-сквер в лондонском районе Блумсбери, куда семейство Стивенсов переехало из

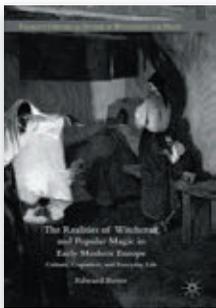
респектабельного Кенсингтона после смерти отца Вирджинии, известного литературного критика Лесли Стивенсона, в 1904 г. Но начало деятельности клуба относится к концу 80-х гг. XIX в., когда лондонский дом Стивенсов стал одним из центров культурной жизни британской столицы.

Кроме Вирджинии Вулф и ее подруги Виты Сэквилл-Уэст в кружок входили писатели-модернисты Литтон Стрэчи, Эдвард Морган Форстер, Дэвид Гарнетт, художники Дора Каррингтон и Дункан Грант, историки искусства Клайв Белл и Роджер Фрай, экономист Джон Мейнард Кейнс, ориенталист Артур Уэйли, философ и математик Бертран Рассел. В своих разговорах и сочинениях они обсуждали новости научной

и художественной жизни, отстаивали свободу художественного поиска, независимость в жизни и в искусстве.

Составитель издания Стэнфорд Розенбаум, почетный профессор английской литературы в канадском Университете Торонто, собрал записи разных лиц, бывавших на заседаниях, разыскал их сохранившиеся дневники и воспоминания. Собранные источники позволили ему воссоздать историю мемуарного клуба группы Блумсбери. После его кончины в мае 2012 г. работу продолжил его ученик и коллега доктор Джеймс Хоул, профессор Техасского университета. Он создал подробную летопись деятельности клуба, прокомментировал все тексты и составил подробный аннотированный список архивных источников. В предисловии он вписывает мемуарный клуб с одной стороны в историю английской литературы, а с другой — в историю культуры XX в. В шести главах книги, каждая из которых представляет собой вполне законченную работу, он показывает предпосылки возникновения клуба, анализирует его влияние на британскую культурную элиту. Материал разделен по трем временным регистрам, соответствующим викторианскому, эдвардианскому и георгианскому периодам в истории Британии. Повествование членится на две параллельные и взаимодополняющие друг друга линии — личную и общественную.

В качестве приложения Хоул публикует описание неопубликованной части мемуаров Вирджинии Вулф и аннотированный указатель связанных с ними мемуарных текстов других лиц.



Эдвард Бевер. Народная магия и колдовство в культуре, сознании и повседневности Европы раннего Нового времени (Edward Bever. *The Realities of Witchcraft and Popular Magic in Early Modern Europe Culture, Cognition and Everyday Life*)

Книга профессора Нью-Йоркского университета Эдварда Бевера стала итогом его многолетних изысканий по истории народных верований в Западной Европе. Основываясь на многочисленных источниках, Бевер определяет место народных верований в культуре народов Европы. Важная особенность книги — последовательный междисциплинарный подход, позволяющий по-новому осмыслить известные факты. Бевер показывает, что вера в сверхъестественное была не просто частью культуры раннего Нового времени, но средством познания быстро меняющейся действительности. Он выявляет непростую механику ее рецепции христианством и показывает преемственные связи разных конфессий с древнейшими культами. Материал книги охватывает Германию (Баден-Вюртемберг), Францию и Швейцарию. Отдельная глава посвящена умиловительной магии и ее реликтам, сохранившимся в современной жизни. Включенные в книгу редкие тексты помогают глубже понять этот осколок прошлого.



Рут Боттигеймер. Колдовской фольклор и волшебная сказка от Древнего Египта до эпохи Возрождения (Ruth Bottigheimer. *Magic Tales and Fairy Tale Magic From Ancient Egypt to the Italian Renaissance*)

Профессор Рут Боттигеймер впервые прослеживает преемственные связи между древнейшими формами колдовского фольклора — мифами и сказками о колдунах и чародеях — и европейской традицией начиная с античной Греции и древнего Рима и кончая сказками Перро и братьев Гримм. Она выявляет основные сюжетные комплексы древнеегипетских, еврейских, мусульманских текстов и показывает, как не просто они входили в европейскую культуру. Не остается в стороне и христианство, ибо многие сюжеты распространились в Европе именно благодаря их рецепции раннехристианскими авторами. Особая глава посвящена придворным обработкам волшебных сказок и их связям с народной культурой. Обширный материал позволяет выявить сюжетно-мотивный комплекс, общий для большинства европейских культур.



Донелл Рьюв. Британская детская поэзия эпохи Романтизма: строфика, рифма, загадки (Donella Ruwe. *British Children's Poetry in the Romantic Era: Verse, Riddle, and Rhyme*)

Книга профессора Университета Северной Аризоны Донелл Рьюв открывается обстоятельным введением, в котором автор выстраивает оригинальную парадигму британского детского фольклора последней трети XVII в. — начала XIX в. (1780–1835), когда сформировались основные творческие принципы детской поэзии, определившие ее развитие на последующие века. Важно, что автор рассматривает лишь светскую поэзию и литературу — тексты для самых маленьких, загадки и стихи. Впервые она включает в дискурс детской литературы стихотворные учебники и руководства для детей. В поле ее зрения оказываются как сочинения классиков — графини де Жанлис, Руссо, Блейка, так и малоизвестные тексты, сохранившиеся в рукописях, например стихотворные игры Сары Кольридж.

Татьяна Колядич

Более полную информацию об издательстве
Macmillan можно найти на сайте:
www.macmillan.ru

КАК ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ/ЗАКАЗ НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ» ЧЕРЕЗ РЕДАКЦИЮ

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые вы хотите получить, а также ваш полный почтовый адрес. Подписка оформляется со следующего номера журнала.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении любого банка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже). Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанным в этой квитанции реквизитам.
3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате:
 - по адресу 119991, г. Москва, ГСП-1 Ленинские горы, д. 1, к. 46, офис 138, редакция журнала «В мире науки»;
 - по электронной почте podpiska@sciam.ru, info@sciam.ru;
 - по факсу: +7(495) 939-42-66

Стоимость подписки на первое полугодие 2014 г. составит:

Для физических лиц: **1140 руб. 00 коп.** — доставка заказной бандеролью*.

Для юридических лиц: **1200 руб. 00 коп.**

Стоимость одного номера журнала: за 2004–2006 гг. — **бесплатно**, за 2007–2011 гг. — **20 руб. 00 коп.**,

за 2012 г. — 1-е полугодие — **60 руб. 00 коп.**; за 2012 г. — 2-е полугодие — **120 руб. 00 коп.**

(без учета доставки); стоимость почтовой доставки по России — **70 руб** заказной бандеролью, **50 руб.** — простым письмом.

Бланк подписки на журнал размещен на сайте www.sciam.ru.

Уважаемые подписчики! После подтверждения платежа вы будете получать журнал ежемесячно с доставкой в отделение почтовой связи.

* Если ваша заявка о подписке получена до 10-го числа месяца, то, начиная со следующего месяца, с почты вам начнут приходить уведомления о заказной бандероли. Такая система доставки журналов гарантирует 100%-ное получение. За доставку простой бандеролью редакция ответственности не несет.

БЛАНК ЗАКАЗА НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

Я заказываю следующие номера журнала «В мире науки» (отметить галочкой):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2012 г.												
2011 г.												
2010 г.								объединенный выпуск	объединенный выпуск			
2009 г.												
2008 г.												
2007 г.												
2006 г.												
2005 г.												
2004 г.												

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Кв. _____

Телефон _____

E-mail: _____

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

Некоммерческое партнерство
«Международное партнерство
распространения научных знаний»
Расчетный счет 40703810238180000277
В Московском банке Сбербанка
Россия ОАО №9038/00495 БИК 044525225
Корреспондентский счет 3010181040000000225
ИНН 7701059492; КПП 772901001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год		

Платательщик

Некоммерческое партнерство
«Международное партнерство
распространения научных знаний»
Расчетный счет 40703810238180000277
В Московском банке Сбербанка
Россия ОАО №9038/00495 БИК 044525225
Корреспондентский счет 3010181040000000225
ИНН 7701059492; КПП 772901001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год		

Платательщик

ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ

НА ЖУРНАЛ "В МИРЕ НАУКИ"

МОЖНО:

В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ

ПО КАТАЛОГАМ:

"РОСПЕЧАТЬ",

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

81736 ДЛЯ ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

19559 ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

"ПОЧТА РОССИИ"

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

16575 ДЛЯ ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

11406 ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

КАТАЛОГ «ПРЕССА РОССИИ» 45724

WWW.AKC.RU

ПОДПИСКА ПО РФ И СТРАНАМ СНГ:

ООО "УРАЛ-ПРЕСС",

WWW.URAL-PRESS.RU

СНГ, СТРАНЫ БАЛТИИ И ДАЛЬНЕЕ

ЗАРУБЕЖЬЕ: ЗАО "МК-ПЕРИОДИКА",

WWW.PERIODICALS.RU

РФ, СНГ, ЛАТВИЯ:

ООО "АГЕНТСТВО "КНИГА-СЕРВИС",

WWW.AKC.RU



Senior Vice President and Editor in Chief:

Mariette DiChristina

Executive Editor:

Fred Guterl

Managing Editor:

Ricki L. Rusting

Managing Editor, Online:

Philip M. Yam

Design Director:

Michael Mrak

News Editor:

Robin Lloyd

Senior Editors:

Mark Fischetti, Christine Gorman, Anna Kuchment,
Michael Moyer, George Musser, Gary Stix, Kate Wong

Associate Editors:

David Biello, Larry Greenemeier, Katherine Harmon,

Ferris Jabr, John Matson

Podcast Editor:

Steve Mirsky

Contributing editors:

Mark Alpert, Steven Ashley, Davide Castelvecchi,
Graham P. Collins, Deborah Franklin, Maryn McKenna,
John Rennie, Sarah Simpson

Art director:

Ian Brown

President:

Steven Inchcoombe

Executive Vice President:

Michael Florek

Vice President and Associate Publisher,

Marketing and Business Development:

Michael Voss

Vice President, Digital Solutions:

Wendy Elman

Adviser, Publishing and Business Development:

Bruce Brandfon

© 2014 by Scientific American, Inc.

Читайте в следующем номере:



Новая эра в исследовании мозга

Мозг и зарождение в нем сознания — величайшие загадки науки. Чтобы лучше разобраться в его устройстве, нужны новые инструменты для анализа работы нервных сетей, позволяющие регистрировать активность групп нейронов в мозге и управлять ею.

Хорошее — враг лучшего

Нашему мозгу свойственно цепляться за знакомый способ решения задачи и не замечать, что есть другие, более подходящие и удачные варианты. Это явление известно

психологам еще с середины прошлого века, но только сейчас появилось четкое представление о том, как это происходит.

Генная терапия: акт второй

Эксперименты 1990-х гг. породили необоснованные ожидания по поводу быстрых успехов генной терапии. После нескольких трагических неудач ученые провели следующие годы, оттачивая свое понимание фундаментальной биологии и вовлеченных в процесс технологий. И вот новые, более безопасные методики лечения уже готовы к внедрению в клиническую практику.

Карликовые галактики и темная сеть

Небольшие галактики, вращающиеся вокруг Млечного Пути, могли прибыть по «сверхскоростным магистралям», образованным из темной материи и простирающимся сквозь Вселенную.

Самые древние скалы на Земле

Одна группа исследователей считает, что древние горы, обнаруженные на севере Канады, могут пролить свет на детство нашей планеты и на зарождение самой жизни. Другая же группа полагает, что эти породы не настолько уникальны.

Возрождение американского каштана

Патогенный грибок, по неосторожности завезенный в Северную Америку из Азии, практически уничтожил некогда обширные каштановые леса. Спасти положение — и американский каштан — могла бы генная инженерия. Если исследователи получат федеральное разрешение на подобный эксперимент, то американский каштан станет первым видом, которому генетическая модификация помогла вновь занять свое природное место.

Удивительные причины сложности жизни

Согласно общепринятому мнению, под воздействием дарвиновского естественного отбора происходит непрерывный эволюционный процесс и из простых организмов через промежуточные формы постепенно формируются сложные. Недавно ученые предположили, что усложнение может происходить и другим путем, даже без воздействия естественного отбора, — например, оно может быть просто побочным эффектом.

Н очевидное
невероятное

национальный научно-информационный центр
В мире науки

ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

НАУЧНАЯ РОССИЯ

www.sci.ru.org

Для всех, кто живет
на планете
ЗЕМЛЯ!

ISSN 0208-0621



9 770208 062001

14004



>