

ЭКОЛОГИЯ

Леса
на марше

СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ

Учебное пособие
XXI века

МЫСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Жесткий диск
планеты

В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

12+

Ежемесячный
научно-информационный
журнал

www.sci-ru.org

10 2015



■ ОТ ВОЛКА → К СОБАКЕ ■



12

Главные темы номера

НАУКА И ОБЩЕСТВО

Как заболеть наукой?

Валерий Чумаков

Ректор МГУ им. М.В. Ломоносова академик РАН

Виктор Садовничий — о подготовке к X Московскому фестивалю науки

ЭВОЛЮЦИЯ

От волка к собаке

Вирджиния Морелл

Биологи разных стран пытаются раскрыть тайну превращения крупного опасного для человека хищника в нашего лучшего друга

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Всемирный атом

Валерий Чумаков

Корреспондент нашего журнала побывал на 59-й Генеральной конференции МАГАТЭ, прошедшей в середине сентября в Вене

Атомная энергетика для арктического шельфа

Е.П. Велихов, В.Ф. Демин, Н.Ш. Исаков, А.Ю. Казеннов, Д.А. Крылов, В.П. Кузнецов, В.Н. Лыцков; И.Э. Ибрагимов, Д.А. Мирзоев

Сегодня многие говорят об угрозе истощения земных недр на материках, поэтому на шельфовые месторождения арктических морей возлагаются большие надежды. Их освоение входит в число стратегических приоритетов России



76

СОДЕРЖАНИЕ

Октябрь 2015

КУЛЬТУРА

«Культура должна стать национальной идеей»

36

Наталья Лескова

Это последнее интервью Людмилы Шапошниковой — ученого-востоковеда, философа, писателя, крупнейшего исследователя творчества семьи Рерихов

4



ТЕХНОЛОГИИ

От рентгена до ультразвука

42

Валерий Чумаков

О Национальном исследовательском Томском политехническом университете (ТПУ) в одной статье рассказать невозможно, поэтому мы начнем с института, смотрящего в самую глубь вещей, — Института неразрушающего контроля

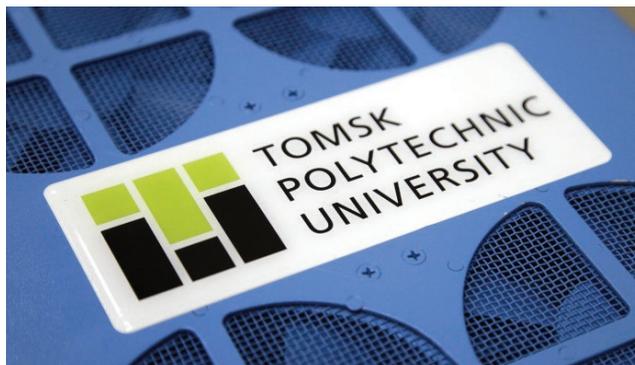
12



22



30



НЕЙРОНАУКИ

Пицца для новых нейронов

50

Маша Эльберс

Некоторые области мозга дают возможность прорастанию свежих нейронов, что, помимо всего прочего, улучшает память. При правильной подпитке можно увеличить этот нейрогенез



Скрытая потеря слуха

Чарльз Либерман

Отбойный молоток, включенный на полную мощность динамик и другие источники звука могут вызвать необратимые повреждения слухового аппарата совершенно неожиданным образом

56



ОБРАЗОВАНИЕ

Создание учебного пособия XXI века: новый подход к тестированию

Энни Мерфи Пол

Слишком часто бывает, что школьные оценки повышают тревожность и тормозят обучение. Новые исследования указывают, как изменить такую ситуацию

64

Дети — тоже ученые

Майкл Уиссонион

Чем хороши естественно-научные стандарты следующего поколения

74

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Леса на марше

Хиллари Роснер

Деревья не способны перебраться в более благоприятные места, когда ухудшается климат, так что люди должны оказать им посильную помощь

76

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Вкус зимнего хлеба

Владимир Губарев

Академик **Баграт Сандухадзе**, выдающийся селекционер и ученый, творит настоящие чудеса: он выращивает хлеб там, где, казалось бы, это сделать невозможно

84

АСТРОНОМИЯ

Космическая (не)значимость

Калеб Шарф

Земля во Вселенной: уникальна или ординарна?

94

МЫСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Жесткий диск планеты

Сезар Идальго

Какова информационная емкость Земли и насколько она сегодня заполнена? Ответ на этот вопрос наводит на удивительные размышления о росте порядка во Вселенной

98

ПРЕМИЯ

О науке

С ЛЮБОВЬЮ

А. Белая

Олег Ващенко

Журнал «В мире науки / Scientific American» стал лауреатом одной из самых престижных литературных премий в России — **Беляевской премии**

110

Разделы

От редакции

3

Науки о здоровье

104

50, 100, 150 лет тому назад

107

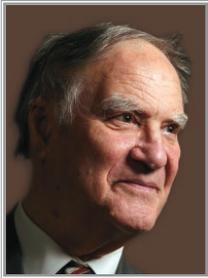
Технофайлы

109

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:



Сибирское отделение РАН

PETER



SERVICE



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



РОСАТОМ

о ч е в и д н о е



н е в е р о я т н о е

Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

Главный редактор:

В.Е. Фортон

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:

О.Л. Беленицкая

Выпускающий редактор:

М.А. Янушкевич

Обозреватели:

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

Администратор редакции:

О.М. Горлова

Научные консультанты:

д.т.н., профессор В.Н. Борииков;

д.т.н., профессор В.П. Вавилов;

д.с.-х.н., академик РАН Б.И. Сандухадзе

Над номером работали:

М.С. Багоцкая, Е.П. Велихов,

С.В. Гогин, В.Ф. Демин, И.Э. Ибрагимов, Н.Ш. Исаков,

А.Ю. Казеннов, Д.А. Крылов, В.П. Кузнецов, Н.Л. Лескова,

В.Н. Лыцков, Д.А. Мирзоев, Е.С. Новоселова, И.В. Ногаев,

А.И. Прокопенко, И.Е. Сацевич, Н.Н. Шафрановская,

С.Э. Шафрановский

Арт-директор:

Д.В. Левин

Верстка:

А.Р. Гукасян

Корректур:

Я.Т. Лебедева

Президент координационного совета

НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

В.Е. Фортон

Заместитель директора

НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

В.К. Рыбникова

Финансовый директор:

Л.И. Гапоненко

Главный бухгалтер:

Е.Р. Мещерякова

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

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

Иллюстрации предоставлены *Scientific American, Inc.*

Отпечатано: в АО «ПК «ЭКСТРА М», 143405, Московская

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

23-й км, владение 1, д. 1

Заказ №10 15-09-00640

© **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.



Человек и природа: кто сильнее?

Если человек зависит от природы,
то и она от него зависит:
она его создала — он ее переделывает.

Анатолий Франс

Знаменитый французский писатель высказал удивительно точную мысль. Человеку недостаточно использовать ресурсы природы, он стремится подстроить ее под себя и свои нужды. Правда, здесь важно не переусердствовать.

Еще древние люди поняли, что животные могут быть полезны не только как объект охоты, но и как помощники. Первыми стали, как ни странно, волки. Археологические данные свидетельствуют о том, что люди стали охотиться вместе с волками еще в каменном веке. Когда и где волк стал собакой и произошло ли это единожды? Об этом — в главной статье номера «От волка к собаке» Вирджинии Морелл.

Вмешательство человека в природу может иметь различные последствия, в том числе неблагоприятные. Положительный пример приведен в статье Хиллари Роснер «Леса на марше». Ученые из Университета Британской Колумбии предложили новый способ спасения деревьев, гибнущих из-за климатических

изменений, — перенос ДНК растений. Биологи проводят эксперимент по пересадке елей из Аляски и Орегона в Британскую Колумбию.

В научной среде не утихают споры о причинах глобального изменения климата — есть ли в этом вина человека. В статье Дэна Баума «Изменение штата» описано, как ученые и специалисты борются с засухой, долгие периоды которой Калифорния переживает на протяжении всей своей истории. Удастся ли им внедрить нововведения и превратить штат в мировую лабораторию охраны водных ресурсов?

Взаимодействие человека с природой может быть гармоничным. Выдающийся селекционер академик Баграт Сандухадзе вывел новый, рекордный для России по урожайности и содержанию белка сорт озимой пшеницы. И не где-нибудь на плодородной Кубани, а в ближайшем Подмосковье, в условиях Нечерноземья. Об этом и многом другом он рассказывает в интервью «Вкус зимнего хлеба».

Сегодня многие говорят об угрозе истощения земных недр на материках как об одном из главных вызовов природы. В этой связи ученые возлагают большие надежды на шельфовые месторождения арктических морей. Возможности разработки таких месторождений посвящена статья «Атомная энергетика для арктического шельфа».

Человек, будучи частью природы, отличается от всего живого тем, что у него есть разум. Это позволяет надеяться на то, что люди будут более ответственно относиться к природе и их интеллект будет направлен на создание новейших технологий, которые не будут наносить ей вреда. Многие из них разрабатываются в научных и образовательных центрах России. Об одном таком центре — Национальном исследовательском Томском политехническом университете (ТПУ) — читайте в материале «От рентгена до ультразвука».

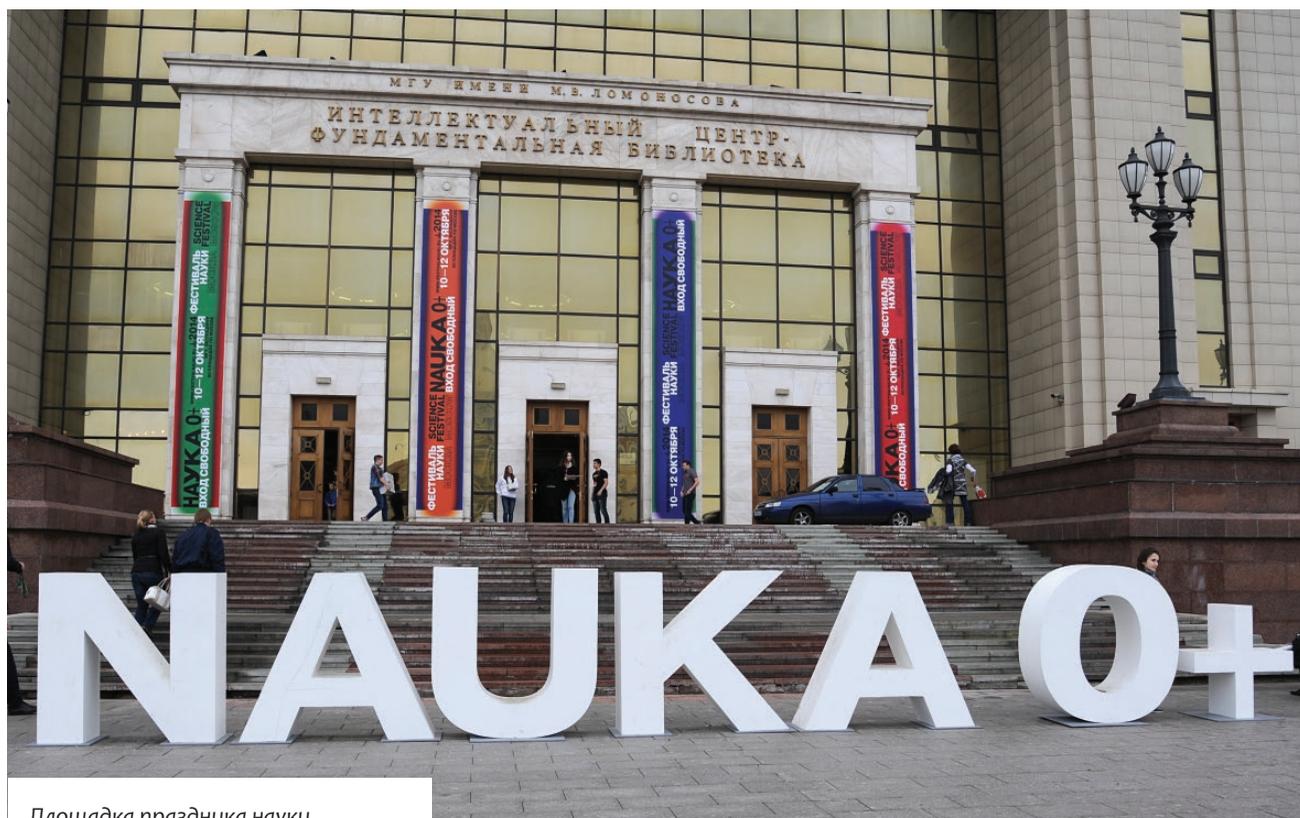
Редакция журнала «В мире науки»

Как заболеть научкой?

Ректор Московского государственного
университета им. М.В. Ломоносова
академик РАН Виктор Антонович
Садовничий рассказал нашему
журналу о подготовке к X Московскому
фестивалю науки в рамках юбилейного
V Всероссийского фестиваля науки
НАУКА 0+







Площадка праздника науки

— **Виктор Антонович, Московскому фестивалю науки исполнилось десять лет. А как родилась идея первого фестиваля?**

— Непросто родилась. Наша страна после 1990-х гг. от фундаментальной науки ушла довольно далеко, и молодые люди не видели в ней своего будущего. А ведь и прогресс, и будущее любой страны заключено именно в молодых. Лихие девяностые очень больно ударили по престижу науки и образования. Я уже был ректором, когда мне в открытую говорили: «Какой университет? Зачем нужна эта наука? Мне бы поставить киоск возле метро — и все, будущее обеспечено». К счастью, мы понимали: знания нужны для людей, для могущества страны. Не будет науки — не будет экономики, вообще не будет России. Отсутствие перспектив было для нас, профессоров, ученых, которые посвятили науке всю жизнь, очень большим вопросом. Мы искали выход, как можно изменить ситуацию. Необходимо было решить, как заставить молодежь и всю страну в целом «заболеть наукой».

Помогла счастливая случайность. Я встречался с западными научными журналистами, и они меня спросили: «Почему в России, могучей стране с богатейшим научным потенциалом, нет фестивалей науки? В Великобритании, например, такие мероприятия с успехом проходят с середины XIX в.». Взвесив все за и против, я на свой страх и риск решил развить эту идею в России.

— **Вам кто-нибудь помог?**

— Общество было не готово — ни морально, ни физически, прямых союзников сразу не нашлось, поэтому первый фестиваль науки был проведен МГУ самостоятельно. Нашим плюсом была хорошая площадка — Фундаментальная библиотека, открытая как раз в 2005 г. И вот в 2006 г. мы провели первый фестиваль. Все делалось быстро и без чьей-либо помощи. Мы думали, получится скромное событие. Но первый фестиваль сразу заявил о себе как о явлении. К нам пришли 50 тыс. человек. Я почувствовал, что мы попали, что называется, в точку. По глазам школьников было видно, что все происходящее, все представленное им очень интересно, что они хотят жить наукой.

Конечно, нужны были союзники, серьезная поддержка, масштабная реклама, транспорт, условия — не только в Московском университете, но и на других площадках. Тогда я обратился к правительству Москвы, в Департамент науки, промышленной политики и предпринимательства города Москвы, где сразу откликнулись на нашу идею, помогли в организации следующих фестивалей.

Масштабность, как говорят математики, нарастала в геометрической прогрессии. На следующем фестивале уже было 100 тыс. человек, затем — 200 тыс., и т.д. К 2010 г., когда размах достиг 500 тыс., мы открыли параллельную выставку в Экспоцентре. Нашу идею подхватили вузы, институты академии наук и музеи, появились площадки в других городах России.

— **И фестиваль гордо зашагал по стране.**

— В 2010 г. состоялось заседание Госсовета совместно с Советом по науке и образованию при Президенте РФ. Я выдвинул идею придать фестивалю официальный статус общероссийского, тем более что он, по сути, уже таким стал. И предложение было принято.

Мы взялись за организацию уже общероссийского мероприятия, и я боялся одного — загубить то, чего так долго мы добивались... Есть такая теорема: если хочешь задачку не решить, надо ее обобщить. Тогда она перестает решаться. Вот сейчас мы вопрос по фестивалю обобщим, все министерства за него возьмутся — и все, конец. Поэтому мы требовали, чтобы главной площадкой оставался МГУ. Я исходил из того, что мы уж точно не подведем и что от нас зависит — сделаем, фестиваль проведем.

— **Перестраховались?**

— Такая «перестраховка» была нелишней, но, как оказалось, все сложилось удачно. Мы решили ввести дополнительное правило: если в процессе подготовки и проведения фестиваля какая-то региональная площадка покажет себя лучше других, то на следующий год она будет главной региональной площадкой.

— **Как на «Евровидении»?**

— Ну, мы брали пример не с «Евровидения». Я уже 20 лет возглавляю оргкомитет конкурса «Учитель года России», и там тот же принцип: лучший педагог принимает на следующий год конкурс у себя. В прошлом году победил учитель из Татарстана, и я теперь еду в Казань. Такая система — неплохой стимул для участников.

Крибле, крабле, рубль...

— Теперь можно с уверенностью утверждать: наша идея оказалась одной из самых плодотворных по массовой популяризации науки и вовлечению в нее молодых людей. Ведь мы от Калининграда до Владивостока показываем молодым людям науку.

— **В мире подобные мероприятия, как вы сами сказали, существовали и существуют сейчас. В чем еще особенность нашего фестиваля?**

— У наших людей любовь к науке зашита уже в генах. Практически все крупные научные достижения и прорывы, определяющие дальнейшее развитие, были сделаны российскими учеными. Летать на самолетах и вертолетах научили наши соотечественники. Полеты в космос, таблица Менделеева, лазеры — и т.д. Ломоносов, Кулибин, Мечников, Пирогов, Мичурин, Лобачевский, Павлов — список гениев длинный. Конечно, и ученые других стран сделали много открытий, но если говорить именно о крупнейших прорывах, системообразующих открытиях, то все-таки это дело больше российских ученых. Мы действительно страна науки. В других государствах фестивали проводятся, но они очень коммерциализованы. У нас же коммерции нет ни на йоту.

Организаторами выступают профессора Московского университета и их союзники, мы не берем платы ни за вход, ни за участие, ни за что-либо иное. Так и должно быть.

— **Коль уж заговорили про коммерцию: это мероприятие отнюдь не дешевое. Как складывается финансирование?**

— Первые годы фестиваль целиком финансировался из внебюджетных средств МГУ, тогда это для нас была серьезная сумма. Затем на правах софинансирования стало помогать правительство Москвы. Потом появилась такая хорошая форма, как мои письма по 20–30 адресам: корпорациям, известным людям — с просьбой помочь.

— **Помогают?**

— Практически все, хоть как-то, не всегда финансами, но помогают. Сейчас, когда фестиваль стал общероссийским, идет финансирование от Министерства образования и науки. Но и МГУ продолжает выделять для проведения свои суммы. Теперь, конечно, проще — все-таки уже с миру по нитке: стенды поставить, транспорт оплатить, создать условия зарубежным лекторам — нобелевским лауреатам, обеспечить безопасность и т.д. Но я повторяю, что это абсолютно неприбыльно, — такая задача даже не ставится. Пока я куратор, у нас не будет коммерческой составляющей.

— **Этот год — не очень хороший с точки зрения эконоимической ситуации. Это сказалось на подготовке юбилейного фестиваля?**

— Нет, по размаху и масштабам он будет даже шире, чем раньше. Бюджет сформирован, помощь нам оказана — не только традиционными спонсорами, но и новыми, даже зарубежные компании помогают. Интерес к науке мы активизировали, кризис его не смог пошатнуть или уменьшить. По просьбе правительства Москвы мы даже добавим площадку на ВДНХ.

Сотворение кумира

— **За десять лет вы как один из главных организаторов фестиваля и как ректор университета увидели результат? Увеличилось ли число детей, мечтающих «делать жизнь» не с Анджелины Джоли и Роналдиньо, а, например, с Альберта Эйнштейна и Софьи Ковалевской?**

— Конечно, результат есть, но я бы не отнес его целиком к фестивалю. Это общие заслуги всего академического сообщества и властей. Сегодня, в отличие от 1990-х гг., явно обозначилось стремление поступить и учиться в сильных университетах, а не просто получить диплом. Люди поняли, что нужны фундаментальные знания. А их дает только наука.

Ребята у нас многое делают сами. Даже лозунг фестиваля — «Сделай свое открытие», а не просто, например, «Посмотри». Есть такая программа *CanSat*, когда школьники сами делают спутники и запускают их на высоту полтора-два километра.

ВЕХИ ИСТОРИИ

Идея государственной поддержки популяризации научных знаний родилась в Великобритании в первой половине XIX в. В 1831 г. в Лондоне была создана Британская ассоциация продвижения науки (*British Association for the Advancement of Science*), задачами которой стали демонстрация обществу значения и сущности науки, проведение публичных лекций, дискуссий, научных выставок. Научная информация не просто доводилась до рядовых граждан, но и формировалось осознание необходимости финансирования научной деятельности на государственном уровне. Именно на заседаниях ассоциации было сформулировано понятие *scientist* («ученый») — человек, профессионально

занимающийся наукой. В 1842 г. с легкой руки лекторов ассоциации в публичный оборот вошло слово «динозавр», а в 1860 г. именно Британская ассоциация провела первые публичные дебаты по вопросу революционной теории Чарлза Дарвина.

Фестивали науки рассчитаны на самую широкую аудиторию. Цель их проведения — понятным и доступным языком рассказывать обществу, чем занимаются ученые, как научный поиск улучшает качество жизни, какие перспективы он открывает современному человеку. Количество посетителей фестиваля в Москве в 2014 г. превысило 800 тыс. человек, а в целом по России — 2 млн.



Космос интересен всегда и всем

На парашютике спутник опускается, они измеряют температуру, влажность, делают снимки и т.д. Мы с этими экспонатами были на МАКС-2015. Нашу экспозицию посетил президент России В.В. Путин, подержал в руках «летающий топор» и пожелал ребятам удачи. Сегодня в школах вновь появляются кружки, для умелых ребят открываются новые дома и дворцы творчества, в правительстве ведется специальная программа.

Сейчас родилась очень важная идея. Часто школьники проводят летние каникулы в каком-нибудь

лагере за границей. Я на правительственных комиссиях выступаю за другое: давайте это время используем для того, чтобы привлечь внимание молодых людей к научному творчеству. Можно организовать хорошие лагеря, где у школьников будет возможность сконструировать свой вертолет, гоночный автомобиль или робота. Дети, с одной стороны, отдохнут в хороших условиях, причем недалеко от родителей, на природе, а с другой стороны — заразятся творчеством, наукой. Человек, который уже сам что-то сделал, кем бы он ни был, даже если выберет профессию заправщика на бензоколонке, по вечерам будет что-то мастерить. Со временем создание таких лагерей станет еще одним шагом привлечения молодежи к творчеству.

Во время учебы в сельской школе где-то в 1953 г. мне захотелось сделать модель нашего самого большого в то время ледокола. Вдвоем с ровесником мы целый год работали. Сделали модель судна со всеми деталями: каютами, мачтами, от носа до кормы — 120 см. Казалось бы, сельская школа, многого ожидать нельзя. Но наш учитель предложил отвезти наш ледокол в Москву на ВДНХ. Билет давали только одному человеку. Мой товарищ был сиротой, поэтому, конечно, договорились, что поедет он. И он ездил на ВДНХ и выставлял этот корабль. Я был недавно в своей школе: этот ледокол там сейчас стоит в музее. С тех пор мне все время хочется что-то придумывать, конструировать, собирать. Вот к чему я это вам рассказал: у меня все есть — и станок, и мастерская, и инструменты. Я все умею, смогу сделать даже сейчас. Потому что полюбил это, почувствовал вкус еще в детстве, когда человек формируется.

Дипломная работа

— **Насколько сложно командам попасть на этот фестиваль? Как происходит отбор, какой конкурс?**

— Отбор есть, его проводит наша команда — организаторы и эксперты. Но, в принципе, если у группы или просто у человека есть какое-либо готовое изобретение, не относящееся к лженауке, участником



На фестивальных лекциях аншлаг — привычное явление

фестиваля можно стать без проблем. То, что относится к делу, должно быть выставлено. Тут ребятам важна помощь учителей — проинформировать, направить, убедить в собственных силах.

— **Понятно, что участие в фестивале приносит огромное моральное удовлетворение участникам. Но что оно дает в практическом плане? Премию, ценный приз, льготы при поступлении в вуз?**

— К сожалению, пока это не входит в портфолио. Конечно, дипломы, награды — это все есть. Я выступаю за более широкое портфолио при поступлении. Сейчас у нас маятник: в прошлом году оно составляло 20 баллов, в этом году предлагается 10. Думаю, что это не очень правильно. Я бы наоборот его расширял — и такие победы в конкурсах, на фестивалях науки вносил бы в портфолио обязательно. Стоит просто учесть тот факт, что диплом подпишет нобелевский лауреат. У нас есть несколько конкурсов, где судьи — нобелевские лауреаты. В любом зарубежном университете принято: если рекомендация дана крупным ученым, шансы молодого человека на поступление вырастают многократно. Меня ребята, которые по каким-то причинам едут учиться за границу, часто просят, чтобы я дал им научную рекомендацию. Для западных университетов это много значит.

— **Вы сказали, что приедут лекторы из-за рубежа. А есть ли среди участников фестиваля представители из других стран?**

— Белорусы всегда участвуют — и участвуют хорошо. Что касается зарубежных связей, мы подписали меморандум о сотрудничестве в проведении фестиваля с 24 странами. В прошлом году впервые в фестиваль включился Азербайджан, большие делегации приезжают из Китая, Ирландии, Германии, Японии, так что наша идея прорастает уже далеко за пределы России.

— **Приоткройте тайну: нобелевские лауреаты, другие известные ученые уже сказали: да, приедем точно?**

— Мы ожидаем двух нобелевских лауреатов — Аду Йонат из Израиля и Сиднея Олтмена из США, они будут читать лекции. Ждем президента Норвежской академии наук профессора Нильса Стенсета, нашего соотечественника,

директора оксфордского Института ускорительной физики профессора Андрея Серого, президента Ирландского национального университета в Корке профессора математики Майкла Мерфи и многих других. Кстати, после фестиваля они обычно посещают наши лаборатории. Были случаи, когда выдающиеся ученые оставались на полгода у нас поработать.

Программные вопросы

— **Какие экспонаты или команды на фестивале, как вам сейчас кажется, будут наиболее интересны?**

— У нас, конечно, неоспоримые достижения в космосе. На днях мы подписали с «Роскосмосом» новое соглашение: у нас в декабре намечается вывод на орбиту университетского спутника «Ломоносов» весом 600 кг. Беспрецедентный запуск. Это целая система, которую будет выводить отдельная ракета-носитель! Такого научного спутника сейчас нет ни у одного университета в мире. Это уже шестой спутник, который сделан Московским университетом. Шесть спутников — целая флотилия.

Я хочу, чтобы на фестивале в непрерывном режиме на экране крутились наши работы: сегодня на 400 космических аппаратах стоят приборы Московского университета. Это, конечно, наиболее значимое и прорывное направление уже не просто для МГУ, а для всей страны.

Другое достижение — его надо пропагандировать, и его элементы будут демонстрироваться — это супервычисления, суперкомпьютер. В МГУ уже десять лет работает самый мощный суперкомпьютер в России «Ломоносов», мы входим в пятерку самых мощных компьютеров Европы и в двадчатку мира. Но соревнуемся мы в рейтингах не с университетами. Университет не может содержать такой компьютер — это касается только национальных центров:

Соединенных Штатов, Китая, Японии, Германии. А мы — университет. У нас сейчас реальная мощность «Ломоносова» — 1,7 петафлопс, а созданного недавно «Ломоносова-2» — 2,5 петафлопс.

Из того, что представляют не наши ребята, на меня произвели впечатление гоночные автомобили МАДИ. Хорошие достижения показывают технические вузы. Много стендов, связанных с виртуальной реальностью, много приборов, роботов. Очень интересно медицинское направление.

— **В этом году вы планируете прочитать научно-популярную лекцию для аудитории фестиваля науки. О чем она?**

— Лекция называется «Ноев ковчег». Тема междисциплинарная. Как руководитель проекта я не могу сказать, что это будет только моя любимая математика, где бы я с огромным удовольствием поплавал, или космос, или обработка изображений — то, что мое. Это будет больше связано с общецивилизационными вопросами: накоплением баз данных, депозитариев, хранилищ. В общем, нам, человечеству надо сохранить «каждой твари по паре» — вот в чем идея лекции. Заранее хочу сказать, что она покажет мощь научных групп ученых МГУ.

— **Что станет фишкой нынешнего фестиваля науки? Чего ни в коем случае нельзя пропустить или пройти мимо?**

— Я бы ни в коем случае не пропускал лекции — это самое простое для восприятия человека и самое богатое по приобретению новых знаний мероприятие. Тут соотношение цены и качества на недосягаемой высоте. Рекомендую посетить региональные площадки. У нас в 80 регионах задействовано 200 площадок, и на каждой будет что-то свое, очень интересное.

Что касается МГУ, то под девизом «Сделай свое открытие» мы уйдем от замкнутых пространств, чтобы человек мог подойти и сам что-то попробовать сделать: собрать, нахимичить, включить, покрутить. Я бы посоветовал посетить и площадку в Экспоцентре — там будут огромные выставки экспонатов, в том числе и полупромышленного типа. Я думаю, это уже будет интересно не только школьникам, но и специалистам. Ведь важно показать еще и связь между новейшими изделиями и будущими технологиями. Поэтому участниками фестивалей становятся промышленники, инженеры, специалисты, которые присматривают экспонаты и говорят: «Это вроде слабовато, но идея правильная». И потом они эту идею применяют у себя — к нашему общему процветанию.

— **Что вы можете пожелать посетителям фестиваля науки?**

— Желаю прийти к нам. Мы ждем всех. Будет интересно! ■

Беседовал Валерий Чумаков

Темы некоторых лекций X Московского фестиваля науки

НИЛЬС КРИСТИАН СТЕНСЕТ, ПРОФ. (НОРВЕГИЯ)

Изменение климата и влияние на развитие инфекционных болезней, в частности чумы (*Professor Nils Christian Stenseth. Climate Change and Impact on Emerging Infectious Diseases: Plague as an Example*)

В распространении черной смерти в средневековой Европе виноваты вовсе не крысы, как считалось до сих пор. Сегодня благодаря возможностям медицины нет опасности пандемии, но важно понимать, что и в каких условиях может послужить неконтролируемому переносу заболевания.

ОЛЬГА ФИЛАТОВА, Д.Б.Н. (РОССИЯ)

Культурные традиции у китов и дельфинов

Косатки много чем напоминают людей. Это можно сказать, например, о продолжительности жизни, возрасте взросления, частоте рождения детенышей... В лекции пойдет речь о том, почему так важно изучать культурные особенности китов и дельфинов.

АНДРЕЙ СЕРЫЙ, ПРОФ. (ВЕЛИКОБРИТАНИЯ)

Как протащить азробус через игольное ушко?

Казалось бы — неразрешимая задача. Множество проблем, стоящих сейчас перед ускорительной физикой, сравнимы по сложности с разрешением подобной загадки. И на этом этапе огромную помощь может оказать привнесение в ускорительную науку методологии, которая на протяжении десятков лет широко применяется в инженерии и индустрии, — теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), созданной в России.

ЭЛИ КАПОН, ПРОФ. (ШВЕЙЦАРИЯ)

Нанопотоника для информационного общества (*Professor Eli Capon. Nanophotonics for the Information Society*)

В современных условиях, когда создаются новые материалы и получают все большее развитие нанотехнологии, свет становится скорее важным инструментом, чем феноменом природы. В частности, он играет важную роль в новых информационных технологиях, позволяя получать принципиально новые возможности для передачи информации.

АДА ЙОНАТ,

ПРОФ., ЛАУРЕАТ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ (ИЗРАИЛЬ)

Восхождение на Эверест без Эвереста (*Professor Ada Yonath, the Nobel Laureate. Climbing the Everest Beyond the Everest*)

«Зачем тебе это надо?» Такой вопрос Аде Йонат приходилось слышать не раз, ведь исследования в области «расшифровки» рибосомы считались безнадежным делом, коллеги открыто называли его тупиковым проектом.

КОНСТАНТИН АНОХИН, ЧЛЕН-КОРР. РАН (РОССИЯ)

Нейронаука за спиной искусственного интеллекта: почему наш разум не может быть выгружен на внешние носители?

К середине XXI в., а может и раньше, станет возможным сканировать все клетки и связи мозга умершего человека — и загружать эту информацию в модель на суперкомпьютере. Человек, вернее его личность, обретет бессмертие. Так думают некоторые футурологи и писатели-фантасты.

МАРИНА БУТОВСКАЯ, ПРОФ. (РОССИЯ)

Агрессия и примирение как универсальные составляющие социального поведения человека

Эволюционный подход к проблеме агрессии и примирения позволяет выявить сходство и различие механизмов поведения у приматов и человека. Культура не отменяет биологические механизмы в основе этих форм социального поведения, однако она их дополняет, придавая ритуалам агрессии и примирения фундаментально новые свойства, делая их глубоко символическими и осмысленными.

СЕРГЕЙ ЛУКЬЯНОВ, АКАД. РАН (РОССИЯ)

Современные технологии глубокого секвенирования ДНК — что мы можем узнать, читая «книгу жизни» по-новому?

Что нового мы можем «прочитать» в ДНК о старении человека, природе тяжелых заболеваний и поисках путей их лечения.

ИГОРЬ МИТРОФАНОВ, Д.Ф.-М.Н. (РОССИЯ)

Луна — загадочное небесное тело рядом с нами

Как появилась и как эволюционировала наша спутница? Какие погодные условия стоят на лунных полюсах?

АНДРЕЙ РАЙГОРОДСКИЙ, ПРОФ. (РОССИЯ)

Жемчужины современной комбинаторики: от классических задач к приложениям

Комбинаторика — это один из самых красивых и увлекательных разделов современной математики. Замечательно то, что постановки большинства комбинаторных задач понятны школьнику, но тем не менее многие из этих задач до сих пор не решены.

АЛЕКСЕЙ ЖЕЛТИКОВ, ПРОФ. (РОССИЯ)

Время света: лазеры в квантовой физике и науках о жизни

Когда все средства испробованы и все возможности исчерпаны, когда требуются тончайшие инструменты для проникновения в самые сокровенные тайны мироздания, наступает время света. Счет этому времени ведется на особой, фемто- и аттосекундной шкале. Замедленный просмотр одной аттосекунды в течение секунды растянул бы просмотр одной секунды до времени жизни Вселенной.

ЮРИЙ НАТОЧИН, АКАД. РАН (РОССИЯ)

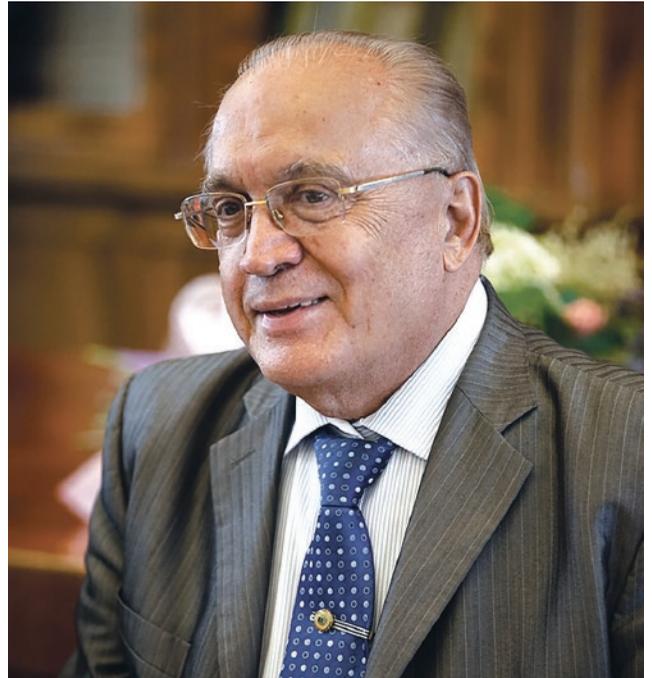
Вода и соль: происхождение жизни, здоровье и болезни

В лекции обсуждается новая гипотеза среды происхождения жизни, новые достижения в понимании механизмов пептидной регуляции мембранного транспорта ионов, организации водно-солевого обмена, обеспечивающего наше здоровье, и новые подходы к лечению его нарушений.

ИГОРЬ ВОЛГИН, ПОЭТ, ИСТОРИК, ПРОФ. (РОССИЯ)

Судьба писателя как текст: Достоевский vs Толстой и стихи из новой книги «Персональные данные»

«Поэт в России больше, чем поэт...» Биография русских писателей представляет собой некий обладающий собственными закономерностями архетипический текст, который требует метафизической «расшифровки». Драматическая «невстреча» Толстого и Достоевского (этих двух полюсов русской жизни) лишь подчеркивает напряженность их духовного диалога.



СПРАВКА

Виктор Антонович Садовничий

- Российский математик, академик РАН.
- Родился в селе Краснопавловка Харьковской области. Трудовую деятельность начал в 1956 г. грузчиком, крепильщиком шахты «Комсомолец» (Горловка, Донецкая область).
- В 1963 г. окончил механико-математический факультет по специальности «математика». В 1967 г. получил ученую степень кандидата физико-математических наук. После окончания аспирантуры работал в МГУ ассистентом, доцентом, профессором, заместителем декана механико-математического факультета по научной работе, заведующим кафедрой функционального анализа и его приложений факультета вычислительной математики и кибернетики (1981–1982). Доктор физико-математических наук (1974), профессор (1975). Профессор, и.о. заведующего кафедрой (1982–1988), заведующий кафедрой математического анализа механико-математического факультета (1988). Первый заместитель первого проректора (1980–1982), проректор по учебно-научной работе естественных факультетов (1982–1984), первый проректор (1984–1992). Директор Института математических исследований сложных систем МГУ (1995).
- Ректор МГУ им. М.В. Ломоносова с 1992 г., президент Российского союза ректоров с 1994 г., председатель Российского совета олимпиад школьников.
- Лауреат Государственной премии СССР, Государственной премии Российской Федерации, двух премий Правительства Российской Федерации в области образования и премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.
- Почетный гражданин Москвы и Харьковской области.
- Женат, имеет троих детей и четверых внуков.



ЭВОЛЮЦИЯ

ОТ ВОЛКА

Биологи разных стран пытаются раскрыть тайну превращения крупного опасного для человека хищника в нашего лучшего друга

Photographs by Peter Figaud



К СОБАКЕ



Вирджиния Морелл

ОБ АВТОРЕ

Вирджиния Морелл (Virginia Morell) пишет на научные темы, живет в Орегоне. Среди ее публикаций в журналах *Science* и *National Geographic* — статьи, посвященные эволюции и поведению животных. Ее последняя книга — «Мудрое животное: мысли и чувства братьев наших меньших» (*Animal Wise: The Thoughts and Emotions of Our Fellow Creatures*, 2013).



Если вам придется растить щенков собак и диких волков с недельного возраста — кормить их из бутылочки, ухаживать за ними, играть, — то вскоре вы поймете, насколько они разные. С 2008 г. Зофия Вирани (Zsófia Virányi), этолог из Центра изучения волков в Эрнстбрунне недалеко от Вены, вместе со своими коллегами пытаются выяснить, что делает собаку собакой, а волка — волком, наблюдая за поведением четырех стай волков и четырех групп собак, насчитывающих от двух до шести особей каждая. Они дрессируют тех и других — учат выполнять основные команды, ходить на поводке, касаться носом монитора компьютера для выполнения различных когнитивных задач. Несмотря на то что семь лет волки прожили бок о бок с учеными, они сохранили независимость, в чем и заключается их основное отличие от собак.

«Вы можете оставить кусок мяса на столе, сказать любой из наших собак "Нельзя!", и она не тронет его, — говорит Вирани. — А волк проигнорирует приказ и прямо на ваших глазах схватит мясо». Свидетелем такой «бесцеремонности» она была неоднократно, и всякий раз удивлялась, как волк мог превратиться в ручного зверя.

«Нельзя иметь дело с животным, крупным и хищным, которое ведет себя подобным образом, — говорит она. — Тот, кто живет у вас дома, должен понимать команду "Нельзя!", как понимают ее собаки».

Сотрудники центра обнаружили, что реакция собак на команду «Нельзя!» может быть связана

с организацией их групп, отношения в которых строятся не по принципу равенства, как у волков, а по принципу диктата. «Волки едят сообща, — замечает Вирани. — Даже если доминантный самец оскаливает зубы и рычит на рядового члена стаи, тот не убегает». Другое дело — собаки. «Они редко едят в присутствии вожака», — отмечает этолог. Эти наблюдения наводят на мысль, что от собаки не стоит ожидать сотрудничества с человеком в решении той или иной задачи: она просто будет ждать, когда ей дадут команду.

Каким образом «поборник равноправия», наделенный независимым мышлением волк превратился в послушную, готовую подчиняться и ожидающую приказов собаку и какую роль в этом сыграли наши далекие предки? «Я пытаюсь представить их действия, и, честно говоря, у меня это не получается», — говорит Вирани.

Она не одинока в своем недоумении. Время и место происхождения, а также родословные почти всех домашних животных — от овцы до быка, от курицы до морской свинки — установлены, что же касается нашего лучшего друга, *Canis familiaris*, дискуссии на эту тему продолжаются. Ясно, зачем люди разводили и занимались искусственным отбором различных одомашненных животных: чтобы всегда иметь пищу под рукой. Но что побудило наших предков приблизить к домашнему очагу крупного хищного зверя —

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Собака была первым одомашненным видом животных. Однако, несмотря на многолетние исследования, ученые до сих пор не могут ответить на вопросы, когда, где и как это произошло.
- Проведенное недавно ДНК-тестирование позволило получить новые данные о предке собаки — волке. В настоящее время полным ходом идет реализация амбициозного проекта, цель которого — определить время и место доместикации собаки.
- Разобравшись в этом, мы сможем понять, как за последующие тысячелетия изменились взаимоотношения человека и собаки.

непонятно. Тем не менее факт остается фактом: собаки стали первыми домашними животными. Этот статус делает загадку их происхождения еще более необъяснимой.

Этологи пытаются систематизировать все имеющиеся данные. За последние несколько лет в этой области совершено несколько крупных открытий. Теперь с уверенностью можно утверждать, что, вопреки общепринятому мнению, собаки ведут начало не от разновидностей серого волка, обитающего в наши дни на большей части территории Северного полушария — от Аляски и Сибири до Саудовской Аравии, а от вымершего вида волков. Кроме того, установлено, что одомашнивание (доместикация) происходило в период, когда люди занимались только охотой и собирательством, т.е. до появления земледелия и скотоводства.

Когда и где именно волк стал собакой, и произошло ли это единожды — все это вопросы, на которые большая группа исследователей, состоящая из бывших конкурентов, теперь общими усилиями пытается найти ответ. Они ездят по всему миру, посещая музеи, университеты, научно-исследовательские институты, чтобы изучить коллекции костей и других ископаемых останков псовых, готовят материал для генетического анализа древних и современных собак и волков, что позволит адекватно сопоставлять все имеющиеся данные. С завершением этой работы мы подойдем очень близко к тому, чтобы узнать, когда и где — а может быть, и как — волки сделали первый шаг на пути к тому, чтобы стать нашими верными друзьями. Ответы на эти вопросы станут ценным дополнением к большому массиву данных о взаимном влиянии человека и собаки после того, как между ними возникла связь.

Противоречивые данные

Когда примерно 45 тыс. лет назад в Европе появился человек современного типа, там помимо серого волка водились и другие виды волков, в том числе представители мегафауны. Эти так называемые ужасные волки (*Canis dirus*) охотились на крупных зверей, в том числе на мамонтов. К тому времени волки уже заняли прочную позицию среди

наиболее успешных и легко адаптирующихся видов семейства псовых, распространившись по всей Евразии вплоть до Японии, а также на Ближнем Востоке и в Северной Америке. Они не были привязаны к какому-то одному типу местообитания и процветали в тундре, степях, пустынях, лесах, прибрежных территориях и высокогорьях Тибетского плато. Волки конкурировали с недавно появившимися в этих местах людьми в охоте на одних и тех же животных: мамонтов, оленей, зубров, шерстистых носорогов, антилоп, лошадей. Несмотря на эту ожесточенную борьбу, один из видов волков (возможно, это был потомок представителя мегафауны) поселился неподалеку от людей. Долгое время бытовало мнение, основанное на данных о небольших областях генома, что эти виды были прародителями современного серого волка (*Canis lupus*),

и именно от него одного произошли собаки.

Однако в январе нынешнего года генетики обнаружили, что этот «неоспоримый факт» ошибочен. Причиной ошибки было многократное спаривание серых волков и собак, которым обусловлено сходство их ДНК на 99,9%. Такие союзы между двумя видами заключаются и сегодня: волки с черной шерстью получили ген этой окраски от одного из видов собак. Кавказские пастушьи собаки так часто спариваются с местными волками, что помеси встречаются в популяциях обоих



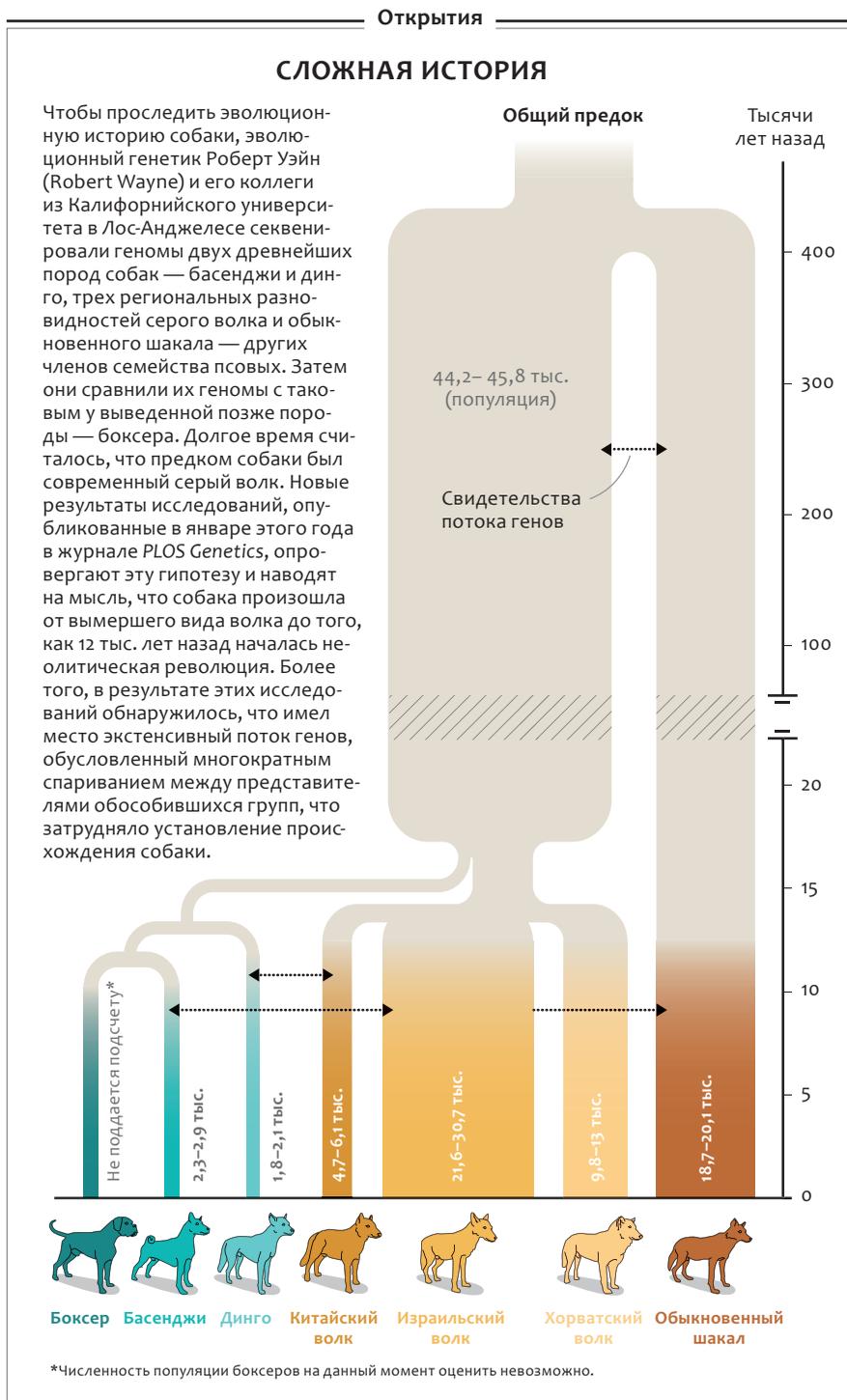
Сидеть и ждать: собака из Центра изучения волков в Эрнстбрунне недалеко от Вены ждет, когда ей разрешат поесть; волки, даже выращенные людьми, не проявляют подобного почтения к человеку

видов, а от 2% до 3% животных — помеси в первом поколении. (В июньском номере британского журнала *Current Biology* сообщается о секвенировании ДНК ископаемых останков волка из Сибири 35-тысячелетней давности. Вероятно, эти виды в результате многократного спаривания в давние времена внесли вклад в ДНК живших в высоких широтах собак, таких как лайки.)

Анализ целых геномов живущих ныне собак и волков, проведенный в январе этого года, показал, что современные собаки — не потомки серого волка. Эти два вида относятся к сестринским таксонам, происходящим от какого-то вымершего предка. «Большинство из нас придерживались давно устоявшегося мнения, что серые волки, какими мы их знаем сегодня, жили повсюду сотни тысяч лет и что собаки произошли именно от них, —

говорит Роберт Уэйн (Robert Wayne), эволюционный генетик из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе. — Каково же было наше удивление, когда обнаружилось, что это не так». Уэйн руководил первыми генетическими исследованиями, по результатам которых был сделан вывод о родстве этих двух видов, а гораздо позже стал одним из 30 соавторов статьи, опубликованной в журнале *PLOS Genetics*, в которой опровергалась эта точка зрения.

Еще более неожиданные открытия могут произойти в связи с пересмотром данных о месте и времени одомашнивания собак. Все предыдущие попытки дали противоречивые результаты. Первое исследование, выполненное в 1997 г., основывалось на генетических различиях между собакой и серым волком. Из него следовало, что собаки, по-видимому, были приручены примерно 135 тыс. лет назад. В дальнейшем эта же группа ученых получила свидетельства того, что собаки появились на Ближнем Востоке. Другие биологи, проанализировав ДНК 1,5 тыс. современных собак (их результаты опубликованы в 2009 г.), пришли к выводу, что впервые это произошло на юге Китая менее 16,3 тыс. лет назад. В 2013 г. еще одна группа зоологов сравнила митохондриальные ДНК древних европейских и американских собак и волков с ДНК их современных потомков и заключила, что первые собаки появились в Европе в период 32–19 тыс. лет назад.



Эволюционный биолог Грегер Ларсон (Greger Larson) из Оксфордского университета, один из руководителей недавно стартовавшего междисциплинарного проекта по изучению одомашнивания собак, говорит, что предыдущие работы, несмотря на их ценность, не были безупречными. Он ссылается на исследования 1997 и 2009 гг., которые основывались исключительно на данных о ДНК современных собак, а последнее из них ограничивалось выборками из небольшого числа географических регионов. «Невозможно решить эту задачу, опираясь на изучение только современных животных», — говорит Ларсон. ДНК ныне живущих собак недостаточно информативна, поскольку животные перемещались вместе с человеком с места на место и многократно спаривались с разными подвидами, что размывало их генетическое наследие. Любые региональные признаки,

еще более неожиданные открытия могут произойти в связи с пересмотром данных о месте и времени одомашнивания собак. Все предыдущие попытки дали противоречивые результаты. Первое исследование, выполненное в 1997 г., основывалось на генетических различиях между собакой и серым волком. Из него следовало, что собаки, по-видимому, были приручены примерно 135 тыс. лет назад. В дальнейшем эта же группа ученых получила свидетельства того, что собаки появились на Ближнем Востоке. Другие биологи, проанализировав ДНК 1,5 тыс. современных собак (их результаты опубликованы в 2009 г.), пришли к выводу, что впервые это произошло на юге Китая менее 16,3 тыс. лет назад. В 2013 г. еще одна группа зоологов сравнила митохондриальные ДНК древних европейских и американских собак и волков с ДНК их современных потомков и заключила, что первые собаки появились в Европе в период 32–19 тыс. лет назад.

SOURCE: "GENOME SEQUENCING HIGHLIGHTS THE DYNAMIC EARLY HISTORY OF DOGS," BY ADRIAN FREEDMAN ET AL., IN PLOS GENETICS, VOL. 9, NO. 1, ARTICLE ID: e1004016; JANUARY 16, 2014. Graphic by Tiffany Farnham, Conard; Illustration by Porcia Sloan, Rollings (Gaggy)

которые могли бы помочь определить, где именно произошло одомашнивание, давно утрачены.

«Еще больше запутывает общую картину то, что волки чрезвычайно широко распространены по всему земному шару», — поясняет Ларсон. В отличие от этого предки большинства других домашних животных, например овец и кур, имели существенно меньший ареал, что намного облегчает поиск следов их происхождения.

По мнению Ларсона, в формирование современной собаки внесли вклад несколько географически отдаленных друг от друга популяций древних видов волков. И подобные вещи происходили неоднократно: Ларсон утверждает, что, например, свиньи были одомашнены дважды — на Ближнем Востоке и в Европе. Обнаруженные загадочных ископаемых останков в Бельгии, Чешской республике и юго-западной Сибири, которые датируются 36–33 тыс. лет назад и обладают признаками как волка, так и собаки, наводят на мысль о существовании по меньшей мере трех независимых случаев одомашнивания древнего волка. Но анатомические характеристики этих останков не дают ответа на вопрос, откуда взялись сами гибриды.

Чтобы раскрыть тайну приручения собаки, Ларсон с коллегами используют две основные методики, которые применялись при изучении свиней: они проводят более масштабный, чем раньше, анализ тысяч образцов ДНК современных и древних собак и волков, собранных по всему земному шару, и применяют новейший метод измерения костей. Этот метод, названный геометрической морфометрией, позволяет количественно описывать такие характеристики, как кривизна черепа, и более адекватно сопоставлять кости отдельных особей. Ранее, чтобы отличить волка от собаки, опирались прежде всего на длину морды и размер зубов. У собак морда обычно короче, клыки меньше, а зубы располагаются плотнее, чем у волков. Новый метод позволит идентифицировать и другие, возможно, более информативные различия. Все это даст гораздо более детальную картину одомашнивания собаки, чем все другие подходы, применявшиеся до сих пор.

Первые попытки

Вопрос о том, когда и где произошло одомашнивание собаки, остается открытым, но теперь мы имеем хотя бы общее представление, в каком человеческом сообществе впервые установились тесные взаимоотношения людей и собак. Этот аспект тоже долгие годы был предметом дискуссий. Одни исследователи утверждали, что это произошло, когда появились оседлые племена земледельцев. Ведь все остальные виды животных вошли в повседневную жизнь человека именно тогда. Однако другие считали, что впервые собаки появи-

лись еще у охотников и собирателей. Уэйн полагает, что последние проведенные его группой ДНК-тесты положат конец этим разногласиям. «Одомашнивание собаки произошло до неолитической революции, — утверждает он, — т.е. тогда, когда люди занимались только охотой и собирательством, в период между 32 тыс. и 18,8 тыс. лет назад». (Считается, что активно заниматься сельским хозяйством люди начали на Ближнем Востоке примерно 12 тыс. лет назад.)

Это возвращает нас к вопросам, которыми задаются Вирани и многие владельцы и любители собак. Как охотникам и собирателям это удалось? Да и они ли это сделали? А что если первые собаки, которые — и это важно помнить — были больше волками, чем собаками, появились вне связи с человеком?

История рода *Canis* насчитывает около 7 млн лет, и, хотя некоторые его представители, например шакал



Судьбы собак: собак из поселения Пршедмости в Чешской республике, возраст которого оценивается примерно в 27 тыс. лет, по-видимому, использовали как объект жертвоприношений (черепа, вверху), а 1 тыс. лет назад народы культуры чирибайя в Перу вывели пастушьих собак; некоторые из них были особо почитаемыми (мумия, внизу)

обыкновенный и волк абиссинский, жили в Африке — месте зарождения человечества, нет никаких свидетельств того, что самые первые люди пытались одомашнить какие-либо из этих видов. Триада «волк — собака — человек» начала формироваться лишь после того, как 45 тыс. лет назад человек современного типа покинул Африку и заселил Европу.

На мысль об установлении взаимоотношений представителей семейства псовых с первыми людьми современного типа навели палеонтологические и археологические находки. Возьмем останки псовых, найденные в период между 1894 и 1930 гг. в Пршедместях, на месте поселения



Дикие души: как именно волк, предок собаки, превратился в нашего преданного друга, возможно, так и останется загадкой

позднего палеолита возрастом около 27 тыс. лет, которое находится в долине реки Бечва на территории современной Чешской Республики. Жившие и погребенные там древние люди известны нам как кроманьонцы, они относились к граветтской археологической культуре (Ла-Граветт — пещера во Франции). Кроманьонцы Чехии охотились на мамонтов, и жители одного только этого поселения убили их более 1 тыс. Питались они и мясом бегемотов; клыки убитых животных они украшали резьбой, а лопатками обкладывали тела умерших соплеменников. Кроме того, эти древние люди охотились на волков. После мамонтов псовые были самыми распространенными млекопитающими в данном регионе, и на территории поселения удалось обнаружить семь хорошо сохранившихся черепов представителей этого семейства.

«Однако некоторые из найденных черепов этих псовых не совсем походили на волчьи. Три из них отличались особенно сильно, — говорит Митье Жермонпре (Mietje Germonpré), палеонтолог из Королевского музея естествознания в Брюсселе. — По сравнению с волками из Пршедместей у этих троих были более широкие и короткие морды, теснее сидели зубы».

«Анатомические изменения такого рода — первые признаки одомашнивания», — говорят Жермонпре и другие специалисты. Подобные изменения наблюдаются у песцов — объекта многолетнего эксперимента, проводимого в Новосибирском государственном университете в России. За период с 1959 г. сибирские ученые селекционировали песцов с целью приручения. Через несколько поколений шерсть у них стала пятнистой, уши свободно свисающими, хвост изогнутым, морда более короткой и широкой — хотя селекционировали их только для того, чтобы изменить поведение. Подобная картина характерна и для других одомашненных видов животных, в том числе крыс и норок. Почему это происходит, еще предстоит выяснить. Но зато доподлинно известно, что у одомашненных песцов меньше размер надпочечников и гораздо ниже уровень адреналина, чем у их диких сородичей.

В прошлом году другая группа ученых высказала гипотезу, поддающуюся проверке: у одомашненных животных меньше клеток нервного гребня, которые выступают родоначальниками громадного числа типов клеток, включая нейроны, пигментирующие клетки эпидермиса, клетки скелетных и соединительных компонентов головы. Они же играют ключевую роль в формировании нервной системы, в частности реакции «дерись или убегай», т.е. реакции на стресс. Если гипотеза верна, значит все эти забавные сопутствующие приручению

признаки (пятнистая шкура, загнутые хвосты, виляющие уши) — побочный эффект одомашнивания.

Жермонпре считает, что попытки одомашнивания волков, имевшие место в Пршедмостях, не удались, и сомневается, что эти животные родственны современным собакам. Тем не менее, как полагает Жермонпре, «это были собаки — но собаки палеолита». По экстерьеру они более всего напоминали сибирскую лайку, но были крупнее — размером примерно с немецкую овчарку. Жермонпре называет экземпляры из Пршедмостей собаками, поскольку считает, что между этими псовыми и кроманьонцами установились определенные взаимоотношения. Например, согласно дневнику проведения первых раскопок, в одном из захоронений возле скелета ребенка лежала нижняя челюсть собаки.

Кроме того, собаки палеолита были частью обрядов, чего нельзя сказать ни о каких других видах животных. В одном из них между передними зубами умершей собаки кроманьонцы помещали предмет, более всего похожий на кость мамонта, и сжимали ей челюсти. Жермонпре полагает, что у древних охотников на мамонтов это было частью связанного с охотой ритуала, или должно было облегчить предсмертные страдания почитаемого охотниками животного, или служило «пропуском» для собаки, чтобы она сопровождала человека в его загробной жизни. «Нам попадаются подобные факты в этнографических записях», — говорит она, приводя в качестве примера погребальную церемонию начала XX в. у сибирских чукчей в честь умершей женщины. В жертву был принесен северный олень, а его желудок помещен в пасть головы мертвой собаки, что, как предполагалось, должно было защищать усопшую на пути в мир иной.

Многие исследователи полагают, что эти древние люди пытались превратить волка в собаку, чтобы животное помогало им в охоте. В своей книге «Захватчики» (*The Invaders*), выпущенной в начале этого года в издательстве Гарвардского университета, антрополог Пэт Шипман (Pat Shipman) утверждает, что самые первые собаки (или, как она их называет, волкособаки) были чем-то вроде новейшего технологического орудия, которое способствовало вытеснению неандертальцев людьми современного типа — охотниками на мамонтов. Тем не менее она, Уэйн, Ларсон и другие ученые допускают, что в этом процессе наравне с людьми участвовали волки. Возможно, эти умные, легко адаптирующиеся животные воспринимали нас, людей, как новую экологическую нишу. Альтернативный сценарий, по которому люди нападали на волчьих логова и захватывали волчат, достаточно маленьких, чтобы их приручить, представляется слишком опасным. Кроме того, подрастающие бок о бок с детьми волчата тоже представляли бы собой серьезную угрозу.

«Человек не занимался преднамеренным одомашниванием, во всяком случае поначалу, — высказывает предположение Ларсон. — Скорее всего волки стали следовать за людьми с такой же целью, с какой муравьи заползают к нам на кухню: их привлекла пища, вернее пищевые отходы». Со временем некоторые из этих обосновавшихся вблизи стоянки волков перестали бояться людей, люди к ним тоже привыкли. Так между человеком и волком начали формироваться взаимовыгодные отношения. Волкособаки могли выслеживать по запаху дичь, а люди делились с ними добычей. (Косвенные подтверждения этому дает эксперимент с песцами, которые в меньшей степени, чем волки, испытывают страх перед человеком. Выведенные новосибирскими зоологами животные радостно бежали им навстречу, в то время как содержащиеся в неволе песцы прятались у задней стенки своих клеток.)

Волки следовали за людьми с такой же целью, с какой муравьи заползают к нам на кухню. Со временем некоторые из этих обосновавшихся вблизи стоянки волков перестали бояться людей, люди к ним тоже привыкли. Так между человеком и волком начали формироваться взаимовыгодные отношения

У этого гипотетического сценария одна проблема, и касается она собак из Пршедмостей; ранние собаки Жермонпре не питались мясом мамонтов, хотя оно входило тогда в рацион человека. Изотопный анализ костей палеособак свидетельствует о том, что они ели мясо северных оленей, которое не было основной пищей живших здесь людей. У собак из Пршедмостей обнаружены сломанные зубы и серьезные повреждения на морде. «Это могут быть следы от стычек с другими собаками, но также от ударов палкой», — говорит Жермонпре. Она описывает развитие взаимоотношений человека и собаки через призму ритуалов с участием собак. По этому сценарию, наши предки — охотники-собиратели, вероятно, как-то раз убили взрослых волков и забрали к себе в пещеру волчат: так сегодня представители кочевых народов

приносят в свои поселения детенышей или молодых животных. На костях мамонтов из Пршедместей не видно никаких следов укусов псовых, и это наводит на мысль, что последние не могли свободно перемещаться и копались в объедках. Скорее всего, люди держали их на привязи, кормили пищей, которую не ели сами, и разводили лишь для того, чтобы всегда иметь под рукой животных для ритуальных жертвоприношений.

Разведение волков в неволе могло привести к анатомическим изменениям, которые Жермонпре обнаружила у собак из Пршедместей; они даже могли перестать бояться человека, как это произошло с новосибирскими песцами.

Лишенные свободы, подвергаемые избиениям, получающие скудный рацион собаки из Пршедместей скорее всего понимали команду «Нельзя!». «Ни в Пршедместях, ни в местах других древних стоянок, где были найдены останки собак, не обнаружено никаких признаков того, что охотники-собиратели воспринимали псовых как своих друзей или помощников в охоте, — отмечает Жермонпре. — Подобные взаимоотношения сформировались позднее».

С переменным успехом

Если Жермонпре права, то одомашнивание собак могло начаться намного раньше и при неблагоприятных для них обстоятельствах. Не все согласны с тем, что собаки Жермонпре — это на самом деле собаки. Некоторые предпочитают называть их волкособаками или попросту волками, поскольку либо не вполне ясен их таксонометрический статус, либо об этом свидетельствуют морфологические или генетические показатели. (Ларсон надеется ответить на данный вопрос в ходе реализации своего мегапроекта.)

Самые ранние задокументированные останки собаки из стоянки древних людей в Бонн-Оберкасселе возрастом 14 тыс. лет повествуют о совсем другой истории одомашнивания собаки. Они ясно показывают, что людей и псовых связывали гораздо более тесные узы. В начале 1900-х гг. археологи, проводя раскопки на месте стоянки древних людей, обнаружили могилу, в которой вместе с останками ориентировочно 50-летнего мужчины и женщины 20–25 лет находился скелет собаки. Совершенно очевидно, что это было домашнее животное, которого так любили, что похоронили как члена семьи.

Собака из Бонн-Оберкасселя — не единственная древняя собака, удостоенная такой чести. В Айн-Маллахе, в верховьях реки Иордан, на месте стоянки охотников-собирателей, датируемой 12 тыс. лет назад, археологи обнаружили, возможно, самое значительное свидетельство совместного захоронения людей и собак. Скелет пожилого человека лежал на правом боку в изогнутом положении,

левая рука, вытянутая над головой, нежно обнимала щенка. Ему было от четырех до пяти месяцев, и, по мнению археологов, это был любимец покойного. В отличие от собак из Пршедместей он никогда не подвергался побоям; его останки с любовью уложил кто-то заботившийся о нем.

Подобные трогательные сцены редки для этого периода, но могилы самих собак встречаются довольно часто. А начиная с периода примерно 10 тыс. лет назад практика захоронения собак распространялась все шире. Ни один другой вид животных не был частью ритуалов с такой регулярностью. Люди стали совсем по-другому смотреть на собак, и это оказало существенное влияние на эволюцию последних. Возможно, в этот период собака приобрела определенные навыки общения с человеком: научилась различать выражение его лица, понимать указывающие жесты, пристально вглядываться ему в глаза (что увеличивает количество выделяемого окситоцина — гормона привязанности — как у собаки, так и у хозяина).

«Собак стали хоронить после того, как люди начали охотиться не на открытой местности, а в густых лесах, — говорит Анджела Перри (Angela Perry), археозоолог из Института эволюционной антропологии Общества Макса Планка в Лейпциге, специализирующаяся на подобных захоронениях. — Возможно, в первом случае собаки помогали перетаскивать мясо убитого мамонта и не участвовали в самой охоте, — добавляет она, указывая на то, что на слонов люди охотятся без собак. — Но собаки — прекрасные помощники в охоте на более мелкую дичь, обитающую в лесах: олень или кабанов».

«Примерно с 15 тыс. лет назад, а возможно, и раньше, — говорит Перри, — охотники-собиратели в Европе, Азии и Америке стали все больше полагаться на охотничьи навыки собак». Исследователям не удастся проследить четкую генетическую линию от тех животных к нашим питомцам; и все же они не сомневаются, что те были собаками. «Хорошая охотничья собака может найти свежий след и вести по нему хозяина, — говорит Перри, которая принимала участие в традиционной охоте с собаками в Японии и США. — Когда люди начали использовать собак на охоте, заметно изменилось их отношение к этим животным и их стали с почтением хоронить». Такие захоронения уже не были частью ритуала или жертвоприношением, подчеркивает она. «Это удивительные могилы, в которых рядом с собаками лежат каменные наконечники копий и ножи — охотничьи орудия человека».

Одно из наиболее впечатляющих захоронений собак, возраст которого оценивается примерно в 7 тыс. лет, обнаружено вблизи деревушки Скатекольм в Швеции. Несколько собак погребены в одном месте с большим числом людей. Одно захоронение было особенно пышным по убранству.

«Собака лежала на боку, по брюху были набросаны кремневые осколки, рядом лежали рога благородного оленя и украшенный резьбой каменный топор, все тело было осыпано красной охрой», — говорит Перри. Почему этой собаке был оказан такой почет, неизвестно; возможно, она была прекрасным охотником и хозяин хотел хоть как-то отблагодарить ее. «Подобные взаимоотношения можно наблюдать между охотниками и их собаками сегодня, об этом свидетельствуют и этнографические документы», — замечает Перри. Тасманийские охотники-собиратели конца XIX в. говорили: «Наши собаки важнее для нас, чем наши дети. Без них мы не смогли бы охотиться; мы бы просто не выжили».

Древние собаки выполняли еще одну важную функцию. Первая известная нам попытка своего рода целенаправленной селекции, определившая эволюцию *C. familiaris*, относится к 8 тыс. лет назад; произошло это на территории нынешней Дании. Местные охотники-собиратели вывели собак трех размеров, вероятно, для выполнения разных задач. «Я не думаю, что это были какие-то определенные породы собак, — говорит Перри. — Просто это были маленькие, средние и большие собаки». Для чего были нужны маленькие собаки, не совсем ясно, но собаки среднего размера имели телосложные охотничьи, а крупные, размером с гренландскую собаку (весом около 30 кг), скорее всего использовались для переноски или волочения грузов. Все собаки умели громко лаять, поэтому, вполне вероятно, выполняли также функции сторожевых.

Роль собаки в жизни человека изменилась, когда люди начали заниматься сельским хозяйством. В ранних поселениях земледельцев могилы собак встречаются редко. «Когда люди занимались охотой и собирательством, захоронения собак были широко распространены. Однако с развитием земледелия эта традиция практически исчезла», — говорит Перри. Собаки утратили свою значимость, но это не обрекло их на вымирание. Во многих регионах они попали на обеденный стол, что послужило новой причиной их разведения.

Однако не во всех сельскохозяйственных сообществах мясо собак употребляли в пищу. Скотоводам нужны были сторожа, и они выводили пастушьих собак. Те из них, кто служил особенно рьяно, могли рассчитывать на достойное погребение. В 2006 г. на кладбище вблизи Лимы (Перу), возраст которого составляет около 1 тыс. лет, археологи обнаружили 80 мумифицированных собак, похороненных в могилах рядом со своими хозяевами. Эти собаки охраняли стада лам, которых разводили народы доинкской культуры чирибайя, и пользовались почетом и уважением как при жизни, так и после смерти. Около 30 собак были запеленуты в превосходно тканые одеяла из шерсти ламы, около пасти лежали кости лам и рыб. Засушливый

местный климат способствовал мумификации останков собак, их шерсть и тканый покров хорошо сохранились. Мумии напоминали маленьких уличных собак, которые бродят по улицам Лимы сегодня в поисках человека, который приютил бы их и сказал, что можно делать, а что нельзя. (Вопреки этому сходству пастушьи собаки чирибайя не имеют отношения к современным дворняжкам из Лимы. Нет никаких свидетельств связи каких-либо древних пород с современными породами, занесенными в реестр Американского клуба собаководства.)

Несмотря на то что собаки чирибайя и другие собаки, захороненные в Южной и Северной Америке, ни по происхождению, ни по месту, ни по времени не соответствуют самым ранним этапам одомашнивания, Ларсон с коллегами с энтузиазмом исследует их кости и образцы ДНК, поскольку эти североамериканские собаки произошли от древних европейских или азиатских собак, что поможет установить, как часто и где именно происходило одомашнивание собак. В своих попытках охватить как можно больше древних псовых зоологи проанализировали останки свыше 3 тыс. волков, собак и других видов, которых не так-то легко было классифицировать. В этих исследованиях приняли участие более 50 ученых по всему миру. О предварительных результатах они надеются сообщить уже этим летом.

Поможет ли это наконец-то узнать, где и когда была одомашнена собака? «Я полагаю, мы будем очень близки к ответу», — говорит Ларсон. Но вопрос, как именно давно вымершие виды волков превратились в существ, которые понимают команду «Нельзя!», останется открытым. ■

Перевод: С.Э. Шафрановский

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

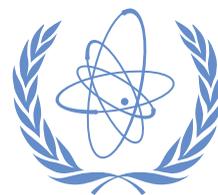
- О'Брайен С., Джонсон У. Эволюционная история кошек // ВМН. № 11, 2007.
- Palaeolithic Dog Skulls at the Gravettian Předmostí Site, the Czech Republic. Mietje Germonpré et al. in Journal of Archaeological Science, Vol. 39, No. 1, pages 184–202; January 2012.
- Rethinking Dog Domestication by Integrating Genetics, Archeology, and Biogeography. Greger Larson et al. in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 109, No. 23, pages 8878–8883; June 5, 2012.
- Genome Sequencing Highlights the Dynamic Early History of Dogs. Adam H. Freedman et al. in PLOS Genetics, Vol. 10, No. 1, Article e1004016; January 16, 2014.
- Больше о взаимоотношениях человека и собаки см. по адресу: ScientificAmerican.com/jul2015/dogs



Всемирный атом

Корреспондент «В мире науки» Валерий Чумаков побывал на 59-й Генеральной конференции МАГАТЭ, прошедшей в середине сентября в Вене

Несмотря на то что Венский международный центр (ВМЦ) находится не в центре столицы Австрии, а на окраине города, тем не менее это настоящий центр, причем не города и не страны, а всего мира. Точнее, один из центров мирового правительства. Именно здесь, на левом берегу Дуная, находится «Город ООН» — третий по значению после Нью-Йорка и Женевы штаб этой главной интеграционной организации планеты.



IAEA

International Atomic Energy Agency

Здесь, в шести башнях, окружающих здание Конгресс-центра, расположились несколько важных подразделений Организации Объединенных Наций. Среди них:

- Комиссия ООН по праву международной торговли (ЮНСИТРАЛ);
- Организация Объединенных Наций по промышленному развитию (ЮНИДО);
- Управление ООН по наркотикам и преступности (УНП ООН);
- Управление Верховного комиссара ООН по делам беженцев (УВКБ);
- Управление по вопросам космического пространства ООН;
- Организация Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

Главное и самое известное — безусловно, Международное агентство по атомной энергии, или проще — МАГАТЭ. Хотя проще не получится, ибо организация эта предельно серьезная, уважаемая, солидная и мощная.

К счастью, мы приехали в Вену за день до начала заседаний конференции. У нас был по крайней мере один день для того, чтобы изучить внутреннее строение Венского международного центра и выработать для себя несколько маршрутов. Иначе здесь можно заблудиться, несмотря на обилие указателей, которые не только не помогают новичку, но и запутывают его.

Пройти на территорию ВМЦ оказалось сложнее, чем в Государственную Думу РФ. Досмотр на входе сродни таможенному. Достаточно солидная очередь, ремни, ключи, диктофоны, ноутбуки — все в лоток, личные вещи — на рентген, сам — через рамку и бдительного охранника, бейдж с чипом — к валидатору, лицо на дисплее. Только после этого стеклянные ворота распахиваются и ты наконец попадаешь в царство мирного атома.

Во внутреннем дворике, вокруг центрального фонтана — флаги всех государств-участников. Российский удалось найти не сразу. Он оказался с правого фланга. Белорусский — с левого, украинский — ближе к центру. Интересно, что на территории установлено достаточно много объектов, связанных с ближневосточной историей. Это и памятники — отдельным мудрецам и целым группам, это и фонтаны в восточном стиле, и элементы декора: ковры, отделка и т.д. Возле одного из лифтов, под стеклом — медаль Нобелевской премии мира, присужденной МАГАТЭ в 2005 г.

К сожалению, на само открытие мы не успели. Точнее, на его специальную часть: в субботу 12 сентября министр иностранных дел Ватикана Его Высокопреосвященство Пол Галлахер отслужил торжественную мессу в честь открытия конференции.

Официально уже освященная конференция открылась в понедельник 14 сентября и продолжалась всю рабочую неделю. Более 2 тыс. депутатов обсудили самые насущные вопросы ядерного мира. Последствия аварии на АЭС «Фукусима-1», поведение руководства КНДР, не желающего допускать на свои ядерные объекты инспекторов МАГАТЭ, ядерный потенциал Израиля — это только основные темы. Всего же их было несколько десятков. Осветить их все в одном репортаже невозможно, поэтому сделаем акцент на том, что ближе именно российскому читателю.

70 лет — время расцвета

Одним из самых активных участников конференции была делегация России во главе с генеральным директором госкорпорации «Росатом» Сергеем Кириенко. Это и понятно: нынешний год у российских ядерщиков — юбилейный, в сентябре атомной промышленности России исполнилось 70 лет. Поэтому доклад Сергея Кириенко на пленарном заседании прозвучал сразу после выступления генерального директора МАГАТЭ Юкии Аmano. Глава «Росатома» напомнил, что СССР, правопреемницей которого стала Россия, стоял у самых истоков агентства, и подчеркнул, что наша страна с тех пор позицию не изменила.

Руководитель российской атомной отрасли рассказал, что наша страна:

- на протяжении уже 15 лет обеспечивает реализацию и финансовую поддержку инициированного Российской Федерацией Международного проекта по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам ИНПРО, к которому уже подключилось более 40 стран;
- подписала с МАГАТЭ через «Росатом» договор о транзите в поддержку соглашения между агентством и Казахстаном о создании Банка низкообогащенного урана (НОУ) МАГАТЭ;
- поддерживает в постоянной готовности гарантийный физический запас НОУ в Ангарске;
- продолжает традицию организации посещений объектов ядерной энергетики России для аккредитованных при МАГАТЭ послов.

ВЕХИ ИСТОРИИ

МАГАТЭ основано в 1957 г. как международная неправительственная организация в рамках ООН. Россия вступила в нее уже на этапе создания. Именно Россия — РСФСР, а не СССР. Тогда из 15 братских республик в состав агентства вошли еще Украина и Белоруссия. СССР был, пусть и номинально, союзом независимых республик. Каждый участник должен был платить немалые взносы на содержание структуры, и вхождение в агентство трех республик было в пять раз экономически выгодней, чем пятнадцати. А с учетом равенства прав стран-участниц голосов у СССР получалось втрое больше, чем у других членов.

Изначально организация не обладала большими правами и серьезной силой. Это был скорее научный консультационный центр, основная задача которого состояла в «поощрении исследований и разработок по мирному использованию атомной энергии, а также обмена научными достижениями и методами». Ситуация изменилась в 1968 г., когда Генеральная ассамблея ООН одобрила и открыла для подписания международный Договор о нераспространении ядерного оружия, контроль над соблюдением которого возложила на МАГАТЭ. Отныне все страны подписывали с ним «соглашение о гарантиях». Эксперты организации получали доступ к мирным ядерным

объектам. При этом сама организация оставалась и остается сугубо технической, далекой от политики, экономики или социальной сферы. В докладах ее комиссий, независимо от того, о каком государстве идет речь — США, Кубе, или Нигерии, говорится лишь о научной составляющей инспектируемых проектов и объектов и о том, насколько велик риск их использования в военных целях.

МАГАТЭ не может воздействовать на страны, оно лишь предоставляет свои выводы ООН. Однако эти выводы делаются настолько аккуратно, авторитетно и аргументированно, что оспорить их почти никто не пытается. Поэтому страны, желающие получить в свои арсеналы ядерные боеприпасы, предпочитают с агентством не связываться и просто не допускают его инспекции на свою территорию под различными предлогами. Для международного сообщества факт недопуска практически означает, что в данной стране атом уже не вполне мирный. Соответственно меняется и международное к ней отношение. Поэтому сейчас МАГАТЭ считается де-факто одной из самых влиятельных и уважаемых организаций мира. За прошедшие с момента основания 58 лет число ее участников увеличилось почти в три раза и достигло 162 стран. В сентябре, на 59-й Генеральной конференции МАГАТЭ, к ним добавились еще три — Антигуа и Барбуда, Барбадос и Туркменистан.

«Мы готовы и дальше поддерживать деятельность МАГАТЭ, подкрепляя это практическими шагами. Несмотря на сложную экономическую ситуацию, Россия сохранила свой финансовый вклад по всем направлениям деятельности МАГАТЭ. Интегрально сегодня наш внебюджетный ежегодный взнос уже сопоставим с обязательным платежом России в бюджет агентства. Принято принципиальное решение о продолжении внесения средств в Фонд физической ядерной безопасности МАГАТЭ в 2016–2021 гг. Мы увеличили более чем в два раза выделяемые из федерального бюджета средства на реализацию российской программы поддержки гарантий. Постепенно наращиваем взносы в Фонд технического сотрудничества».

Сергей Кириенко

В рамках последней инициативы в июле этого года дипломаты посетили одно из крупнейших в мире предприятий атомного машиностроения — завод «Атоммаш» в Волгодонске и Ростовскую АЭС. Это дало возможность за одну поездку увидеть на одной площадке уже сданный в эксплуатацию энергоблок № 3 и строящийся энергоблок № 4 с современными российскими водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР).

С.В. Кириенко рассказал, что, несмотря на всемирный кризис, российская и мировая атомная энергетика не просто вернулась в то состояние, в котором находилась до 2011 г., — она продолжает развиваться. Для России сегодня это новый рынок и новые возможности. В конце прошлого года «Росатом» передал в Индии в гарантийную эксплуатацию первый энергоблок АЭС «Куданкулам», в котором воплощены наиболее современные «постфукусимские» требования к безопасности. Появились новые материалы и технологические решения, позволяющие почти в два раза увеличить жизненный цикл любого объекта атомной отрасли. Например, установленный срок эксплуатации АЭС «Ханхикиви», которую госкорпорация начинает строить сейчас в Финляндии, рассчитан как минимум до 2084 г. И это только гарантийный срок, после которого он может быть продлен. Если учитывать работы по сооружению и выводу из эксплуатации, это гарантированное сотрудничество более чем на 100 лет. Это важно не только с экономической, но и с политической и даже социальной точек зрения.

Сегодня заметно изменилась география атомной энергетики. Центры ее развития, как прогнозировали эксперты МАГАТЭ, смещаются в сторону развивающихся стран Азии, Ближнего Востока и Латинской Америки. Государства-новички получают от агентства разработанный в 2007 г. документ «Вехи» — руководство для стран, вступивших на путь создания ядерных энергетических



программ, — и приступают к поиску подходящего проекта для собственной АЭС. За последние годы российские атомщики не проиграли ни одного открытого тендера.

По документу «Вехи» сейчас идет развитие атомной энергетики в Беларуси. Недалеко от границы с Латвией, в городе Островце российские специалисты по проекту «Росатома» «АЭС-2006» строят первую Белорусскую АЭС. Как отметил в докладе С.В. Кириенко, уровень локализации на этой стройке уже достиг 80%, т.е. такой объем работ выполняется белорусами. К этому показателю приближаются и работы на российских атомных стройках в Турции и Китае.

Руководитель «Росатома» также отметил, что в госкорпорации создан отдельный инжиниринговый дивизион для управления проектированием и строительством АЭС. Только в прошлом году им было сдано три новых атомных энергоблока. В единый кластер объединено порядка 30 предприятий, которые обеспечивают производство до семи комплектов основного и вспомогательного реакторного оборудования в год.

Еще одна важная новость, которой С.В. Кириенко поделился с трибуны генеральной конференции: буквально за несколько дней до ее открытия, 11 сентября, начались работы по заливке первого бетона нового Многоцелевого исследовательского реактора на быстрых нейтронах (МБИР), на базе которого в 2019 г. планируется создать уникальный по технико-экономическим параметрам и исследовательским возможностям Международный центр исследований. К участию в проекте приглашаются все страны-члены МАГАТЭ. Как нам рассказал сразу после окончания пленарного заседания заместитель генерального директора госкорпорации, директор блока по управлению инновациями В.А. Першуков, в центре, в частности, будут изучаться новые виды ядерного топлива,

НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

На сегодня в портфеле заказов «Росатома» — 30 энергоблоков атомных станций в 12 странах, в стадии переговоров еще более десятка. Идут предварительные переговоры и дискуссии еще с пятью странами. Общая стоимость портфеля превышает \$300 млрд и продолжает расти. По итогам 2014 г. десятилетний портфель зарубежных заказов госкорпорации вырос до \$101,4 млрд, увеличившись по сравнению с 2013 г. на 40%.

конструкционные материалы и теплоносители, реактор также будет использоваться в производстве радиоизотопов для медицинских целей и терапии тяжелых заболеваний.

В.А. Першуков сказал журналистам, что почти сразу после конференции начнется международное роуд-шоу по поиску партнеров для этого проекта.

Новый реактор будет обладать уникальными свойствами по мощности нейтронного потока, а участие в программе позволит ускорить получение научных результатов в два-три раза по сравнению с облучением на стандартных исследовательских реакторах. Там, где раньше на работу уходило десять лет, МБИР справится за три — скачок колоссальный. Соглашение об участии подписано с Францией и с США. О своей заинтересованности заявили Китай, Южная Корея, Япония, Чехия. Каждая присоединившаяся страна в зависимости от степени участия получит свою долю времени в работе МБИР. Интересно, что исключительно путем оптимизации и применения новых технических решений, несмотря на девальвацию рубля, за последние семь месяцев стоимость проекта удалось уменьшить с 48 до 41 млрд руб. Об окупаемости строительства речь не идет: проект научный, стратегический, нацеленный на будущее, поэтому деньги возвращать в бюджет не надо. Что касается эксплуатации, тут окупаемость должна быть нулевой, т.е. безубыточной.

В конце доклада С.В. Кириенко рассказал о подготовке в стране квалифицированных кадров для ядерной отрасли. Общеизвестно, что без умелых специалистов самое высокоинтеллектуальное оборудование превращается в груды бесполезного железа, а в случае с атомной энергетикой — еще и чрезвычайно опасного. Поэтому особую ставку в госкорпорации делают на развитие человеческих ресурсов. Только такой подход создает задел для лидерства страны на рынке ядерных технологий. В прошлом учебном году в профильных вузах России обучались свыше 700 иностранных студентов из 11 стран. Конкурс на одно место сегодня достигает 80 человек.

Столетие в полчаса

Я посмотрел вниз, и у меня закружилась голова. Где-то далеко под ногами медленно вращался голубой шарик Земли. Он рос, постепенно закрывая

собой все больше пространства. Еще бы чувство невесомости и ощущение стремительного падения были настоящими! Чужая воля несла меня в какой-то город, на какую-то улицу, в какой-то дом, а затем — в конструкторское бюро, доступ в которое обычному человеку категорически закрыт. Люди вокруг (внешне совершенно реальные) были заняты делом: они проектировали будущую АЭС. Прямо на экранах их компьютеров рождались турбины, корпуса реакторов, узлы контуров тепловода, градирни, хранилища для топлива и т.д. Непостижимым образом нарисованные на экранах чертежи немедленно воплощались почти в физическую форму. И уже другие люди и в другом месте состыковывали их, монтировали, устанавливали, запускали. За сверкающими пультами сидели строгие операторы, а перед ними разноцветными мазками переливалась схема действующего уже реактора. Так продолжалось лет 70, а может и 100, засечь точно у меня не было возможности. После чего реактор глушился и специальные роботы приступали к его разборке.

Ощущение личного присутствия было бы почти полным, если бы не скорость происходящего и не постоянное превращение реально-виртуального в виртуально-реальное и обратно. Хотя мозг постоянно сигнализировал: «Не волнуйся, ничего особенного не происходит, это просто интерактивная экспозиция, и на голове у тебя шлем виртуальной реальности». Уже сняв его, с улыбочкой наблюдал за своими соседями, которые практически в пустом зале как будто что-то рассматривали и махали руками, словно стараясь что-то поймать.

«У нас в России создана целостная система подготовки кадров, которая включает в себя школьное, вузовское и дополнительное профессиональное образование. Мы создаем коммуникационную среду для формирования и развития креативного мышления и технологической культуры безопасного и эффективного производства. В этом году в июле провели юбилейный Ежегодный международный форум молодых энергетиков и промышленников «Форсаж-2015», который посетили более 800 участников из семи стран. Уже пять лет форум предоставляет уникальную площадку для межкурпоративного и межотраслевого общения и обмена опытом между студентами, молодыми специалистами и лучшими российскими экспертами. Главное — наша модель развития человеческого потенциала рассчитана на длительный период жизни АЭС и других предприятий атомной энергетике. Мы внедряем эту модель и у себя, и в странах, идущих вместе с нами по пути создания и расширения использования атомной энергии. И хотим делать это в формате открытого международного сотрудничества при лидирующей роли МАГАТЭ».

Сергей Кириенко

На самом деле представленный «Росатомом» виртуальный 3D-комплекс имеет не только и не столько развлекательное и познавательное значение, сколько практическое.

Объекты с длительным жизненным циклом, а у АЭС, как уже говорилось, он может достигать сотни лет, управляются с помощью такой технологии, как информационная модель. Уже на стадии проектирования создается 3D-модель проекта, и ею же сопровождаются все стадии жизненного цикла вплоть до вывода из эксплуатации. Такие технологии используются «Росатомом» уже 15 лет. За эти годы, как мне рассказали обслуживающие аппаратуру сотрудники, тысячи специалистов «проработали» на почти реальных, но совершенно безопасных объектах целые тысячелетия, ликвидировали сотни виртуальных аварий, устранили их последствия и даже по несколько раз демонтировали еще не построенные в реальности электростанции. Опыт в ядерной энергетике — понятие буквально бесценное, и великое благо для всего человечества, когда он нарабатывается не путем настоящих ошибок и аварий.

В отдельной зоне уже не виртуальный дистанционно управляемый робот демонстрировал преимущества использования имитационных моделей для верификации опасных технологических процессов при эксплуатации АЭС. Аккуратно и осторожно он имитировал процесс демонтажа графитовой кладки в шахте реактора. Человек в условиях жесткого облучения работать не может, обычный автомат — тоже, а специализированный — пожалуйста. Но учиться управлять им следует не дожидаясь наступления очередного Чернобыля или Фукусимы. Именно процесс такого обучения может гарантировать нас от подобной «очередности». Если бы тот самый злополучный эксперимент на четвертом энергоблоке ЧАЭС сначала провели на такой модели, дальнейший ужас в реальность бы не вырвался. Поэтому российским атомщикам впору предложить коллегам лозунг: «Учиться надо на виртуальных ошибках, чтобы не совершать реальные».

Но даже если не брать в расчет аварии, отработка жизненного цикла АЭС на имитационной модели дает и другие важные преимущества. Сравнивая применение в ней различных материалов и технологий, уже на этапе проектирования можно существенно уменьшить стоимость как самого объекта, так и его эксплуатации, увеличить эффективность его работы, повысить безопасность.

Лучи надежды

Второй крупный доклад Сергей Кириенко сделал уже на следующий день. Как рассказал Вячеслав Першуков, генеральный директор МАГАТЭ Юкия Аmano лично попросил главу «Росатома» выступить на научном форуме «Атом в промышленности: радиационные технологии на благо развития»:

«Оценивая пройденную нами 70-летнюю историю, возвращаясь к истокам создания атомной промышленности в Советском Союзе, должен признать, что у меня вызывают большие удивление и восхищение предвидение и стратегический подход, который создатели советского атомного проекта в далеких 1945–1946 гг. проявили по отношению к невоенному использованию ядерных радиационных технологий. Вдуматься: эти события происходили через несколько месяцев после первого применения атомной бомбы в Хиросиме и Нагасаки. Это было в период жесточайшей гонки вооружений, когда вопрос создания ядерного оружия стал вопросом жизни и смерти, выживания страны.... Очевидно, везде в мире атомная промышленность была военным проектом. И вот советские специалисты, которые в этих экстремальных условиях занимались реализацией военных проектов, уже в 1946 г. начинали инициировать проекты по первой в мире атомной станции, первому в мире атомному ледоколу или транспортной энергетической установке, по медицинским применениям атомных технологий и продуктов».

Сергей Кириенко

— Раньше на этих форумах делали доклады и презентации большей частью американцы. Мы на них начали выступать примерно три года назад. Я делал пленарные доклады о проблемах воды, о сельском хозяйстве, развитии радиационных технологий, глобальном потеплении климата. А в этом году господин Аmano попросил Сергея Владилевича выступить с обобщающим докладом на тему: что могут принести ядерные технологии в индустриальной области. Потому что атомная энергетика — всего лишь одна из сфер приложения ядерных технологий. А мы за 70 лет развития создали огромные отрасли, которые так или иначе связаны с пониманием физики ядра, с развитием атомных технологий, ядерной энергетики.

И опять выступление С.В. Кириенко следовало сразу за приветственным словом генерального директора МАГАТЭ. На этот раз глава госкорпорации рассказывал о предметах, непосредственно связанных с ядерными технологиями, но не имеющих прямого отношения ни к энергетике, ни к обороне.

Именно медицину С.В. Кириенко назвал важнейшим направлением применения этих технологий. Начиная со второй половины XX в. Россия производила для себя и поставила в десятки стран мира медицинские комплексы на базе различных ускорителей от 6 до 30 МэВ, позволяющие обеспечить производство необходимых медицине изотопов. Широко производятся гамма-терапевтические комплексы для лечения онкологии. «Росатом» сегодня осуществляет широкий спектр поставок крайне необходимых для диагностики и лечения

«Обладея значительным потенциалом ядерной отрасли, Россия всегда исходила из того, что международное сотрудничество должно быть максимально открыто, чтобы обеспечить доступ к благам ядерных радиационных технологий для всех стран — особенно для тех, которые только становятся на путь развития ядерных радиационных технологий. Это накладывает особую ответственность на страны, которые давно обладают соответствующими знаниями и технологиями. <...> Поэтому сегодня мы разрабатываем комплексные программы сотрудничества, связанные не только с поставкой оборудования и технологий, но и с созданием научных центров, поставкой исследовательских реакторов и ускорителей, передачей знаний, обеспечением комплексной инфраструктуры развития и сотрудничества.

При этом мы исходим из того, что лидерство в такой работе принадлежит МАГАТЭ. Мы полностью поддерживаем инициативу МАГАТЭ и его генерального директора уделять больше внимания развитию и пропаганде использования ядерных и радиационных технологий, создавая соответствующие условия для равного доступа всех людей в мире к этим благам. Россия будет делать все от нее зависящее для того, чтобы поддерживать наших партнеров и МАГАТЭ в этом благородном деле».

Сергей Кириенко

онкологических заболеваний и болезней нервной системы изотопов технеция-99, стронция-89, йода-131, кобальта-60, цезия-131. В 2016 г. произойдут остановка и вывод из эксплуатации одного из основных мировых наработчиков изотопа молибден-99 в Канаде. Для преодоления возможного дефицита необходимого препарата и для того, чтобы своевременно десятки и сотни тысяч людей в мире были обеспечены лечебными процедурами и диагностикой, в России уже создано замещающее производство. Сегодня его мощности рассчитаны на производство до 2 тыс. кюри молибдена-99 в неделю. Отгрузки в Аргентину, Бразилию, Южную Корею, Китай, Армению уже начались.

Технологии, о которых рассказал С.В. Кириенко, — вполне мирные, но в некоторых оборонная составляющая присутствует. Причем в полный рост. Ибо как еще назвать разработанные российскими специалистами установки, которые просвечивают на контрольно-пропускных пунктах движущиеся со скоростью до 40 км/час автомобили и контейнеры на предмет поиска в грузе взрывчатки и прочих опасных вещей, если не оружием обороны? Кроме того, по словам главы «Росатома», наши ядерщики производят установки для очистки воды, совершенствуют средства неразрушающего контроля, проектируют атомные двигатели

для межпланетных перелетов, повышают урожайность сельхозпродуктов, создают новые сверхпрочные материалы и т.д. Как пример реальной продукции С.В. Кириенко привел разработанный в Троицке высокоэнергетический лазер, способный на расстоянии 100 м в условиях сильной задымленности (т.е. при пожаре) легко разрезать двухсантиметровую стальную броню. Это позволяет сократить сроки ликвидации аварий на нефтяных и газовых месторождениях с нескольких месяцев до нескольких суток. Другой пример: рекордное прохождение по Северному морскому пути каравана грузовых судов под руководством российского атомного ледокола за семь с половиной суток, что в разы быстрее, чем при прохождении из варяг в азиаты через популярный Суэц. Соответственно — и в разы дешевле.

Основной посыл, озвученный Сергеем Кириенко: хочешь посмотреть на ядерные технологии — посмотри вокруг.

Следом за С.В. Кириенко на форуме выступили председатель Комиссии по атомной энергии Индии Ратан Синха и ставший в свой 21 год уже одним из известнейших в США физиков-ядерщиков Тейлор Уилсон. Последний прославился тем, что в 14 лет из подручных материалов собрал действующий фузор — устройство для получения управляемой термоядерной реакции.

В последующих докладах ученые из Австрии, Аргентины, Австралии, Китая, Бразилии, Японии, Южной Кореи, Польши, Норвегии, Туниса, Франции и Бельгии рассказывали:

- как с помощью радиации можно уничтожать вредные и болезнетворные микроорганизмы и стерилизовать медицинские материалы;
- как радиационная обработка резины и подобных полимеров позволяет снизить стоимость, увеличить объем и поднять экологичность выпуска качественной продукции;
- как радиационные технологии помогают определить пути распространения промышленных загрязнений;
- какое важное значение имеют радиоактивные индикаторы и радиоизотопные приборы для повышения производительности и обеспечения качества и надежности производственных процессов и систем;
- как радиационные неразрушающие методы контроля позволяют периодически проверять и оценивать качество отдельных деталей и целых сооружений;
- о новых разработках и инновационных применениях радиационных технологий в здравоохранении, сельском хозяйстве и продовольствии, в деле сохранения культурного наследия;

В этой части с докладом выступил еще один представитель «Росатома» — молодой, только защитивший кандидатскую диссертацию Артур Гареев.

Знать — значит уметь

Тезис о том, что атомные технологии — это всерьез и надолго, проходил красной нитью через все выступления. Но особый упор на это был сделан на специальном семинаре, посвященном «интегрированным решениям по управлению ядерными знаниями и технологиями на всех этапах жизненного цикла атомного проекта». Открывавший его В.А. Першуков сказал:

— Инфраструктура знаний в ядерной области — фундамент для начала освоения ядерной энергетики и построения безопасной атомной промышленности. «Росатом» активно сотрудничает с МАГАТЭ в рамках работ по развитию инфраструктуры ядерных знаний, в свою очередь МАГАТЭ поддерживает комплексный подход к управлению ядерными технологиями на протяжении жизненного цикла и считает важным развивать данный подход совместно с вендорами и странами-новичками.

Важная составляющая предложения «Росатома» — необходимость обеспечить передачу и сохранение ядерных знаний на всех этапах жизни АЭС, от подготовки инфраструктуры до вывода из эксплуатации. Особое внимание стоит уделить точкам перехода от одного этапа к другому, что позволит обеспечить передачу накопленных знаний от одних участников проекта другим. Инфраструктура таких знаний и должна стать, по замыслу «Росатома», тем информационным пространством, в котором такая передача осуществляется наиболее эффективно. Участники, отвечающие за осуществление атомных проектов в странах-новичках, должны внедрять и развивать инструменты и практики управления ядерными знаниями уже начиная с этапа подготовки инфраструктуры. Эти инструменты необходимо встроить в существующие бизнес-процессы, что обеспечит их эффективность. Мировой опыт показывает, что такая практика на любом этапе развития атомного проекта позволяет повысить эффективность работы и обеспечить выполнение сроков реализации поставленных задач.

Представители «Росатома» рассказали на семинаре, что корпорация договорилась с МАГАТЭ продолжать совместную работу в этом направлении и представить промежуточные результаты на Форуме по управлению знаниями (*Rosatom Knowledge Management Forum*), который пройдет Москве в будущем году. ■

Подготовил Валерий Чумаков

ПРОРЫВНЫЕ РАЗРАБОТКИ**Пять технологий, которыми «Росатом» удивил участников 59-й конференции МАГАТЭ****1****Космический двигатель**

Российские ядерщики осваивают космос давно, в том числе в коллаборации с учеными других стран. На американском марсоходе установлен российский источник нейтронов. Совершенствуются космические ядерные энергетические установки. На конференции Сергей Кириенко рассказал, что «Росатом» сейчас работает над созданием «нового поколения космических транспортных энергетических установок мегаваттного класса, которые позволяют сделать реальностью межпланетные полеты». Премьера нового двигателя запланирована на 2018 г.

2**Железнодорожный рентген**

Новые российские системы неразрушающего контроля способны просвечивать на предмет поиска опасных материалов (взрывчатки, наркотиков и т.п.) целые железнодорожные составы без потери скорости движения, проще говоря — без остановки. Подобные системы обеспечения безопасности уже прошли проверку на Сочинской олимпиаде-2014.

3**Установка «Кондор»**

Теперь не доложить метр-другой подушки в основание дорожного покрытия будет не так просто. В России вскоре начнется серийное производство уникального прицепа «Кондор», который на скорости 60 км/ч просвечивает дорожное покрытие на глубину до 3 м, обеспечивая полную проверку его качества. Таким образом уже проверены десятки тысяч километров российских дорог.

4**Сверхпрочный полиэтилен**

Новые технологии радиационной модификации полиэтилена увеличивают его износостойкость в 35 раз, а ударопрочность — более чем в десять раз. Кроме того, материал приобретает еще и уникальное свойство памяти — способность после цикла деформаций возвращаться к первоначальным размерам и формам. По-домашнему говоря, нервующийся и самоскладывающийся пакет.

5**Атомные «барьеры»**

Вопрос дефицита питьевой воды — один из острейших, стоящих перед человечеством. В «Росатоме» разрабатываются мобильные атомные энергетические установки для опреснения морской воды в труднодоступных районах, которые позволят напоить сотни тысяч людей. Хотя установка еще не создана, у компании уже есть множество заказов.

А Т О М Н А Я

ДЛЯ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

Е.П. Велихов,
В.Ф. Демин,
Н.Ш. Исаков,
А.Ю. Казеннов,
Д.А. Крылов,
В.П. Кузнецов,
В.Н. Лысцов
(НИЦ «Курчатовский институт»)

И.Э. Ибрагимов,
Д.А. Мирзоев
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

Э Н Е Р Г Е Т И К А



В последние десятилетия значительно выросли объемы мировой добычи углеводородов на шельфовых месторождениях. Это объясняется прежде всего развитием современных морских технологий добычи, подготовки и транспортировки полученного сырья. Но это не единственная причина. Сегодня многие говорят об угрозе истощения земных недр на материках. Поэтому на шельфовые месторождения арктических морей возлагаются большие надежды. Их освоение входит в число стратегических приоритетов России.

Задача

Разработка и обустройство месторождений на арктическом шельфе требует огромных капиталовложений. И здесь главный вопрос — обеспечение арктических нефтегазовых промыслов электроэнергией.

Сегодня для освоения шельфовых углеводородных ресурсов, в первую очередь замерзающих морей, интенсивно развиваются инновационные подводные промыслы, при которых все оборудование делается в подводном исполнении. В ледовых условиях арктического шельфа это единственно возможный способ. Во-первых, значительная часть акватории Арктики круглый год покрыта льдами, во-вторых, месторождения могут быть значительно удалены от берега.

Сейчас для обеспечения энергией морских нефтяных и газовых месторождений используют углеводородные энергетические установки. Их размещают на платформах или на берегу, откуда передают электроэнергию по подводному кабелю. В Арктике удаленность от берега составляет порой много сотен километров. К этому нужно прибавить постоянный ледовый покров. Все это значительно осложняет или вовсе исключает передачу электроэнергии по подводному кабелю.

Необходимо учитывать и экологические последствия такого метода энергообеспечения. Высокий уровень установленных мощностей и их работа в течение десятилетий в случае использования углеводородного топлива повлечет за собой огромные выбросы в атмосферу парниковых газов, а также увеличит вероятность разливов жидкого топлива в океане. Поэтому энергообеспечение арктических технологий должно соответствовать высокому уровню экологической и промышленной безопасности.

Объемы аварийных разливов нефти при ее транспортировке на порядок выше, чем при морской добыче, при этом большинство аварий танкеров, повлекших разливы нефти, связаны с человеческим фактором. Кроме того, ситуацию

в акваториях арктического шельфа усложняют ледовая обстановка, обледенение судов, плохая видимость из-за туманов и протяженного зимнего периода. Известная катастрофа танкера *Exxon Valdez* у южных берегов Аляски оказала огромное негативное воздействие на экосистему региона и показала особую экологическую уязвимость Арктики.

Энергообеспечение арктических технологий должно соответствовать высокому уровню экологической и промышленной безопасности

В то же время на основе российского опыта применения атомной энергии в Арктике можно с уверенностью сказать, что без использования ядерных энерготехнологий дальнейшее освоение Арктического региона немислимо.

Сколько надо энергии?

На прошедшей в прошлом году в Мурманске пятой Всероссийской морской научно-практической конференции было сказано, что по данным Геологической службы США (*USGS*) в Арктическом регионе сконцентрировано более 22% мировых ресурсов углеводородного сырья, в том числе 30% природного газа, 20% газового конденсата и 13% сырой нефти. При этом до 70% ожидаемых запасов сосредоточено в российском секторе.

Энергетической стратегией РФ на период до 2035 г. извлекаемые ресурсы углеводородов континентального шельфа России определяются в 90,3 млрд т условного топлива, из них 16,5 млрд т нефти с конденсатом и 73,8 трлн м³ газа. Около 70% этих ресурсов приходится на шельфы Баренцева, Печорского и Карского морей, составляющих около 50% арктического шельфа России. С учетом

предполагаемых коэффициентов извлечения нефти — 0,3 и газа — 0,85, примем, что объем извлекаемых ресурсов нефти и конденсата в западной части арктического шельфа в недрах Баренцева, Печорского и Карского морей составит 3,5 млрд т, а газа — 44 трлн м³.

По прогнозам экспертов, к 2035 г. Россия будет добывать на своем арктическом шельфе до 30 млн т нефти и 130 млрд м³ газа в год.

Сегодня удельные энергозатраты различных нефтегазовых технологий при извлечении нефти составляют, по данным Штокмановского газоконденсатного и Приразломного нефтяного проектов и проектов производства сжиженного природного газа (СПГ), 70 кВт·ч/т, а газа — 10 кВт·ч / 1 тыс. м³. На промышленную обработку и сжатие 1 тыс. м³ газа уходит 30–70 кВт·ч, а на ожижение — 230–350 кВт·ч.

Исходя из этого при заданных темпах для добычи углеводородных ресурсов на арктическом шельфе России необходимы следующие мощности:

на извлечение нефти на месторождениях	0,24 ГВт
на извлечение газа	0,0104 ГВт
на подготовку и сжатие газа (компримирование) по всему жизненному циклу промысла	0,14 ГВт
на дожимное компримирование газа, вторая половина жизненного цикла промысла	в среднем 0,5 ГВт
на ожижение 50% всего объема добытого газа по всему жизненному циклу промысла	в среднем 2,1 ГВт

Суммарная усредненная оценка потребности в электроэнергии, таким образом, составляет 3,4 ГВт, т.е. мощность, необходимая для энергообеспечения нефтегазовых производств на арктическом шельфе России, может достигнуть весьма значительной величины. При этом не оценивались и не учитывались энергозатраты на разведку и морские перевозки углеводородов.

Примерно 40% необходимой электроэнергии можно передать по подводным кабелям объектам, расположенным на расстоянии до 200 км. Практически подтверждена возможность передачи по подводному кабелю постоянным током мощности на уровне 250 МВт на расстояние 200 км. Стоимость такого кабеля достигает 1 млн € за км.

Оставшиеся 60% для энергообеспечения промыслов, отстоящих от берега более чем на 200 км, должны быть реализованы в автономном подводно-подледном исполнении. Здесь автономная атомная энергетика малых мощностей представляется безальтернативной.

В зависимости от вида и функций объекта нефтегазового промысла уровни необходимых мощностей электрогенерации должны составлять:

на собственные нужды	5–10 МВт
на извлечение скважинной продукции	30–40 МВт
на компримирование газа	250–300 МВт
на ожижение газа	300–600 МВт

Очевидно, что из условий надежности необходимая мощность энергообеспечения нефтегазовых объектов и процессов на арктическом шельфе будет, как и в других энергоемких технологиях, достигаться одновременным подключением и использованием нескольких энергоисточников меньших единичных мощностей. Можно определить, что для энергообеспечения освоения арктического шельфа потребуются инновационные атомные энергоисточники единичной мощностью, не превышающей 300 МВт, что соответствует диапазону малых мощностей по определению МАГАТЭ. Этот диапазон в основном соответствует освоенному в эксплуатационной, производственной и проектной практике российского атомного судостроения.

Что лучше?

В условиях арктического шельфа главные требования к энергетическим установкам — повышенная надежность и минимальное воздействие на окружающую среду. Не менее актуально требование минимального обслуживания вплоть до полной автономности энергетической установки.

Таким условиям идеально отвечают действующие и проектируемые судовые АЭУ (атомные энергетические установки) и объекты на их основе. Опыт российской судовой атомной энергетики (АЭ) превышает 6 тыс. реакторо-лет и составляет около половины опыта мировой атомной энергетики. Судовую АЭ отличают:

- упрощенная конструкция;
- промышленное серийное производство;
- минимальное обслуживание вплоть до полного отсутствия такового в процессе работы;
- наличие инфраструктурного обеспечения реализации всего жизненного цикла судовых АЭУ от проектирования до утилизации.

Высокая надежность судовых АЭУ подтверждена в том числе в произошедших катастрофах морских объектов с атомными энергетическими установками.

Обслуживание АЭУ, установленных на объектах морской нефтегазодобычи в Северном Ледовитом океане, может быть обеспечено ядерной инфраструктурой российского Севера.

Использование энергоисточников, сжигающих органическое топливо, будет определяться следующими факторами:

- полная технологическая освоенность в необходимом диапазоне мощностей;
- неизбежное наличие значительных и длительных выбросов парниковых газов;
- необходимость изготовления, прокладки и поддержания работоспособности подводно-подледных протяженных силовых кабельных сетей;
- невозможность автономного углеводородного энергообеспечения подводно-подледных объектов морских нефтегазовых промыслов в ледовых условиях арктического шельфа на больших удалениях от берега.

В то же время атомное энергообеспечение сократит вероятность разливов нефти во льдах, для ликвидации которых сегодня нет эффективных технологий.

Что чище?

Атомная энергетика — наиболее экологически чистый способ генерации универсальной энергии для освоения ресурсов арктического шельфа.

50-летнее присутствие атомного флота в Северном Ледовитом океане, даже с учетом аварий в начальный период атомной истории Арктики, не оказало заметного влияния на окружающую среду. Концентрация радионуклидов в воде и биологических организмах осталась практически на фоновых уровнях. Более явным оказался перенос некоторых нуклидов с радиохимических заводов Великобритании и Франции в Баренцево и Карское моря. Использование АЭУ для энергообеспечения нефтегазовых промыслов на арктическом шельфе не повлечет за собой каких-либо выбросов в атмосферу. Тепловое воздействие на воды Северного Ледовитого океана будет локальным и несопоставимо малым в сравнении с естественными колебаниями температур от постоянно действующих факторов и океанских течений.

Морская добыча и перевозки нефти ведутся более 100 лет. Сегодня загрязнение нефтяными углеводородами акватории Северного Ледовитого океана распространяются вплоть до Северного полюса и в отдельных акваториях превышают допустимые пределы. Отмечается и негативное воздействие канцерогенов и других биологически активных веществ на некоторые виды арктической фауны.

Использование топливного газа, наиболее чистого углеводородного энергоресурса, для энергообеспечения морской добычи нефти и газа в Арктике при ожидаемых объемах и продолжительности производств приведет к нежелательным выбросам в атмосферу огромного количества парниковых

газов. При использовании топливного газа и при суммарной установленной мощности энергоисточников на уровне 3,4 электрических ГВт выбросы в атмосферу составят (по данным для турбогенераторов с газотурбинными приводами *Rolls-Royce* с КПД 42%.):

- CO_2 — не менее 6 млн т/г.;
- NO_x — не менее 4 тыс. т/г.;
- CO — не менее 1 тыс. т/г.

Таким образом, только в западной части российского арктического шельфа выбросы парниковых газов при углеводородном энергообеспечении промыслов и производств за время извлечения объявленных объемов нефти и газа составят миллиарды тонн.

В сокращении выбросов кроется и значительный экономический эффект. Сегодня цена выбросов двуокиси углерода составляет несколько десятков долларов за тонну, в будущем она будет только расти.

В случае использования дизельного топлива к выбросам в атмосферу добавятся SO_2 , сажа и другие опасные продукты.

По усредненным данным, радиоактивность по ^{226}Ra сопутствующих сред (рассолов) при добыче нефти в Арктике составляет от 8,8 тыс. до 28,6 тыс. Бк/м³. В Северном море на 1 т добываемой сырой нефти приходится 0,85 т сопутствующей радиоактивной воды. При добыче 100 млн т нефти в год количество извлеченной попутной воды составит $8,5 \cdot 10^7$ т, и в ней будет содержаться 0,7–2,1 ТБк (20–60 Ки) ^{226}Ra плюс почти такие же количества ^{224}Ra и ^{222}Rn . Примерно столько же Ra будет поступать в окружающую среду и с тверды-

Сегодня загрязнения нефтяными углеводородами акватории Северного Ледовитого океана достигают Северного полюса и в отдельных акваториях превышают допустимые пределы

ми радиоактивными отходами (шламом, отложениями на оборудовании и т.д.). Таким образом, при добыче 30 млн т нефти в год на арктическом шельфе общее количество поступающей радиоактивности составит ~60 Ки/год. Радиоактивность 1 км³ морской воды за счет содержащегося в ней естественного радионуклида ^{40}K составляет ~300 Ки.

Радиоактивность, поступающая из недр Земли при добыче природного газа, больше, чем при добыче нефти. В газе, добываемом в Северном море, содержание ^{222}Rn в 1 м³ природного газа в зависимости от пород колеблется в пределах от 30 тыс. до 54 тыс. Бк/м³. Для Арктики среднее значение

^{222}Rn в 1 м^3 природного газа составляет примерно 100 Бк/м^3 , что для 130 млрд м^3 составит около 300 Ки/год .

Для более точных оценок должны быть проведены исследования добываемого газа в конкретном районе на наличие в нем ^{222}Rn и продуктов его распада.

Прямые радиологические последствия таких загрязнений для всего Арктического региона считаются незначительными.

Для сравнения: суммарная активность РАО и затопленных в Карском море конструкций аварийных объектов составляет примерно 100 кКи ; активность отработавшего ядерного топлива в реакторах затонувшей в 2003 г. на входе в Кольский залив АПЛ Б-159 равна 140 кКи ; 90 кКи — в реакторе АПЛ «Комсомолец».

Что безопаснее?

По данным МАГАТЭ, риски отдаленных негативных последствий для населения от воздействия АЭ в десятки и сотни раз меньше, чем риски от энергетики углеводородной. Приведенный ущерб при производстве электроэнергии с учетом выбросов в окружающую среду и аварий на атомных, газовых и угольных электростанциях составляет в случае атомной энергетики $0,002 \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч}$. В случае газовой энергетики это число вырастает до $0,5 \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч}$, а при энергетике угольной превышает $1,1 \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч}$. Таким образом, приведенный ущерб от работы атомной электростанции на два–три порядка ниже по сравнению с углеводородной электростанцией.

Приведенный ущерб при производстве электроэнергии, руб./кВт·ч			
Стадия топливного цикла; фактор воздействия	Атомная энергетика	Газовая энергетика	Угольная энергетика
Выбросы нерадиоактивных и радиоактивных веществ	0,00003	0,03	0,5
Аварии	0,002	—	≤0,01
Выброс парниковых газов	—	0,5	0,6–0,9
Сумма	0,002	0,53	1,1–1,4

Уменьшение мощности АЭУ увеличивает ее безопасность. Инновационная атомная энергетика малых мощностей — наиболее безопасная и надежная для энергообеспечения добычи нефти и газа в ледовых условиях арктического шельфа. Рассматриваемые для использования в арктическом морском нефтегазовом производстве АЭУ относятся к установкам малых мощностей. Для них — в рамках существующих подходов к ядерному страхованию — может быть обеспечена полная финансовая ответственность оператора за возможный ядерный ущерб.

Что дешевле?

Экономика атомного энергообеспечения нефтегазового производства на арктическом шельфе требует глубокого всестороннего сравнительного с альтернативной энергетикой анализа.

Полученные ранее данные дали неожиданные результаты. Так, в начале нулевых годов было выполнено сравнительное исследование вариантов энергообеспечения оживления одной очереди добычи Штокмановского природного газа ($22,5 \text{ млрд м}^3$ в год) с использованием энергии газа и с атомным энергообеспечением. Потребная мощность энергообеспечения такого производства достигает 600 МВт (эл). Было показано, что атомное энергообеспечение с использованием двух атомных станций на базе реакторных установок типа ВБЭР-300 разработки ОКБМ им. И.И. Африкантова было бы дешевле газотурбинного.

Системный подход

Атомное энергообеспечение подводно-подледных нефтегазовых промыслов на арктическом шельфе должно планироваться и осуществляться на основе системного подхода к организации их жизненного цикла. После окончания срока службы никакие элементы технических систем не должны оставаться в акватории.

В настоящее время успешно ликвидируются радиационные последствия функционирования российского атомного флота в Арктике; на очереди — подъем крупногабаритных радиационно опасных аварийных конструкций, затопленных в начальный период атомной истории Арктики.

Однако безопасность нефтегазового производства в условиях арктического шельфа на базе атомного энергообеспечения требует оптимизации правовых, институциональных и технических решений.

Атомное энергообеспечение добычи ресурсов нефти и газа арктического шельфа может стать базовой технологией, на основе которой появятся новые технические решения в подводно-подледных технологиях разведки, добычи, подготовки и транспортировки скважинной продукции. С экологической точки зрения атомная энергетика безальтернативна для энергообеспечения нефтегазовых промыслов в ледовых условиях арктического шельфа и на удаленных от береговой инфраструктуры расстояниях. ■





Культура должна стать национальной идеей

Людмила Шапошникова

Это последнее интервью Людмилы Васильевны Шапошниковой — ученого-востоковеда, философа, писателя, крупнейшего исследователя творчества семьи Рерихов. Ее не стало 24 августа. Людмиле Васильевне как своему соратнику и единомышленнику Святослав Николаевич Рерих доверил хранить духовное наследие своей семьи.

Более 20 лет она возглавляла организованный ею первый в России Общественный музей им. Н.К. Рериха и Международный центр Рерихов. Кроме того, Людмила Васильевна занималась научной деятельностью, писала книги, преподавала, считая главной своей жизненной задачей просвещение, а национальной идеей предлагала сделать культуру, без которой, по ее убеждению, человеческая цивилизация существовать не сможет. Последнее время она не давала интервью, сделав исключение лишь для специального корреспондента журнала «В мире науки» Наталии Лесковой. Жаль, что Людмила Васильевна не увидела его напечатанным...

— Людмила Васильевна, вы много лет были сподвижником Святослава Николаевича Рериха, сына знаменитого художника и мыслителя Николая Рериха. Как состоялось ваше знакомство?

— Дело в том, что по образованию я востоковед, занималась индийской историей и культурой, преподавала в Мадрасском университете и прожила в Индии в общей сложности лет десять. Когда я бывала там в первые разы, знала, что в городе Бангалоре живет Святослав Николаевич Рерих, русские приезжают к нему в гости и потом рассказывают много интересного. Когда я думала, не съездить ли и мне к нему, всякий раз останавливалась: ну о чем я буду с ним говорить? У меня не было проблем, которые я бы могла обсуждать со Святославом Николаевичем. А просто посидеть и поговорить считала невозможным. С какой стати уважаемый человек будет тратить на меня время?

В то время я занималась проблемами индийского рабочего движения. Это были 50-е гг. прошлого века, и других тем в исторической науке практически не было. Но в Индии у меня было много друзей, благодаря которым я поняла, что познать страну, не поняв ее культуры, невозможно. Начала этим серьезно заниматься. Когда стала изучать проблему генезиса индийского народа, обратилась к работам Николая Константиновича Рериха. В них он, в частности, высказывает мнение, что славяне и индийцы имеют много общего в происхождении и культуре. У нас общие духовные корни. Мне эта мысль очень понравилась. Где-то она у меня отложилась. Но до знаменательной встречи было еще далеко.

Так случилось, что в 1967 г. я в числе прочих получила премию Джавахарлала Неру и в составе советской делегации по приглашению правительства Индии отправилась в эту страну. Странным образом я вдруг ощутила необходимость ехать к Святославу Николаевичу. Со мной вызвался ехать Семен Иванович Тюляев — искусствовед-индолог, который тоже получил премию. По его словам, он

хорошо знал Святослава Николаевича и даже был дружен с ним. Я очень обрадовалась этому обстоятельству. Ведь я Рериха никогда не видела и переживала, как явлюсь к нему в дом.

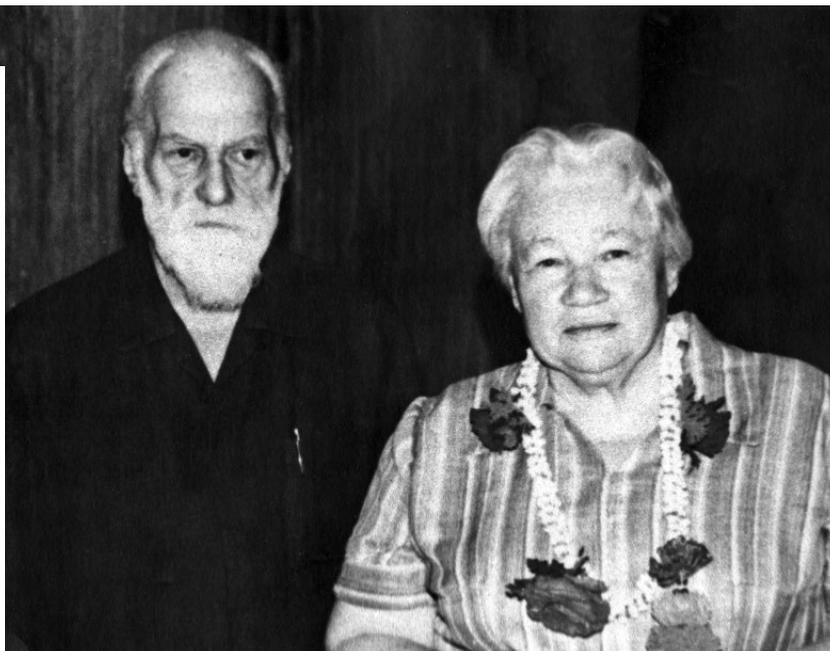
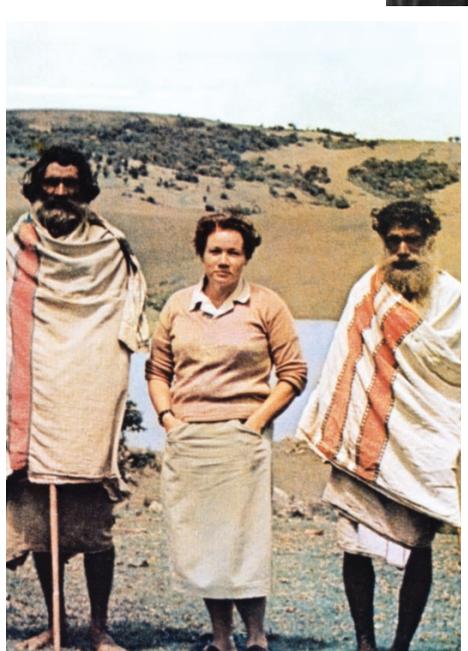
Поехали в Бангалор. Добрались уже часам к пяти вечера — все-таки расстояние в 400 км! Но тут выяснилось, что он уехал в свое имение Татагуни и будет только завтра. С большими приключениями мы доехали до Татагуни. Была уже глубокая ночь. Я сказала охраннику, чтобы он сообщил хозяину о незваных гостях. Мы стояли на ступенях, ведущих на веранду дома, когда к нам вышел сам Святослав Николаевич. Семен Иванович возник перед ним со словами: «Рад вас видеть!» — но был довольно резко прерван хозяином: «Это что такое? Почему так поздно?!» Я стояла за спиной у Тюляева ни жива ни мертва, думая о том, что втянула его в это дело, а теперь его могут просто спустить с лестницы!

И я шагнула вперед со словами: «Здравствуйте! Я Шапошникова!» Сказав это, я поняла, что ничего глупее произнести было нельзя, и застыла, ожидая развязки. Рерих быстро взглянул на меня и сказал: «Да, я вас ждал, входите!» Вот так состоялось наше знакомство. Он повел меня в свою студию, где мы проговорили всю ночь, до четырех утра.

— А когда состоялась следующая встреча?

— Через год я вернулась в Мадрас и сразу позвонила Святославу Николаевичу, который очень обрадовался и позвал меня приехать на уик-энд. Я поехала и с тех пор стала бывать у него регулярно. В Индии меня всегда привлекали некие духовные моменты, довольно развитые в индийской культуре, и я искала свой путь, идя по которому, я могла бы получить достаточное количество знаний, ответы на какие-то важные вопросы, возникающие у каждого человека. Я перепробовала, наверное, направлений пять, и мне всегда казалось, что это не мое.

Однажды Святослав Николаевич протянул мне книжку и сказал: «Елена Ивановна написала эту книгу в сотрудничестве с Учителем. Прочтите ее!» (Елена Ивановна Рерих — жена Н.К. Рериха, мать



Л.В. Шапошникова в гостях у племени тогда, Нильгири, 1964 г. (слева);
С.Н. Рерих и Л.В. Шапошникова в Татагуни, 1990 г. (вверху)

С.Н. Рериха. — Примеч. ред.). А я ничего об этом еще не знала. Книжка называлась «Беспредельность». Я приехала в Мадрас и начала читать. И понимаю: ни-че-го не понимаю! А оторваться не могу. Закончив читать, я написала огромный список вопросов: что это такое, что сие означает? С этим списком на следующей неделе я поехала к Рериху, чтобы мучить его своими вопросами. Но пока я ехала, вдруг стала понимать, что там написано. И мои вопросы показались глупыми и ненужными. Я поняла, что их не надо задавать Святославу Николаевичу. Это была первая в моей жизни книга по философии космической реальности, которая с тех пор прочно вошла в мою жизнь. С этого дня я твердо знала: вот это — мое.

— **Девичья фамилия Елены Ивановны Рерих — Шапошникова. Вы, наверное, родственницы?**

— Нет, никакого кровного родства у нас нет, но я считаю, что в какой-то мере меня поместили этой фамилией.

— **Я знаю, что у вас не просто музей имени Рериха, а научно-исследовательская организация. Чем она занимается?**

— Мы обладаем столь бесценным наследием, что превращать его просто в музей нельзя. Святослав Николаевич передал нам архив, библиотеку родителей, картины и различные реликвии, личные вещи, сегодня выставленные в музее. Все это имеет большую ценность и нуждается в изучении, поэтому мы — своего рода научный центр. Мы занимаемся публикацией документов из архива Рерихов, издаем книги, проводим научно-общественные конференции, как всероссийские, так

и международные, издаем журнал «Культура и время»... Словом, мы сумели стать живым научно-просветительским и культурным центром России, чем я очень горжусь. Николай Константинович Рерих придавал искусству, культуре огромное значение, он писал: «Искусство — сердце народа. Знание — мозг народа. Только сердцем и мудростью может объединиться и понять друг друга человечество». При этом, подчеркну, сердце и мудрость были для него понятиями синонимичными. Не рассудок, а интуиция станет объединяющим началом человечества.

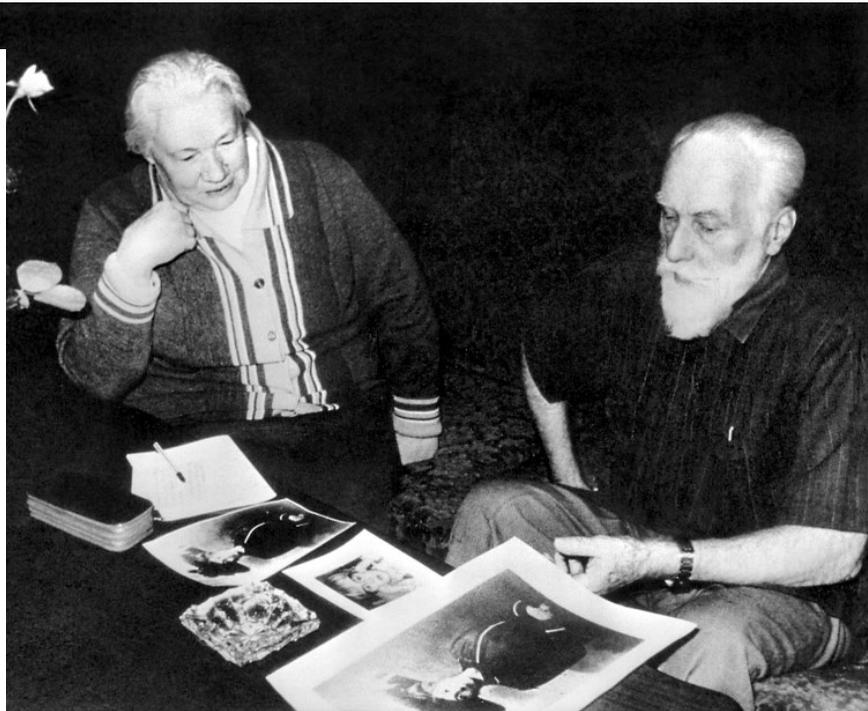
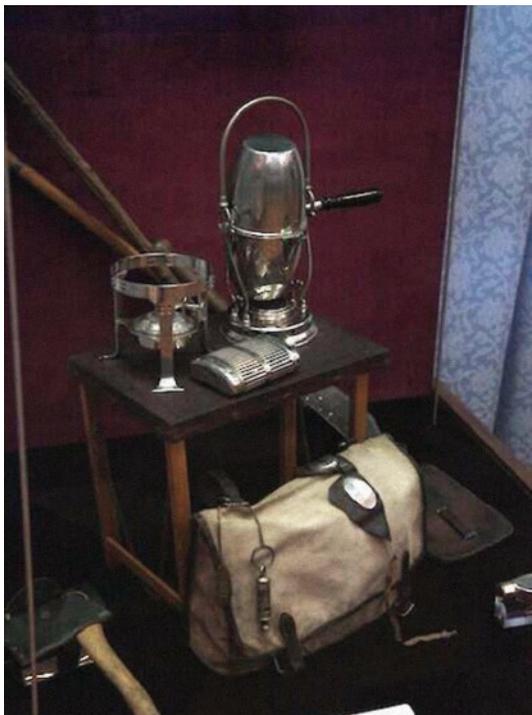
— **Можно ли назвать какую-то важнейшую, ведущую идею вашего центра?**

— Когда я организовывала музей, пыталась как-то упорядочить наследие семьи Рерихов, поняла: начинать надо с главного — с Живой Этики, которая буквально пронизывает их творчество. И тогда я поставила своей целью понять, что самое главное в этом учении.

— **Что же?**

— Космическое мышление. Это новый тип мышления. В истории человечества мы знаем несколько типов мышления: мифологическое, религиозное, научное. Четвертый тип, предугаданный Рерихами, это и есть Живая Этика, космическое мышление. Что, кстати, научного мышления и вообще науки в ее нынешнем понимании ничуть не отменяет. Напротив, нас ждет небывалый расцвет науки, ее качественный скачок, что сейчас, собственно, и происходит.

Рерих считал роль науки главенствующей в духовной эволюции мира. Согласно «Живой Этике»,



Экспедиционные вещи семьи Рерихов (слева); Л.В. Шапошникова и С.Н. Рерих за работой над книгой, Бангалор, Индия, 1988 г. (вверху)

все мироздание — это грандиозная энергетическая и информационная система, состоящая из отдельных структур.

Человек, по его мысли, — одна из таких структур. Все структуры связаны друг с другом и находятся в тесном контакте, и задача нынешней эволюции — понять суть этих связей, постичь их смысл и значение. Как это сделать? Путем подъема уровня сознания. Но Николай Константинович предупреждал, что это процесс непростой и не скорый.

— Известно, что в 1926 г., прервав свою центральноазиатскую экспедицию, Рерихи посетили Москву. Наверное, у них была какая-то конкретная, а не просто экскурсионная цель?

— Безусловно, они прибыли на родину не просто так — они хотели сделать важное предупреждение молодой Стране Советов. Ясно, что подобную мессианскую роль в то время возможно было осуществить лишь через произведения культуры. С этой целью Рерихи принесли в дар семь картин из серии «Майтрея» о приходе будущего Будды. Сейчас эти картины хранятся в Нижегородском государственном художественном музее. Уцелели они благодаря усилиям Максима Горького. Второй дар — ларец с гималайской землей. Третий — книга под названием «Община». Это одна из книг «Живой Этики». Она-то и содержала конкретное предупреждение. 1926 г. был поворотным моментом в истории нашей страны. Сталин всю власть к власти, задумывались коллективизация и индустриализация, катился к закату нэп... Рерихам

было ясно, что Россия стоит на перепутье: пойдет она дальше по пути превращения в тоталитарное или демократическое государство, зависит от тех, кто находится у власти. Им-то и была адресована книга, где речь шла о том, что община, коммуна должна возникнуть на духовно-культурной основе, в ней не должно быть места насилию. Собственность нужна человеку не для того, чтобы упиваться своим материальным богатством, а для того, чтобы иметь возможность помогать другим людям.

— Разве это не утопия?

— Думаю, нет. Общество, где практически нет воровства и преступности, возможно, но для его создания нужны условия, которых у нас нет. Напротив, мы живем в стране, которая демонстрирует пример безнаказанного нарушения законов, причем на всех уровнях. А причина проста — отсутствие нравственных ориентиров, национальной идеи, которой может и должна стать культура. Наука, кстати, — это часть культуры. Идея главенства культуры, науки, духовности стоит в центре философского наследия Рерихов. Увы, Советский Союз начал строиться на экономической основе, а провозглашаемая у каждого столба свобода была не чем иным, как подавлением воли индивида. Вместо настоящего духовного учителя мы надолго получили тирана и плоды этого горького опыта пожинаем по сей день. Не надо думать, что все это в далеком прошлом.

— Тем не менее Рерихи считали, что именно Россия станет центром духовного возрождения человечества...

— Да, и я так считаю вслед за ними. У нас есть для этого традиция, точка опоры. «В безмерных страданиях и лишениях, среди голода, в крови и поте, Россия приняла на себя бремя искания истины за всех и для всех», — так писал Н.К. Рерих о своей родине... Русский космизм с такими его славными представителями, как Бердяев, Розанов, Флоренский, Чижевский, Циолковский, Вернадский и многие другие, унисонен с Живой Этикой. Эта система философских знаний пришла в Россию потому, что Серебряный век подготовил для нее почву.

— **Мне кажется наоборот: человечество деградирует, теряет духовные ориентиры, ни к чему не стремится. Вот и памятники культуры разрушаются по всему миру.**

— Дело в том, что, когда наступает эпоха перемен, на поверхность поднимаются темные силы и стагнационные процессы активизируются. Они становятся более заметны. Вспомните слова Тютчева: «Блажен, кто посетил сей мир в его минуты роковые! Его призвали всеблагие как собеседника на пир». Эти процессы идут параллельно. Мне думается, что многие сегодняшние пагубные, негативные процессы лишь свидетельствуют о том, что грядут иные времена. Это не значит, что мы должны сложить руки и молча наблюдать, как гибнет культура. Ни в коем случае! Но мы должны понимать, что в этой борьбе победят силы света.

— **Людмила Васильевна, если можно, сформулируйте в двух словах, чем так важно для нас философское наследие Рерихов.**

— Целая гирлянда духовных знаний заключена в философии, оставленной нам этой удивительной семьей. Это философия, которая, я бы сказала, помогает человечеству перейти на другой, более высокий уровень сознания. Они — проводники этого процесса, который, как они полагали, происходит уже сейчас, на наших глазах, хотя далеко не все это понимают. Как писал Н.К. Рерих, многие улыбнутся, читая эти строки, но потом они точно так же улыбнутся своему невежеству.

— **Известно, что вы не только хранитель и популяризатор наследия Рерихов, но и продолжатель их традиций, самобытно мыслящий исследователь. Вы пишете толстые книги, и я даже не могу сказать, сколько их всего. Боюсь, вы и сами не сможете их подсчитать. Что лично вы привнесли в понимание философии Рерихов?**

— Мне кажется, ничего я не привнесла. Но написала так, что многие сложные вещи стали понятны каждому человеку. Ведь Рерихов читать очень непросто. Говорить просто о сложном — это ведь тоже надо суметь, как вы думаете? А книг я написала 45. Нашлись люди, которые подсчитали. Самой-то мне некогда. ■

Беседовала Наталия Лескова



Последняя фотография Л.В. Шапошниковой, сделанная во время интервью

СПРАВКА

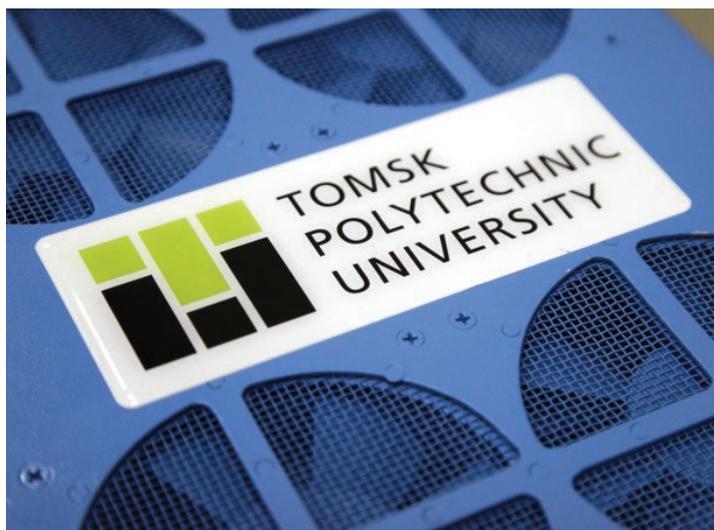
Людмила Васильевна Шапошникова

(26.07.1926 — 24.08.2015)

- Ученый-востоковед, философ, писатель, кандидат исторических наук.
- Создатель и директор Музея им. Н.К. Рериха Международного центра Рерихов.
- В 1950 г. окончила востоковедческое отделение исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. В 1954 г. защитила кандидатскую диссертацию.
- С 1957 по 1985 г. работала старшим преподавателем, доцентом кафедры истории Индии Института стран Азии и Африки МГУ.
- В 1958 г. впервые побывала в Индии. В 1963–1965 и в 1970–1972 гг. работала в Мадрасе.
- В 1972 г. начала заниматься изучением творчества Н.К. Рериха и его семьи, неоднократно встречалась и сотрудничала со Святославом Рерихом.
- В 1989 г. была избрана одним из руководителей Советского фонда Рерихов, затем назначена директором Музея им. Н.К. Рериха в Москве.
- В 1990 г. организовала и осуществила перевозку из Индии в СССР архива и наследства Рериха для Советского фонда Рерихов в Москве, переданных С.Н. Рерихом.
- В 1991 г. инициировала создание новой организации — Международного центра Рерихов, была избрана первым вице-президентом МЦР. Была осуществлена масштабная реставрация памятника культуры «Усадьба Лопухиных» в Москве, где разместился Музей им. Н.К. Рериха.
- Автор 45 книг.
- Заслуженный деятель искусств РФ, член Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского.
- Награды: Международная премия Джавахарлала Неру (1967), орден Дружбы (2006), Национальная премия «Культурное наследие» (2007), премия Евросоюза по культурному наследию (2010) и др.



**ОТ РЕНТГЕНА
ДО УЛЬТРАЗВУКА**



Инженер лаборатории № 40 Степан Бабилов конструирует рентгеновские аппараты, которые просвечивают не грудные клетки, а магистральные газопроводы



ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

О Национальном исследовательском Томском политехническом университете (ТПУ) в одной статье рассказать невозможно — ибо нельзя в одном материале написать сразу об 11 институтах, а именно столько их входит в состав университета. Поэтому мы начнем с института, смотрящего в самую глубь предметов, веществ и существ, — Института неразрушающего контроля (ИНК).

Первым средством неразрушающего контроля, как известно, был созданный ровно 120 лет назад просвечивающий аппарат Вильгельма Конрада Рентгена. Его открытие перевернуло тогда не только физику, но и всю науку. Можно смело сказать, что руководитель Физического института Вюрцбургского университета вывел человечество на новый уровень развития. И человечество оценило подарок по достоинству: Рентген стал первым лауреатом Нобелевской премии по физике.

С тех пор число «просвечивающих» технологий многократно выросло. В ИНК работают со всеми — и работают успешно.

ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ

Бетатроны были разработаны еще в 1928 г., однако первую действующую установку удалось собрать лишь в 1940 г. в США. Сделал это известный физик-ядерщик Дональд Керст. Благодаря простоте конструкции и тому, что прибор генерировал мощное коротковолновое рентгеновское излучение, бетатрон начали активно применять в промышленности, медицине и науке. В СССР первый бетатрон был изготовлен в Томском политехническом институте под руководством ректора института профессора Александра Акимовича Воробьева в 1947 г. Позднее в ТПУ

был открыт сектор по разработке малогабаритных бетатронов. Однако в мире такие ускорители использовались все реже, и к концу прошлого века производство их почти прекратилось. Томский политехнический — одно из немногих мест, где это направление продолжало развиваться. Как оказалось, не зря.

Основные агрегаты лаборатории сильноточных бетатронов № 42 расположены в бункере на глубине около 15 м. Связана такая подземная дислокация именно с мощным ионизирующим излучением.

Мал и недорог

Гордость ТПУ — бетатроны. На сегодня это самые компактные ускорители заряженных элементарных частиц. Университет в этой области, можно сказать, монополист. Специалистам ТПУ удалось довести размер ускорителя практически до чемодана, при необходимости — даже чемоданчика, выступающего, несмотря на предельно компактные размеры, мощнейшим источником рентгеновского излучения.

Константин Сухарников, инженер лаборатории № 42, аспирант ТПУ:

— Бетатрон — это циклический ускоритель. В нем электроны инжектируются в нарастающее магнитное поле, где начинают раскручиваться и набирать энергию. Меньше чем за секунду в среднем малогабаритном бетатроне электрон может накрутить больше 1 тыс. км. Грубо говоря, бетатрон — крайне мощный рентгеновский аппарат. Он светит мощнее рентгена, но стоит значительно дешевле. Бетатроном мы можем просвечивать очень крупногабаритные и плотные объекты.

Установка в бункере — настоящий томограф, только не медицинский, а промышленный. Тут по слоям просвечивают самолетные турбины, вентили трубопроводов и даже небольшие космические спутники. Несколько десятков минут или часов — и перед вами на экране монитора все внутреннее устройство прибора. Дефекты как на ладони, и при этом нет необходимости ни в отвертке, ни в паяльнике. Как и обозначено в названии института, чтобы посмотреть, как устроен и насколько надежен прибор, нет необходимости его сначала разрушать, а потом собирать заново. Например, у вас сломался автомобиль, не работает двигатель. Для того чтобы просто понять, что там случилось, двигатель надо разобрать. А с таким бетатронным томографом даже снимать крышку двигателя не нужно, достаточно «просветить» необходимый сегмент автомобиля. И вот вам уже видно, что и в каком месте сломалось.

Константин Сухарников:

— Тема моей диссертации — использование бетатронов в компьютерной томографии. Они имеют ряд преимуществ перед рентгеновскими аппаратами и линейными ускорителями. В томографии очень важная характеристика источника излучения — размер фокусного пятна, области, откуда происходит излучение. Несмотря на то что бетатрон генерирует весьма мощное излучение в жестком рентгеновском спектре, размер его фокусного пятна очень маленький, что позволяет достигать высокой степени детализации. На человеке я бы его не стал использовать, но в отношении

промышленных объектов, думаю, бетатроны со временем могут полностью заменить стандартные рентгеновские аппараты.

Впрочем, здоровью человека ускоритель тоже может послужить. Только не как томограф. Сейчас в ТПУ идут работы над созданием медицинского бетатрона для лучевой терапии при онкологических заболеваниях.

Константин Сухарников:

— Насколько мне известно, бетатроны сегодня производят только в Томском политехническом университете. Раньше их делали во многих странах, но когда область их применения сузилась до неразрушающего контроля, от них стали отказываться. Благодаря стараниям наших ведущих лабораториями они вышли на рынок и снова начинают отвоевывать себе нишу.

И ниша эта оказалась коммерчески весьма перспективной.

Таможня ищет добро Александр Штейн, инженер лаборатории разработки малогабаритных бетатронов № 43:

— У нас сейчас налажен совместный проект с китайской компанией *PowerScan Technologies*. Они производят досмотровые комплексы, в том числе и для досмотра крупногабаритной техники: автомобилей, контейнеров и т.д. Первоначально компания в качестве источника использовала линейные ускорители производства большого немецкого транснационального холдинга *Smiths Heimann*. Но потом попробовали наш бетатрон, и он немца победил. Теперь *PowerScan* не только заказала у нас крупную партию компактных ускорителей, но и открыла на базе ТПУ совместную международную лабораторию радиационного контроля и досмотра. У нас даже проводят исследовательские работы их аспиранты.

У томского бетатрона перед линейным ускорителем преимуществ немало. Первое — значительно меньшая цена. Второе — простота в обслуживании и ремонте. Наконец, третье и главное — биологическая безопасность. Промышленный линейный ускоритель дает на выходе около 3 тыс. рентген. Бетатрон, собранный для тех же целей досмотра, может выдавать 20–30 рентген, что для человека практически безопасно. Созданные при участии ТПУ досмотровые комплексы сегодня уже используют таможенники на границе между Сингапуром и Малайзией. При этом водитель даже не покидает кабину, машина просто проезжает через рамку на скорости около 30 км/ч. С их помощью проверяли и автомобили в сочинском порту во время зимних Олимпийских игр.



Константин Сухарников занимается бетатронами — самыми маленькими ускорителями заряженных частиц

Александр Штейн:

— Мы дерево светили, соль, муку, цемент, воду, алюминий, железо, медь, свинец. Стояла задача — уменьшить дозу, чтобы можно было облучать водителей. Получили достаточно хорошие результаты, точность распознавания при безопасном уровне излучения — 95%. Причем аппарат распознает не только форму предмета, но и сам материал. На счет кокаина не скажу, у нас образцов не было, а вот динамит мы находим.

Сунь Сяомин,

управляющий директор PowerScan Company:

— ТПУ известен во всем мире, в том числе благодаря технологиям, созданным на основе бетатронов. С помощью вашей научно-технической поддержки мы сможем существенно улучшить характеристики бетатрона, сферу его функционирования, работоспособность и эффективность. Открыв эту лабораторию, мы имеем большие возможности задействовать молодых ученых из ТПУ, Китая, возможно, других частей мира, чтобы дальше развивать технологии в области разных сфер неразрушающего контроля. Это позволит произвести наиболее современное оборудование для досмотровых и инспекционных систем. Уверена, что продукция, которую мы здесь создадим, будет использоваться по всему миру и эта технология поможет существенно улучшить безопасность во всем мире.

Сотрудники ТПУ выходили с предложением об использовании бетатронных инспекционных

комплексов на Федеральную таможенную службу РФ. Таможенники подтвердили свой интерес к оборудованию, но пока решение находится на рассмотрении. Если высшие руководители дадут добро, комплексы будут использоваться на территории всех 85 регионов Российской Федерации.

На русский размер

В лаборатории технической томографии и интроскопии ИНК (№ 40) — две солидных трубы более чем метрового диаметра. Вокруг одной — металлическая конструкция с двумя соединенными проводами синими ящиками. Ящики — мощные рентгеновские аппараты, только работающие не в пленочном, а в цифровом формате. Иначе говоря — рентген в реальном времени. Труба — она и есть труба, фрагмент стандартного российского нефте- или газопровода. А вся конструкция — «мобильный дефектоскопический комплекс для контроля качества сварных соединений труб большого диаметра».

Степан Бабиков,

инженер лаборатории:

— Цифровые приемники рентгеновского излучения позволяют проводить контроль оперативно: мы сразу получаем цифровое изображение, пригодное для разбраковки. На проверку шва трубы диаметром 1020 мм с толщиной стенки 10 мм уходит примерно шесть минут. Если взять трубу диаметром 1420 мм с толщиной стенки 20 мм, время контроля не превысит 20 минут. Созданный по заказу «Газпрома»

комплекс монтируется прямо на месте прокладки трубопровода за полчаса силами всего двух человек с помощью ключа на 24. Все сделано предельно просто и надежно, как в конструкторе «Лего». Под наблюдением все тех же двух человек он движется прямо по трубе сразу за сварщиками. Нужно всего лишь 15–20 минут для того, чтобы шов остыл, после чего его уже можно «просветить» на предмет поиска дефекта. И если таковой найден, сварщики возвращаются назад и все исправляют.

У установки есть зарубежные аналоги, но для российских условий они не подходят. Кроме импортной дороговизны они еще рассчитаны на значительно меньшие диаметры. В Европе и Америке нет необходимости перекачивать огромные объемы углеводородов на многие тысячи километров, соответственно, и большие трубы им не нужны, максимум — 500 мм. В России размеры в два, а порой и в три раза больше. Да и в свете последних событий стало понятно, что отечественная продукция в любом случае лучше, поскольку не подвержена никаким санкциям.

На разработку макета, его сборку, написание программного обеспечения, аттестацию, опытно-промышленную эксплуатацию у специалистов лаборатории ушло порядка трех с небольшим лет. Учитывая, что работали практически с нуля, это не много. Сейчас установка принята заказчиком, первые комплексы уже работают в полевых условиях. То, что стоит в лаборатории, — рабочий макет, на котором отрабатываются новые решения. В планах — обеспечить автоматическую разбраковку, когда автомат сам, без помощи дефектоскописта, будет находить дефекты.

Степан Бабилов:

— Автоматическая разбраковка уже есть на некоторых зарубежных аналогах. Но в нашем случае торопиться не стоит, ведь речь идет о газовых и нефтяных трубопроводах — объектах повышенной опасности. Здесь стоит отмерять не семь, а 77 раз. К тому же надо определиться с допустимыми параметрами отбраковки. Если они будут слабыми, то автоматический контроль может пропустить опасные, если слишком сильными — в брак пойдет все, ведь совсем без дефектов обойтись невозможно. Надо просто понимать, какие из них допустимы, а какие нет. Поэтому на данном этапе автоматический контроль возможен лишь при парной работе, когда система определяет подозрительные места, указывает на них, но окончательное решение принимает человек.

Мелкорентгеноскоп

Здесь же, в 40-й лаборатории, только в другой комнате, стоит еще один инструмент неразрушающего контроля, только принципиально другого

масштаба. Небольшой продолговатый металлический ящик с открывающимся люком полностью уместится на небольшом столе. Это первый российский микротомограф для исследования небольших животных и отдельных элементов костной ткани человека.

Андрей Батрагин, младший научный сотрудник лаборатории технической томографии и интроскопии:

— Этот микротомограф — полностью наша разработка. В мире кроме нас подобные аппараты производит только одна компания — бельгийская *Bruker microCT*, которую в 80-х гг. прошлого века основал эмигрант из России Александр Сасов. Но наша установка при аналогичных параметрах в три раза дешевле. Бельгийский томограф стоит от 15 млн руб. и выше, наш — около 5 млн. Аппарат полностью радиационно защищенный, его можно поставить прямо на рабочем месте, рядом с компьютером. Протянул руку, открыл крышку, установил образец, нажал кнопку — и через несколько минут у тебя на мониторе все его внутреннее строение.

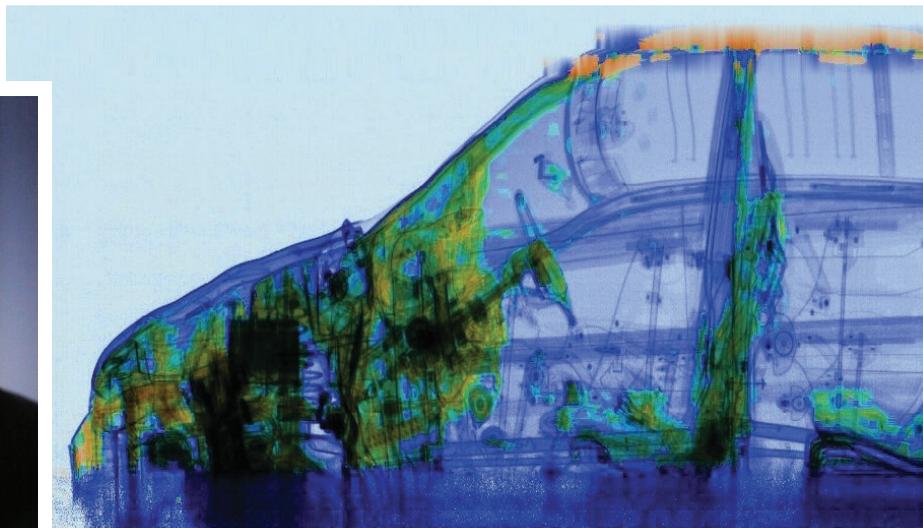
Микротомограф с энергией излучения до 150 кВ позволяет достичь разрешения до 10 мкм. Для сравнения: толщина самого тонкого человеческого волоса — примерно 50 мкм. Потенциально прибор может служить в медицинских целях. Недавно томские медики попросили специалистов ИНК выполнить томографию кости человека на разных стадиях развития остеопороза. На основе полученных данных они разработали карту лечения, которая легла в основу новой медицинской технологии.

Валерий Бориков, директор Института неразрушающего контроля ТПУ:

— Мы создали этот опытный образец, ориентируясь на предложение зарубежных коллег. К нам приезжали ученые из США создавать RASA-центр, который занимается медико-биологическими исследованиями. Они спросили, можем ли мы сделать томографию лабораторной мыши. Наш ректор Петр Савельевич Чубик поставил перед нами задачу, мы ее выполнили: взяли за основу разработанный нами промышленный микротомограф, изменили его параметры — снизили дозу излучения, повысили разрешение — и сделали томографию белой лабораторной мыши.

УЗИ для ITER

Однако не рентгеном единым жив неразрушающий контроль. Один из самых распространенных методов — ультразвуковая дефектоскопия: диагностика дефектов в металлах и полимерах с применением ультразвука. Совместно со специалистами



Доктор технических наук Владимир Вавилов может на расстоянии померить температуру у авиалайлнера и определить, насколько он здоров

Фраунгоферовского института неразрушающих методов контроля томские ученые проводят ультразвуковые исследования по обнаружению дефектов в углепластиках — сверхпрочных и легких материалах из углеродного волокна и полимерных смол. Углепластиками часто заменяют металл при изготовлении легких, но прочных деталей. Область применения — от частей самолетов и космических аппаратов до велосипедов, удочек и корпусов мобильных телефонов. В ТПУ исследования в этой области проводятся в Международной научно-образовательной лаборатории неразрушающего контроля под научным руководством профессора Ханса-Михаэля Кренинга.

В 2014 г. здесь создали роботизированную систему ультразвуковой томографии. Она позволяет контролировать объекты сложной формы и изучать их внутреннюю структуру в реальном времени.

Дмитрий Седнев,
младший научный сотрудник Международной научно-образовательной лаборатории неразрушающего контроля:

— У нас идет обычный ультразвуковой контроль, но при этом происходит оригинальная обработка сигналов, полученных от объекта. Созданная нами компьютерная программа позволяет оператору сразу видеть трехмерное изображение сканируемого предмета. Мы выводим ультразвук на такой уровень, что он может соперничать с рентгеном не только в медицинском, но и в промышленном применении. Речь здесь уже идет не только о качественном, но и о количественном контроле. Если раньше мы могли только сказать, что вот здесь есть внутренняя трещина, то с помощью нашего комплекса уже можно указать точные ее параметры: ширину, длину и глубину.

И времени на это уйдет в разы меньше, чем при использовании рентгена. Кроме того, огромный плюс в сравнении с рентгеном — отсутствие радиации. У нас нет никаких опасных источников излучения, поэтому для персонала все безопасно.

Конечно, у аппарата есть и минусы. На нем пока не удается получить высокой точности. Максимальная детализация — десятые доли миллиметра, что примерно в 100 раз больше, чем у рентгена. Но специалисты ИНК усиленно работают в этом направлении и надеются, что в ближайшем будущем проблему удастся решить. Но и того, что уже есть, вполне хватает для решения широкого спектра задач.

Дмитрий Седнев:

— Наши конкуренты, например испанский «Техноатом», не обладают нашей технологией применения томографии в режиме реального времени. У них все происходит в режиме постпроцессинга, т.е. сначала просветили, потом обработали и через какое-то время получили картинку. У нас же она получается сразу. За счет этого преимущества мы смогли в прошлом году выиграть конкурс на поставку ультразвукового томографа для контроля деталей Международного термоядерного экспериментального реактора *ITER*.

Сейчас в лаборатории идет работа над большим совместным проектом с железнгорским Горнохимическим комбинатом по контролю сухого хранения отработанного ядерного топлива. Пока для поиска в контейнерах микротрещин, капилляров и протечек применяется рентген, однако уже в недалеком будущем его могут заменить на ультразвук. Это позволит увеличить производительность

Во сибирской стороне, на родной планете...

Вряд ли кто-то из местных сибирских татар, попросивших здесь в 1604 г. покровительства у русского царя Бориса Годунова, мог предположить, что спустя каких-то четыре века оперативный возведенный казаками Томский острог превратится из оборонительной крепости в научную.

Тогда основной задачей новорожденного города была защита присягнувшего на верность Москве здешнего населения от воинственных енисейских киргизов и калмыков. Ситуация изменилась на рубеже XIX–XX вв., когда в столице Томской губернии открыли сначала первый в Сибири университет — Императорский Томский (ныне — Томский государственный университет), а за ним — первое в Сибири высшее техническое учебное заведение — Технологический

институт (сегодня — Томский политехнический университет). Именно тогда город получил неофициальное название «Сибирские Афины».

Название это за прошедший век не только не потеряло актуальности, но еще более укрепилось. Только представьте: в городе с населением 564 тыс. человек сегодня работают шесть государственных университетов, два вуза, 14 филиалов вузов иногородних, девять техникумов, семь колледжей, музыкальное училище и православная духовная семинария. Одних только студентов в городе более 100 тыс. человек — т.е. каждый пятый житель. И это не считая аспирантов, преподавателей, научных сотрудников и т.д.

примерно в два раза, с трех обследуемых контейнеров в день до пяти-шести. Это особенно актуально, если учесть, что в скором времени в хранилище ГХК планируется открыть новую линию, а значит, и объем работы вырастет. Проект осуществляется под эгидой федеральной целевой программы Министерства науки и образования.

Созданный в ТПУ ультразвуковой томограф был с успехом представлен на международной выставке по контролю качества *Control 2015* в Штутгарте. У института уже есть на него заказы от *BMW* и от компании *ZF*, производящей коробки передач для концерна *Volkswagen*.

Горячо — холодно

Еще один метод поиска внутренних дефектов разрабатывается в лаборатории № 34.

Владимир Вавилов, заведующий лабораторией тепловых методов контроля:

— В авиации сейчас широко используются так называемые сотовые конструкции. В гражданских самолетах они по весу доходят до 50%, в военных — до 80% от общего веса машины. Конструкции прочные и легкие, но после начала их широкого внедрения выяснилось, что их основной недостаток — наличие двух типов специфических дефектов, которые возникают в процессе эксплуатации вследствие воздействия дождя, града, солнца, оледенения фюзеляжа, погрузки багажа и т.д. Обнаружение этих дефектов — одно из важнейших условий безопасной эксплуатации самолета. Наша лаборатория уже много лет специализируется на неразрушающем контроле специфических дефектов сотовых конструкций.

Первый дефект — вода в сотовой конструкции. В разрезе она действительно напоминает пчелиные соты. Если внутри попадает вода, выйти

обратно она уже не может. Самолет продолжает эксплуатироваться, вода накапливается. В полете она замерзает, на стоянке — размораживается, и эти циклы замерзания-размерзания приводят к разрушению внутренних конструкций.

Второй вид дефекта — ударные повреждения. Выполненная из композитного материала конструкция, к сожалению, не только легка и прочна, но и хрупка. Поэтому удар крупной градины, острого угла погружаемого багажа или птицы (самая частая причина) приводит к тому, что в месте удара возникает специфическое, часто внешне незаметное повреждение. Такое микрорастрескивание от места удара начинает распространяться вглубь, где и проявляет себя наиболее активно.

Подобные дефекты становятся причиной аварийных ситуаций. Не так давно у российского самолета при посадке развалился один из рулей направления. Как показала экспертиза, причиной была накопившаяся внутри вода.

Владимир Вавилов:

— Тепловой метод контроля основан на том, что мы дистанционно исследуем температурное поле поверхности. Когда самолет летит на крейсерской высоте, накопившаяся в сотах вода остывает. Вода — это аномальная субстанция, которая имеет чрезвычайно высокую теплоемкость. Поэтому она очень долго держит низкую температуру, в то время как сухая обшивка уже давно прогревается под лучами солнца. Используя для дистанционного измерения температуры инфракрасный тепловизор, мы получаем изображение фюзеляжа, на котором зоны с водой видны как цветные пятна. Такая же методика применяется корпорациями *Boeing* и *Airbus*. Но у нас есть серьезное отличие. Они для контроля используют предварительный подогрев фюзеляжа. Мы же сканируем самолет непосредственно после посадки, когда градиент температуры наиболее заметен. Нужно просто правильно выбрать момент съемки.

Вехи истории

Национальный исследовательский Томский политехнический университет учрежден в 1896 г., открыт в 1900 г. как Томский технологический институт практических инженеров (ТТИ). Одним из основателей первого в азиатской части России технического вуза считается Д.И. Менделеев. Своим рождением ТПУ обязан также С.Ю. Витте — министру финансов Российской империи. Именно он, чтобы изыскать средства на постройку, твердой рукой вычеркнул из госбюджета строку о новом броненосце.

В 1925 г. ТТИ переименован в Сибирский технологический институт, затем — в Томский индустриальный институт, Томский политехнический институт. В 1991 г. вышло постановление Совмина РСФСР № 552 «Об преобразовании Томского политехнического института в Томский политехнический университет».

В разное время здесь работали и преподавали такие известные ученые, как лауреат Нобелевской премии академик Н.Н. Семенов, академики Н.М. Кижнер, родоначальник горно-геологической школы, автор романа «Земля Санникова» В.А. Обручев, выдающийся геолог М.А. Усов, основатель грузинской геологической школы К.Е. Габуния, организатор Академии наук Казахстана академик К.И. Сатпаев. Не менее представительен и список выпускников ТПУ, среди которых генеральные конструкторы советских вертолетов Н.И. Камов и М.Л. Миль, участник проектов первого советского небоскреба — здания МГУ, монумента «Родина-мать», стадиона «Лужники» и автор проекта Останкинской телебашни Н.В. Никитин, основатель Норильска Н.Н. Урванцев, член президиума, в прошлом — вице-президент РАН Г.А. Месяц.

Сегодня в ТПУ 2145 преподавателей, среди которых 366 докторов, 1346 кандидатов наук и 22 члена РАН. В вузе обучаются свыше 20 тыс. студентов (5,4 тыс. — иностранцы из 42 стран). Над диссертациями работают 44 докторанта и 888 аспирантов. Годовой бюджет — 7,1 млрд руб., из которых на государственное финансирование приходится чуть больше 51%. Остальное финансирование осуществляется за счет выполнения научно-исследовательских проектов (26,1%), платного обучения (10%) и других источников.

С 2008 г. университетом руководит доктор технических наук, вице-президент Ассоциации инженерного образования России, вице-президент Ассоциации технических университетов, председатель совета ассоциации «Томский консорциум научно-образовательных и научных организаций», выпускник геологоразведочного факультета ТПУ 1976 г. П.С. Чубик.

Тепловизионная диагностика была разработана в ТПУ в сотрудничестве с ГосНИИ гражданской авиации несколько лет назад. Сегодня ее применяют не только в авиации, но и в ЖКХ — для поиска утечек тепла в зданиях и сооружениях и для контроля установок и агрегатов, находящихся под электрической нагрузкой.

Владимир Вавилов:

— Советский ученый, полковник Л.З. Криксунов в своем справочнике по инфракрасному контролю написал: «Возможности инфракрасной техники ограничены только нашим воображением». Он был прав. Инфракрасная техника наступает широким фронтом. Появилось новое поколение инфракрасных приборов, цена резко упала. Семьи уже покупают тепловизоры для того, чтобы следить за теплоизоляцией своих квартир и коттеджей. Из методов неразрушающего контроля наш — самый доступный.

Каждому по потребностям

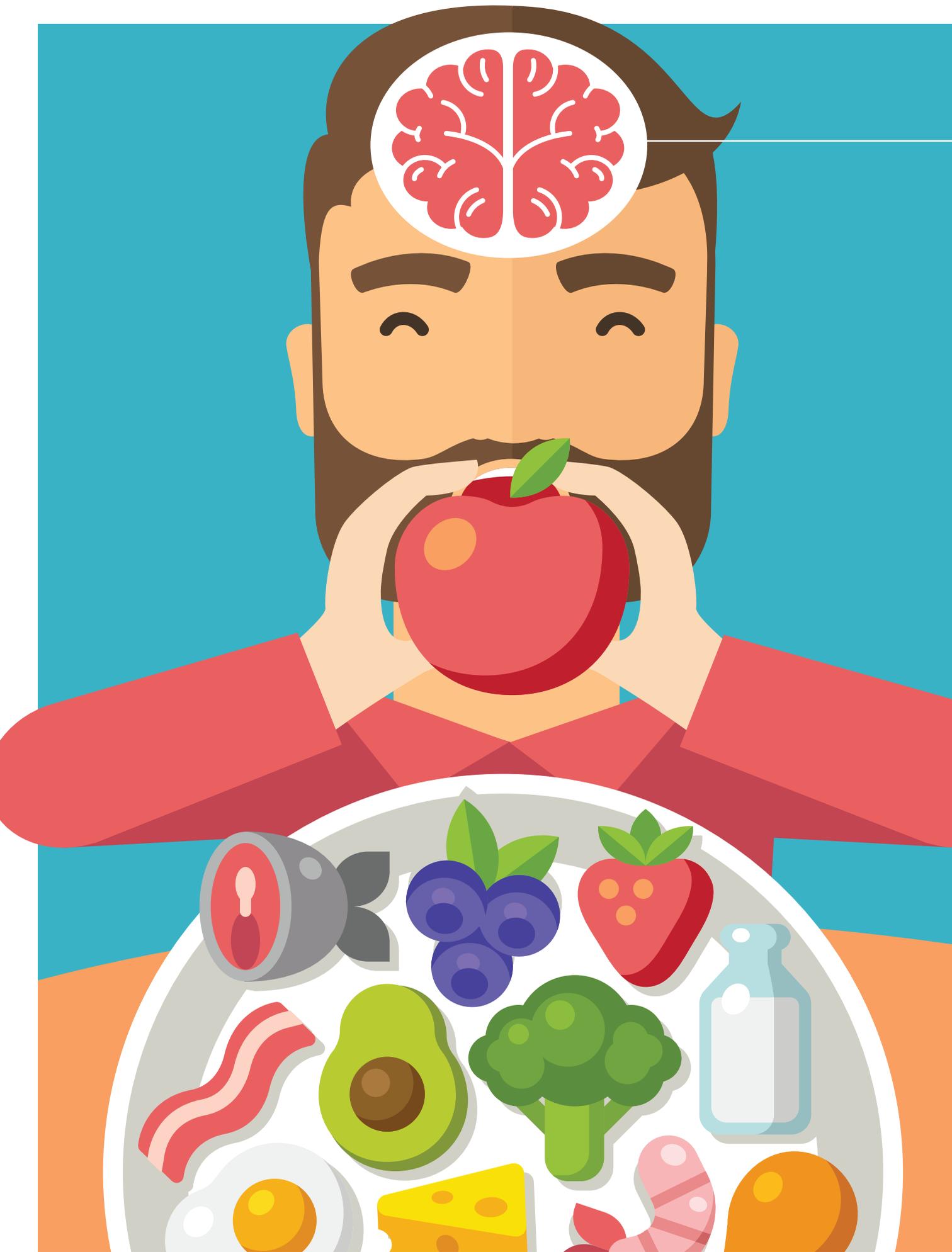
Все вышеописанное — лишь небольшая часть проектов, которые реализуются на базе Института неразрушающего контроля ТПУ и служат составными частями мегапроекта, носящего официальное название «Технологии и комплексы томографического неразрушающего контроля нового поколения». Основная цель — создание не имеющего аналогов томографического комплекса для поиска дефектов в изделиях из самых разных материалов: от металлов и керамики до полимеров и органики.

Валерий Бориков:

— В комплексе мы соединим различные методы томографического контроля, но заказчикам будем предлагать тот набор, который оптимально подойдет под их производственные потребности. На своей аппаратуре мы проведем испытания и определим методы, наиболее эффективно определяющие дефекты в изделиях заказчика. Дальше изготовим для него установку, использующую лишь эти методы контроля. Так что подход будет индивидуальный. Мы стараемся всегда идти впереди. Практически по всем методам неразрушающей диагностики мы лидеры — обладатели уникальных технологий и оборудования. Мы разрабатывали бетатроны достаточно долго, но одно изделие продавать очень дешево, необходимы комплексы. Стоимость бетатрона составляет сотни долларов США, стоимость комплекса может достигать нескольких миллионов.

Этот мегапроект — отнюдь не единственный из реализуемых в Томском политехническом университете. Как уже говорилось вначале, сразу обо всем не расскажешь. Поэтому о том, что делают в других институтах ТПУ, мы напишем в следующих номерах. ■

Подготовил Валерий Чумаков



Пицца для НОВЫХ нейронов

Некоторые области мозга дают возможность прорасти новым нейронам, что, помимо всего прочего, улучшает память. При правильной подпитке можно увеличить этот нейрогенез

ОБ АВТОРЕ

Маша Эльберс (Mascha Elbers) — научный журналист и лингвист. С тех пор как в возрасте 15 лет она впервые увидела нейроны под микроскопом, она по-прежнему очарована этим биологическим чудом.

В баке с водой отчаянно плещется мышь. У нее только одна цель: быстрее выбраться отсюда! Для этого ей нужно найти скрытые под поверхностью воды платформы. У нее это получается лучше, если она делает это снова и снова. Водный лабиринт Морриса — один из наиболее часто используемых аппаратов для измерения способности к обучению грызунов.

Мышь целенаправленно плывет к спасительному помосту. Это происходит в нейробиологической лаборатории лондонского Королевского колледжа. Благодаря тому, что мышь это запоминает, дело идет на лад. Оказывает свое воздействие специальная диета, введенная под контролем Сандрин Тюре (Sandrine Thuret) за несколько недель до эксперимента. Через несколько дней после эксперимента исследователь обнаружила, что мозг мыши обогатился большим количеством новых нервных клеток.

Очевидно, что с помощью питания можно существенно стимулировать умственную деятельность и у мыши, и у человека. Подразумеваются не только крепкий кофе, который на короткое время повышает нашу работоспособность, а также всевозможные стимуляторы, которые пользуются популярностью у студентов. Такое «нейроусиление» провоцирует серьезные побочные эффекты, а умственную работоспособность повышают лишь временно.

Когда речь заходит о здоровом питании, первые ассоциации чаще всего связаны с болезнями сердца или другими медицинскими проблемами, которые можно предотвратить с его помощью. То, что животные жиры способствуют атеросклерозу, а фрукты поднимают иммунитет, мы знаем уже давно. Но наш мозг тоже нуждается в ежедневном потреблении питательных веществ. Как показывают исследования, диета влияет не только на способность к обучению, но и на эмоциональное состояние.

Новые открытия

Изучить влияние различных питательных веществ на мозг очень непросто. Ведь даже небольшие различия в образе жизни накладывают на него отпечатки в многочисленных, едва

различимых областях. Люди же не лабораторные крысы, выращенные в стандартизированной среде, следующие четко заданному распорядку, за которыми можно постоянно наблюдать. Это относится прежде всего к пониманию механизмов, из-за которых питательные вещества и пищевое поведение делятся в нашей голове на множество элементов.

Решающий фактор — зарождение новых нервных окончаний. То, что во взрослом мозге могут появляться новые нейроны, — само по себе новое знание. Долгое время исследователи не могли сойтись во мнении относительно того, могут ли изменяться синаптические связи между существующими клетками мозга, следовательно, формируется ли новое содержание памяти исключительно на основе новых моделей связывания. Только в 90-е гг. нейробиологи пришли к осознанию того, что новые нервные клетки в нашем мозге образуются до самой смерти и так называемый нейрогенез скорее всего оказывает значительное влияние на нашу способность к обучению.

В то же время способность образовывать новые нервные клетки в двух областях головного мозга, по-видимому, ограничена, с одной стороны, субвентрикулярной зоной, которая соединена с обонятельной луковицей, с другой — зубчатой извилиной в гиппокампе. Наиболее глубоко изучался вопрос роста нервных клеток в гиппокампе, который играет ключевую роль в хранении новых воспоминаний. Оба гиппокампа человека — по одному в каждом полушарии мозга — отвечают, в частности, за передачу нового содержания памяти в долговременную память. Если структуры, напоминающие по форме морского конька, будут разрушены или уничтожены опухолью, старые знания останутся в значительной степени нетронутыми, но новых воспоминаний больше не появится. Речь идет об антероградной амнезии.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Человеческий мозг может в течение всей жизни производить новые нервные клетки. Тем не менее эта способность ограничена некоторыми областями мозга.
- Питание влияет на нейрогенез: голодание, ограничение калорийности или отдельные вещества, в частности жирные омега-3-кислоты и полифенолы, позволяют прорасти новым клеткам.
- Таким образом, привычки в питании также воздействуют на память.

Плохо для настроения

Как именно происходит консолидация памяти в гиппокампе, до сих пор не исследовано в полной мере, но видны признаки того, что в формировании новых нервных клеток решающую роль играет так называемый взрослый нейрогенез в гиппокампе. Так, мыши, чей нейрогенез был подавлен с помощью рентгеновских лучей или наркотиков, во время испытаний показали значительные трудности в обучении.

Вероятно, новообразованные нейроны участвуют не только в обучении, но и в регулировании нашего эмоционального состояния. Так, исследовательская группа под руководством Нуно Соуза (Nuno Sousa) из Университета Браги (Португалия) в 2013 г. продемонстрировала, что у крыс с заблокированным нейрогенезом развиваются характерные симптомы депрессии: они теряют интерес к подслащенной воде и быстрее сдаются, когда им приходится бороться за жизнь в чаше с водой.

О связи между ослабленным нейрогенезом и депрессией говорит и то, что животным с заблокированными нейрогенезом не помогают некоторые антидепрессанты. Очевидно, действие этих препаратов, стимулирующее настроение, помимо всего прочего способствует образованию новых нервных клеток. Поэтому многие антидепрессанты действуют лишь от двух до четырех недель после начала приема — столько времени проходит до того момента, когда новые нервные клетки дифференцируются и прodelывают свою работу.

Исследователи еще не пришли к согласию относительно того, расценивать ли нарушения нейрогенеза как симптом или как причину психических заболеваний. Кроме того, речь идет не о том, сколько появляется новых нейронов, но прежде всего — сколько из них впоследствии выживут в долгосрочной перспективе и в конечном итоге будут активно включены в работу гиппокампа. Большая часть молодых нейронов погибают в самое короткое время.

Как можно поспособствовать росту нейронов

Появление новых нейронов подчиняется большому комплексу механизмов регулирования, зависящему от различных ростовых веществ, нейромедиаторов и гормонов. Таким образом, рост новых клеток может нарушаться или стимулироваться во многих точках этого механизма регулирования. Следовательно, в организме существует множество каналов, по которым генетические и экологические факторы влияют на рост нервных клеток. Сандрин Тюре убеждена, что человек может сам способствовать нейрогенезу здоровым образом жизни. «Правда, работа новообразованных нервных



клеток остается ограниченной гиппокампом, — объясняет невролог, — но тем не менее они становятся некоторым пунктом соединения ряда процессов головного мозга».

Прежде всего, может помочь диета. В дополнение к отдельным питательным веществам общий состав пищи и даже частота ее приемов играют важную роль. Так, например, строгое снижение калорийности рациона у многих видов животных не только продлевает жизнь, но и позволяет прорастать новым нервным клеткам, что в 2002 г. показали опыты с мышами, которые проводила исследовательская группа Марка Мэттсона (Mark Mattson) в Национальном институте по исследованию проблем старения в Балтиморе (США).

Влияние строгой диеты на когнитивную производительность людей проверяла и исследовательская группа под руководством Агнес Флеель (Agnes Flöel) в Мюнстерском университете в 2009 г.: пожилым людям было предложено сесть на три месяца

КОЛЫБЕЛЬ НОВЫХ КЛЕТОК МОЗГА

Сегодня считается аксиомой, что в зубчатой извилине гиппокампа, важной области памяти, образуются новые нейроны в мозге взрослого человека. Другой колыбелью нейрогенеза, вероятно, выступает субвентрикулярная зона, откуда нейроны попадают к обонятельной луковице. В 2014 г. новые клетки мозга были обнаружены и в скорлупе головного мозга, а также в хвостатом ядре (вместе они образуют так называемое полосатое тело). До сих пор неясно, где образуются эти клетки.

ОТСЛЕЖИВАЯ НЕЙРОГЕНЕЗ

Календарный штемпель для нейронов

С помощью методов визуализации все еще невозможно наблюдать непосредственно за нейрогенезом. Здесь неожиданно приходят на помощь отходы холодной войны: ядерные испытания в 1950 г. привели к увеличению содержания в атмосфере по всему миру углерода-14 (*C-14*). С 1963 г. он стал приходить в норму. Через питание *C-14* попадает в тело человека. Всякий раз, когда происходит деление клетки, она укрепляет концентрацию *C-14* в ДНК ровно в том количестве, в котором она была в момент деления. Таким образом, дочерние клетки получают практически штамп с датой собственного появления, по которому потом можно определить возраст нервных клеток в головном мозге умершего.

Используя этот метод, ученые под руководством нейробиолога Йонаса Фризена (Jonas Frisén) из Каролинского института в Стокгольме в 2014 г. доказали существование новых нейронов и в полосатом теле (*анатомическая структура конечного мозга, относящаяся к базальным ядрам полушарий головного мозга. — Примеч. ред.*). Появляются ли эти клетки в субвентрикулярной зоне и какую роль они играют, необходимо еще изучать. Полосатое тело не только участвует в координации движений, но и включает в себя систему вознаграждения мозга. Открытие Фризена позволяет надеяться на появление новых методов лечения заболеваний, которые характеризуются прогрессирующим разрушением полосатого тела, в частности болезни Хантингтона. Даже для лечения синдрома дефицита внимания и гиперактивности или различного рода зависимостей нейрогенез в полосатом теле может стать некоторой зацепкой.

на диету с меньшим числом калорий, чем они ранее потребляли. Даже после такого достаточно короткого периода участники эксперимента справлялись с тестами на память намного лучше, чем контрольная группа. Эволюционная биология объясняет это тем, что во время голода человек становится более сообразительным из-за необходимости найти пищу.

Голодание — для увеличения ментальной силы? Далеко не для всех это звучит заманчиво. Тюре предлагает более мягкие альтернативы: ее мыши ели через день, но зато в неограниченном количестве, так что общее потребление калорий было лишь немного ниже, чем обычно, и они едва теряли в весе. Это так называемое прерывистое голодание также способствует росту нервных клеток. Очевидно, паузы между приемами пищи воздействуют на регуляцию определенных генов, ответственных за формирование новых нервных клеток, предполагает Тюре.

Выбор пищи также может способствовать нейрогенезу. Наиболее перспективными признаются

жирные кислоты омега-3, которые, согласно многочисленным исследованиям, стимулируют рост нервных клеток в гиппокампе грызунов. Мозг состоит на 60% своей сухой массы из жиров, большая часть которых — эйкозапентаеновые кислоты (*EPA*) и докозагексаеновые кислоты (*DHA*). Таким образом, при достаточном запасе жирных кислот могут появляться новые клетки.

Рыба способствует бодрости

Это видно, в частности, на примере эксперимента *FAT-1-Mäusen*, когда исследователи внедрили мышам ген филярии *Caenorhabditis elegans*: грызуны таким образом сами вырабатывают жирные кислоты омега-3. У генетически модифицированных животных не только прорастает большее по сравнению с нормальными мышами число нервных клеток, но они также демонстрируют лучшие показатели в тестах на память в водном лабиринте Морриса.

Людям необходимо принимать жирные кислоты омега-3 вместе с пищей. *EPA* и *DHA* находятся в основном в жирной рыбе. В растительных маслах преобладает α -линоленовая кислота (*ALA*), которая лишь в небольшой степени преобразовывается в организме в *EPA* и *DHA*. Именно поэтому исследователи рекомендуют регулярно есть жирную рыбу, в частности лосося или сардины.

Рыбий жир помогает справиться и с проблемами души: многие психические заболевания связаны с нарушениями обмена омега-3. Пониженный уровень омега-3 в крови особенно часто наблюдается у пациентов с депрессией. Восьминедельное применение препаратов *EPA* облегчает симптомы депрессии так же хорошо, как и обычный антидепрессант флуоксетин, что доказала исследовательская группа Мехди Техрани-Дооста (Mehdi Tehrani-Doost) из Тегеранского университета в 2008 г.

При изучении таких различных нарушений, как синдром дефицита внимания и гиперактивности, шизофрения и болезнь Альцгеймера, некоторые ученые добиваются положительных результатов при использовании жирных кислот омега-3. Тем не менее выводы все еще очень противоречивы. Поэтому другие исследовательские группы могут не подтвердить эти результаты. Вряд ли существует простая причинно-следственная связь в таких сложных заболеваниях. Например, в крови пациентов, страдающих депрессией, велико число 1- β -цитоклинов, которые оказывают ингибирующий эффект на формирование новых нервных клеток. Таким образом, жирные кислоты омега-3 — лишь одна из многих частей головоломки.

Карри для памяти

Помимо рыбьего жира нейробиологи также обращают внимание на фитонутриенты, относящиеся к полифенолам. Эта группа веществ

включает в себя разнообразные химические соединения, которые, помимо всего прочего, защищают клетки растения от УФ-излучения, свободных радикалов или других вредных воздействий окружающей среды. В числе таких веществ — например, куркумин, одна из главных составляющих смеси пряностей карри. У крыс он стимулирует образование новых нейронов и смягчает симптомы стресса, тревожных расстройств и депрессии. По этой причине нейробиолог Це-Пин Ын (Tze-Pin Ng) из Национального университета Сингапура со своими коллегами в 2006 г. не просто изучил деятельность памяти более 1 тыс. пожилых людей, но и выяснил специфику их потребления карри: те, кто употребляли карри как минимум один раз в полгода, показали результаты в так называемом мини-ментальном тесте в среднем в 25 пунктов, в то время как люди, не употребляющие карри, получили лишь 23 пункта. Для диагностирования болезни Альцгеймера используется шкала до 30 баллов; число меньше 20 считается знаком, предупреждающим о деменции.

Судя по всему, полифенолы стимулируют рост клеток головного мозга в обход собственных нейротрансмиттеров. Так, исследователи из японского Университета Нагойи под руководством Кенджи Окаджимы (Kenji Okajima) в 2011 г. пришли к выводу, что прием мышьями резвератрола приводит к повышенному выделению ИФР-1 (инсулиноподобного фактора роста 1) в гиппокампе и тем самым стимулирует нейрогенез. Резвератрол находится в высокой концентрации в частности в красном вине. Тем не менее это не повод решительно хвататься за стакан: алкоголь оказывает крайне неблагоприятное воздействие на рост новых нервных клеток. Это доказала исследовательская группа Трэси Шорс (Tracey Shors) из Рутгерского университета в 2012 г.

Одна из подгрупп полифенолов — флавоноиды, которые содержатся в большом количестве в интенсивно окрашенных фруктах, например чернике. Группа ученых под руководством биохимика Джереми Спенсера (Jeremy Spencer) из английского Университета Рединга обнаружила в 2013 г., что добавление порошка из черники в питание для мышей привело к повышению уровня нейротрофического фактора мозга в гиппокампе и тем самым способствовало росту новых нейронов. Во время теста на память подопытные мыши показали результаты на 30% лучше, чем их собратья, которых кормили как обычно.

Невропитательный шоколад

Чай и какао также богаты флавоноидами. Поэтому шоколад небезосновательно называют пищей для мозга. Но это справедливо лишь для темных сортов шоколада из-за высокой доли жира

Функциональная еда: благо или проклятие?

Пищевая промышленность опирается на две противоположные рекламные стратегии. На одной стороне оказываются продукты, щедро сдобренные сахаром, солью, ненасыщенной жирной кислотой и искусственными ароматизаторами, — так без особых затрат можно пробудить аппетит первобытного человека, который жаждет калорий. На другой стороне рекламы пытаются научить потребителя оптимизировать собственные потребности. Только тот остается молодым, ловким и стройным, кто покупает продукты с дополнительной выгодой. Увеличение числа людей, страдающих ожирением, противоречит клинической картине орторексии, при которой оптимизированное питание становится принуждением. Европейский парламент отреагировал на тренд так называемой функциональной еды, что привело к жесткому ограничению рекламных кампаний. С 2012 г. фирмам разрешено рекламировать только те продукты здорового питания, которые значатся в европейском регистре. В будущем будет запрещено называть здоровыми те продукты, чей общий состав оказывает негативное влияние на здоровье. А пока можно просто обогатить сладость витамином С, чтобы реализовывать ее в качестве ценной поддержки для иммунной системы.

и сахара — только в умеренных количествах. При нормальном весе человека жиро- и сахаросодержащее питание оказывает положительное воздействие на механизмы регуляции нейрогенеза.

Если учитывать эти результаты, то пищевые добавки представляются хорошей помощью «серым клеточкам». «Все нужное есть в пище, так зачем принимать таблетки?», — считает Тюре, дома у которой вы не найдете лекарств, а только рыбу, свежие овощи и фрукты.

Граница между питанием и медициной стирается все очевиднее. Это в свою очередь порождает спрос на такие пищевые продукты, которые уже долгое время используются и в медицинских целях. Но самым безопасным вариантом помощи своим нервным клеткам остается сбалансированная диета с фруктами и овощами, а также с регулярным потреблением жирной рыбы.

Тот, кто правильно питается, но проводит свою жизнь между стрессом на работе и телевизором, подходит к вопросу так же последовательно, как человек с ожирением, заказывающий огромную порцию картошки фри, но с диетической коллой. Сандрин Тюре советует: «Если стресса не избежать, не позволяйте себе фастфуд. В конце концов, от нас зависит, что мы едим».

Перевод: Е.С. Новоселова



Чарлз Либерман (M. Charles Liberman) — профессор отоларингологии Медицинской школы Гарвардского университета, директор Лаборатории Итона — Пибоди в Массачусетском институте зрения и слуха. Занимается исследованием взаимосвязи внутреннего уха и головного мозга.



НЕЙРОНАУКИ

СКРЫТАЯ ПОТЕРЯ СЛУХА

Отбойный молоток, включенный на полную мощность, динамик и другие источники звука могут вызвать необратимые повреждения слухового аппарата совершенно неожиданным образом

Чарлз Либерман

Фанаты профессиональных футбольных клубов *Seattle Seahawks* и *Kansas City Chiefs* постоянно соревнуются друг с другом за право войти в Книгу рекордов Гиннесса в категории «Самый шумный домашний матч». В октябре 2014 г. болельщики *Kansas City Chiefs* установили очередной шумовой рекорд: 142,2 децибела (дБ). Стадион ревел так, будто над ним на высоте 100 футов (30,48 м) пролетал реактивный самолет. Именно такой уровень шума используется в аудиологии для иллюстрации условий, при которых может произойти нарушение работы слухового аппарата. После матча фанаты пребывали в полном экстазе. В ушах стоял такой шум, что казалось — барабанные перепонки вот-вот лопнут. Однако то, что происходит при этом внутри уха, никакого экстаза не вызывает.

Проверка слуха до и сразу после матча иногда выявляет существенное его ухудшение. К концу первого тайма становятся неразличимыми тихие звуки, например шепот, а к моменту окончания матча порог слышимости может повыситься на 20–30 дБ. По мере уменьшения шума в ушах в течение нескольких дней острота слуха повышается и возвращается к нормальному уровню.

Долгое время считалось, что если порог слышимости нормализуется, значит с ухом все в порядке. Недавно мы с коллегами показали, что такая точка зрения ошибочна. Звуковое воздействие, приводящее к временному повышению порога слышимости, может тем не менее сопровождаться необратимыми повреждениями волокон слухового нерва, по которому соответствующие сигналы поступают

в головной мозг. Это не обязательно приводит к нарушению восприятия тонов, но может отрицательно сказываться на способности анализировать более сложные сигналы. Данное состояние мы назвали скрытой потерей слуха, поскольку оно далеко не всегда выявляется при обычной аудиометрии.

Если любитель громких звуков продолжит издеваться над своими ушами, нервным волокнам будет нанесен еще больший ущерб. Это может привести к постепенной утрате способности различать тонкие нюансы речи в пожилом и даже среднем возрасте. Скрытая потеря слуха не ограничивается старыми людьми. Как показывают результаты недавних исследований, в промышленно развитых странах с высоким уровнем шумового загрязнения среды этим страдают многие молодые люди.

Чудо-сенсор

Уязвимость нашего органа слуха проистекает из его чрезвычайно высокой чувствительности, позволяющей ему воспринимать звуки в обширнейшем диапазоне длин волн и громкости. Мы способны различать звуки, частота которых составляет всего одно колебание в секунду (т.е. один герц); эта величина — порог слышимости — соответствует нулю децибел. По логарифмической шкале повышение громкости звука на каждые 20 дБ соответствует десятикратному увеличению амплитуды звуковой волны. При нуле децибел косточки среднего уха, чьи колебания инициируют процесс восприятия звука, смещаются на расстояние, меньшее диаметра атома водорода. В другом крайнем случае, при 140 дБ, приводящих в экстаз футбольных фанатов, амплитуда звуковых волн в 10 млн раз больше, и вся эта энергия обрушивается на беззащитный орган слуха.

Процесс восприятия звука начинается с прохождения звуковых волн через слуховой проход наружного уха к барабанной перепонке, колебания которой передаются слуховым косточкам и, далее, заполненному жидкостью спиралевидному образованию, напоминающему улитку. Здесь располагаются чувствительные волосковые клетки. Те из них, которые находятся у входа в улитку, наиболее восприимчивы к волнам низкой частоты, а локализованные у выхода — к волнам высокой частоты. Колебания волосков под действием звуковых

волн преобразуются в химические сигналы — нейромедиаторы (молекулы глутамата); они высвобождаются в синаптическую щель, разделяющую волоски и волокна слухового нерва, и, пересекая ее, связываются с рецепторами по другую сторону щели. Рецептор находится на конце длинного отростка нервной клетки — аксона. Глутамат, присоединившись к нервному волокну, генерирует в последнем электрические импульсы, которые распространяются по всей длине слухового нерва и передаются в ствол головного мозга. Оттуда импульсы проходят через ряд параллельных нервных цепей, которые пересекают различные области головного мозга — от ствола к среднему головному мозгу и таламусу — и заканчивают свой путь в слуховой зоне коры. Все эти цепи анализируют и организуют аудиоинформацию в набор звуков — будь то какая-нибудь мелодия или вой сирены.

Волосковые клетки подразделяются на два типа — наружные и внутренние. Первые усиливают вызванные звуковыми волнами колебания структур внутреннего уха, вторые преобразуют колебания в химические сигналы, которые оказывают возбуждающее действие на слуховой нерв. Внутренние клетки самым непосредственным образом отвечают за слуховые ощущения, поскольку 95% волокон слухового нерва образуют синаптические связи только с ними. Почему так мало волокон связано с наружными волосковыми клетками, остается загадкой. Одно из предположений заключается в том, что именно волокна, образующие связи с наружными волосковыми клетками, опосредуют передачу болевых импульсов при громкости звука, приближающейся к 140 дБ.

Остроту слуха обычно определяют особыми приборами — аудиометрами. Аудиограмма фиксирует способность воспринимать звуки с интервалом в октаву — 250, 500, 1 тыс., 2 тыс., 4 тыс. и 8 тыс. Гц. На ранних этапах развития патологического процесса обычно обнаруживается снижение остроты слуха в средней области частотного диапазона волн, воспринимаемых ухом человека.

Эпидемиологические исследования работников шумных производств, проведенные в 1950–1960-х гг., однозначно показали, что существует четкая корреляция между временем пребывания во вредных для слуха условиях и уровнем падения

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Общеизвестно, что громкие звуки вызывают шум в ушах, который, впрочем, вскоре исчезает.
- Слишком громкий продолжительный шум приводит к повреждению волокон слухового нерва, по которому звуковые стимулы передаются в головной мозг.
- Скрытая потеря слуха, не отражающаяся на аудиограмме, не мешает восприятию звуков, но при этом мы можем слышать речь собеседника и не разбирать его слова.
- Восстановлению слуха могут помочь лекарственные средства, стимулирующие регенерацию поврежденных волокон.

Звуковая травма

ПОСЛЕДСТВИЯ АКУСТИЧЕСКОГО БОЛЬШОГО ВЗРЫВА

Звуковые волны поступают во внутреннее ухо, где расположен орган слуха (улитка), через звукопроводящий аппарат — ушную раковину, наружный слуховой проход, барабанную перепонку, слуховые косточки. Далее в так называемом кортиевом органе они стимулируют волосковые клетки (справа). Колебания, усиленные наружными волосковыми клетками, передаются внутренним волосковым клеткам, где преобразуются в химические сигналы, воспринимаемые волокнами слухового нерва.

Повреждения волосковых клеток долгое время считались основной причиной уменьшения остроты слуха. Оказалось, однако, что громкие звуки могут вызывать повреждение волокон слухового нерва, что тоже приводит к потере слуха.



остроты слуха. Начальное падение при частоте примерно 4 тыс. Гц со временем распространяется на соседние частоты. Многие работники с большим стажем полностью утрачивают слух в диапазоне частот выше 1 тыс. или 2 тыс. Гц — как раз на него приходится звуки человеческой речи.

В 1970-х гг. федеральные органы власти США высказали рекомендации по ограничению уровня шума на производстве. Сегодня этим занимается несколько агентств, в частности Национальный институт по соблюдению мер безопасности и устранению угроз здоровью на производстве и Администрация по охране здоровья работников промышленных предприятий (OSHA). Однако разные агентства вводят свои ограничения по уровню шума. Такая рассогласованность проистекает из разных оценок рисков, и связано это с двумя вещами. Во-первых, существуют многочисленные различия в шумовой чувствительности у разных людей. Эксперты должны решить, какой процент популяции они хотят защитить и каков приемлемый уровень снижения остроты слуха. Во-вторых, влияние шума зависит от сложной комбинации разных факторов — продолжительности воздействия, его интенсивности, частоты.

Согласно последним рекомендациям OSHA, уровень шума не должен превышать 90 дБ, а длительность воздействия — восьми часов. Вероятность ущерба от шума выше 90 дБ примерно пропорциональна суммарной энергии звука, проникающего

в ухо (т.е. произведению времени на интенсивность). С каждыми добавочными пятью децибелами OSHA рекомендует уменьшать время вдвое, т.е. при уровне шума 95 дБ время работы не должно превышать четырех часов, а при 100 дБ — двух часов. По этим меркам футбольные фанаты, стремящиеся установить рекорд Гиннеса, должны были бы находиться в условиях громкости звука выше 142 дБ не более 15 секунд. Разумеется, OSHA не регулирует уровень шума на стадионах во время футбольных матчей, когда болельщики рискуют вообще потерять слух.

Последние 60 лет эксперты по слуху полагали, что рутинная аудиометрия позволяет выявить все, что нужно знать о повреждениях слухового аппарата под действием слишком громких звуков. Действительно, она показывает, произошли ли какие-то нежелательные изменения волосковых клеток внутреннего уха, которые, как было установлено в 1940–1950-х гг., наиболее чувствительны к слишком громким звукам.

Опыты на лабораторных животных, проведенные, в частности, нами, показали, что наружные волосковые клетки более уязвимы, чем внутренние; что волосковые клетки в той части улитки, которая воспринимает высокочастотные звуки, более ранимы, чем клетки, чувствительные к звукам низкочастотного диапазона; и, наконец, что утраченные волосковые клетки не восстанавливаются. Громкий звук может необратимо разрушить также

КАК ЗАЩИТИТЬ ОРГАНЫ СЛУХА

В опытах на животных разных видов мы наносили необратимые повреждения их слуховому нерву непрерывным двухчасовым звуковым воздействием силой 100–104 дБ. Есть все основания полагать, что и с человеком, помещенным в такие условия, случится то же самое. Как правило, мы не подвергаемся подобным воздействиям слишком долго. Но в любом случае следует избегать ситуаций, когда уровень шума превышает 100 дБ даже в течение непродолжительного времени.

В повседневной жизни мы нередко оказываемся в зоне повышенного риска по уровню шума. Его величина в концертных залах, клубах и многих других местах часто превышает 105 дБ. Газонокосилки, механизмы для сбора опавшей листвы, работающие по принципу пылесоса, циркулярные пилы — все это мощные источники звука. Большую роль играет частота звуковых волн. Высокочастотный визг пескоструйного аппарата гораздо опаснее при тех же децибелах, чем низкочастотный рев мотоцикла, мчащегося без глушителя. Отбойный молоток создает нагрузку на уши 120 дБ даже для проходящего мимо человека, а для рабочего, удерживающего этот механизм, когда его металлический наконечник вгрызается в бетон, сила звука превышает все допустимые нормы. Что же делать? Сегодня многие из нас обзавелись миниатюрными высокоточными определителями уровня шума. Эти автономные приборчики или недорогие приложения к iOS и Android сообщают владельцам о давлении, оказываемом на их уши звуками музыки или выхлопами автомобилей, с точностью до 1–2 дБ.

Если вы знаете, какие звуки в вашем обычном окружении потенциально опасны, вы можете приобрести недорогие, простые в использовании защитные приспособления. При правильном применении они снизят уровень шумового воздействия на уши на 30 дБ в наиболее опасном частотном диапазоне. Чтобы достичь максимального эффекта, прокатайте пальцами цилиндрический столбик пористого звукоизолирующего материала до минимальной толщины и быстро вставьте его в слуховой проход. Это не сложнее и не опаснее, чем вставить в уши

наушники-вкладыши. Затем затычки немного расширятся — и через минуту вы будете готовы к рок-роллам.

Если вы собираетесь на концерт симфонической музыки, то такая затычка не годится, здесь нужен «нежный» ушной вкладыш, лишь немного приглушающий звук. В продаже имеется несколько их вариантов по цене от \$10 до \$15 за пару. Они снижают громкость звука на 10–20 дБ во всем частотном диапазоне, так что вы слышите музыкальное произведение во всей его звуковой палитре.

И еще одна важная вещь: прислушивайтесь к своим ушам. Если привычные звуки кажутся вам приглушенными — будто вы заложили в уши ватный тампон, или появляется шум в ушах, значит, у вас разрушилось какое-то количество слуховых синаптических связей. Не впадайте в панику, но и не пропустайте это мимо ушей.



пучки волосков, не повреждая сами волосковые клетки. В любом случае порог слышимости при этом повышается, т.е. нам приходится делать звук теле- или радиоприемника громче, чтобы слышать его нормально.

Более детальные исследования повреждений улитки затруднены тем, что взять биоптаты крошечных волосковых клеток нельзя, не нанеся урон соседним структурам. Поэтому такие исследования проводятся только посмертно при условии, что больной дал согласие при жизни.

Отчасти поэтому вопрос о том, неизбежно ли возрастное уменьшение остроты слуха или оно становится следствием звуковой засоренности современной среды обитания человека, остается открытым. В 1960-х гг. ученые попытались найти ответ, обследовав группу людей племени мабаан, которые живут в уникальных «бесшумовых» условиях — в пустыне Судана. Слух у мужчин в возрасте от 70 до 79 лет был значительно лучше, чем у американцев такого же возраста. Разумеется, исследования подобного рода не учитывают различий между жителями Африки и среднестатистическими американцами, касающихся генетического статуса тех и других и особенностей диеты.

Глубинный вред

Недавние исследования группы ученых моей лаборатории позволили посмотреть на природу разрушительного действия на слух громких звуков под другим углом. Известно, что одни нарушения слуха обратимы, другие нет. Иногда порог слышимости возвращается к норме в течение нескольких часов или суток после акустического воздействия. Часто восстановление слуха бывает неполным и более высокий, чем обычно, порог слышимости сохраняется на всю жизнь. Ранее считалось, что если слух восстановился, значит произошло полное излечение. Теперь мы знаем, что это не так.

Рев толпы во время футбольного матча или оглушительные звуки музыки на поп-концерте повреждают не только волосковые клетки, но и волокна слухового нерва. В 1980-х гг. мы вместе с другими отоларингологами показали, что слишком громкие звуки наносят ущерб нервным окончаниям, которые образуют синаптические связи с волосковыми клетками. Они набухают и в конце концов лопаются. По-видимому, это происходит в ответ на высвобождение избыточных количеств глутамата из гиперстимулированных под действием звука волосковых клеток. Избыток глутамата — где бы в нервной системе это ни происходило — оказывает токсический эффект. Считалось, что повреждения волокон начинают исчезать, как только прекращается мощное акустическое воздействие, поскольку аудиограмма показывала восстановление порога слышимости.

Мы же полагаем, что столь существенные нарушения синаптических структур не могут проходить бесследно. Было известно также, что даже серьезные повреждения нервных волокон совсем не обязательно регистрируются аудиометрически при стандартном тестировании. Так, исследования на животных, проведенные еще в 1950-х гг., свидетельствовали о том, что утрата части волокон слухового нерва при сохраненных волосковых клетках не отражается на аудиограмме до тех пор, пока доля утраченных волокон не достигнет 80%. Создавалось впечатление, что для различения тихих звуков не нужно так много волокон. Рассмотрим такую аналогию: перед вами — цифровое изображение некой группы людей, которое вы рассматриваете при все худшем и худшем разрешении. С уменьшением плотности пикселей детали становятся менее четкими. Однако вы видите все ту же группу людей, хотя не можете сказать, кто есть кто. Точно так же диффузное разрежение нейронов не лишает вас способности слышать звуки, но вы перестаете понимать речь.

Когда мы только начинали свои исследования разрушающего акустического воздействия на слуховые нервы (было это в 1980-х гг.), единственным способом подсчета числа синаптических связей между волокнами и внутренними волосковыми клетками была секционная электронная микроскопия, чрезвычайно трудоемкая процедура, при которой на анализ синаптических связей всего нескольких волосковых клеток одной улитки уходил целый год.

Двадцать лет спустя мы с коллегой Шэрон Куджавой (Sharon G. Kujava) из Массачусетского института зрения и слуха попытались выяснить, ускоряется ли возрастное повышение порога слышимости у мышей, подвергшихся в молодом возрасте однократному шумовому воздействию. Последнее было таким, что повышение порога слышимости оставалось обратимым и никаких

стойких повреждений волосковых клеток не отмечалось. Как и ожидалось, улитка грызунов спустя несколько суток после воздействия выглядела нормально. Но обследование животных в период от шести месяцев до двух лет после эпизода показало, что число волокон слухового нерва уменьшается во времени несмотря на наличие интактных волосковых клеток.

К счастью, с момента начала наших экспериментов в арсенале исследователей появилось множество методов изучения синаптических связей на молекулярном уровне. Были найдены антитела, специфически связывающиеся с различными флуоресцирующими маркерами по разные стороны синаптической щели. Это позволяло без труда подсчитывать число синапсов с помощью обычного микроскопа. Очень быстро мы собрали большой массив данных, которые указывали на то, что, хотя спустя несколько суток после акустического воздействия порог слышимости восстановился, половина синаптических связей разрушились и впоследствии не восстановились. А в течение нескольких месяцев утратились оставшиеся части нейронов — клеточные тела и аксоны. Через два года исчезла примерно половина нейронов. После разрушения синаптических связей поврежденные волокна не реагировали даже на очень громкие звуки.

За последние несколько лет мы зарегистрировали акустическую дегенерацию синапсов у мышей, морских свинок, хомячков и человека (исследования проводились посмертно). Было показано, что разрыв связей между волокнами слухового нерва и волосковыми клетками происходит до повышения порога слышимости, связанного с утратой волосковых клеток. Идея, что повреждение слухового нерва вызывает скрытую потерю слуха, сегодня получила всеобщее признание, и многие научные коллективы работают над тем, чтобы выяснить, насколько серьезна эта проблема, и понять, как она связана с условиями, в которых мы живем.

Репарация нервных волокон

Традиционный способ определения остроты слуха — аудиометрия — позволяет измерить порог слышимости и обнаружить повреждения волосковых клеток улитки. Однако на вопрос, каково состояние волокон слухового нерва, она ответить не может. Как показали наши исследования, повреждения нерва, приводящие к скрытой потере слуха, не влияют на способность воспринимать звуки, мы просто перестаем различать слова собеседника и анализировать сложные звуковые сигналы. Традиционная жалоба пожилых людей: «Я слышу речь собеседников, но не понимаю, о чем они говорят».

Аудиологам давно известно, что два человека с идентичными аудиограммами могут кардинальным образом отличаться друг от друга

по результатам тестирования в условиях, когда слова произносятся на фоне нарастающего шума. Раньше данный феномен объясняли различиями процессов, протекающих в головном мозге. По нашим же данным, в первую очередь он связан с различиями между сохранившимися волокнами слухового нерва.

Скрытая утрата слуха поможет объяснить причину других распространенных жалоб со стороны пациентов со сниженной остротой слуха: шум в ушах, непереносимость звуков даже средней громкости (гиперакузия). Подобные состояния присутствуют даже тогда, когда с аудиограммой все в порядке. В прошлом ученые и клиницисты тоже относили такие отклонения на счет нарушений каких-то функций головного мозга. Но мы думаем, что все дело в повреждении слухового нерва.

Наши исследования заставляют задуматься о рисках, сопряженных с воздействием громких звуков на любителей симфонической музыки или посетителей дискотек, а также на тех, кто целыми днями слушает музыку через наушники. При том что ухудшение слуха у профессиональных музыкантов — пусть даже они играют в симфоническом оркестре — не вызывает сомнения, эпидемиологические исследования не обнаруживают существенных изменений в их аудиограмме. Нормативные акты, разработанные в США с целью минимизации повреждений слухового аппарата у работников промышленных предприятий с высоким уровнем шума, основаны на предположении, что если порог слышимости, повысившийся в результате длительного пребывания на производстве, возвращается к нормальному уровню, значит повреждение исчезло без следа. Как мы уже говорили, это предположение неверно. Соответственно, действующие установки неадекватны и неправильно оценивают меры, необходимые для предотвращения повреждений слухового нерва и их последствий.

Для того чтобы решить проблему, нужно разработать более тонкие методы тестирования состояния слухового нерва. Один из перспективных подходов основан на измерении электрической активности слуховых нейронов (*ABR*, от *auditory brain stem response* — «ответ головного мозга на звуковой стимул»). Измерения можно проводить на пациенте во время сна. Для этого в кожу его головы вводят электроды и измеряют возникающий в них электрический потенциал в ответ на воздействие звуков разных частот и громкости.

Как показали опыты, проведенные нами на животных, амплитуда *ABR* в ответ на звук — высокоинформативный показатель: она возрастает пропорционально числу волокон слухового нерва, которые находятся в синаптической связи с внутренними волосковыми клетками. В недавних эпидемиологических исследованиях, стимулом

для которых послужили результаты наших опытов на животных, использовался один из вариантов *ABR*-теста. Испытуемыми служили студенты одного из британских колледжей с нормальной аудиограммой. Обнаружилось, что у тех, кто регулярно посещал шумные вечеринки и шоу, амплитуда *ABR* была ниже, чем у их сокурсников, не увлекающихся подобными мероприятиями.

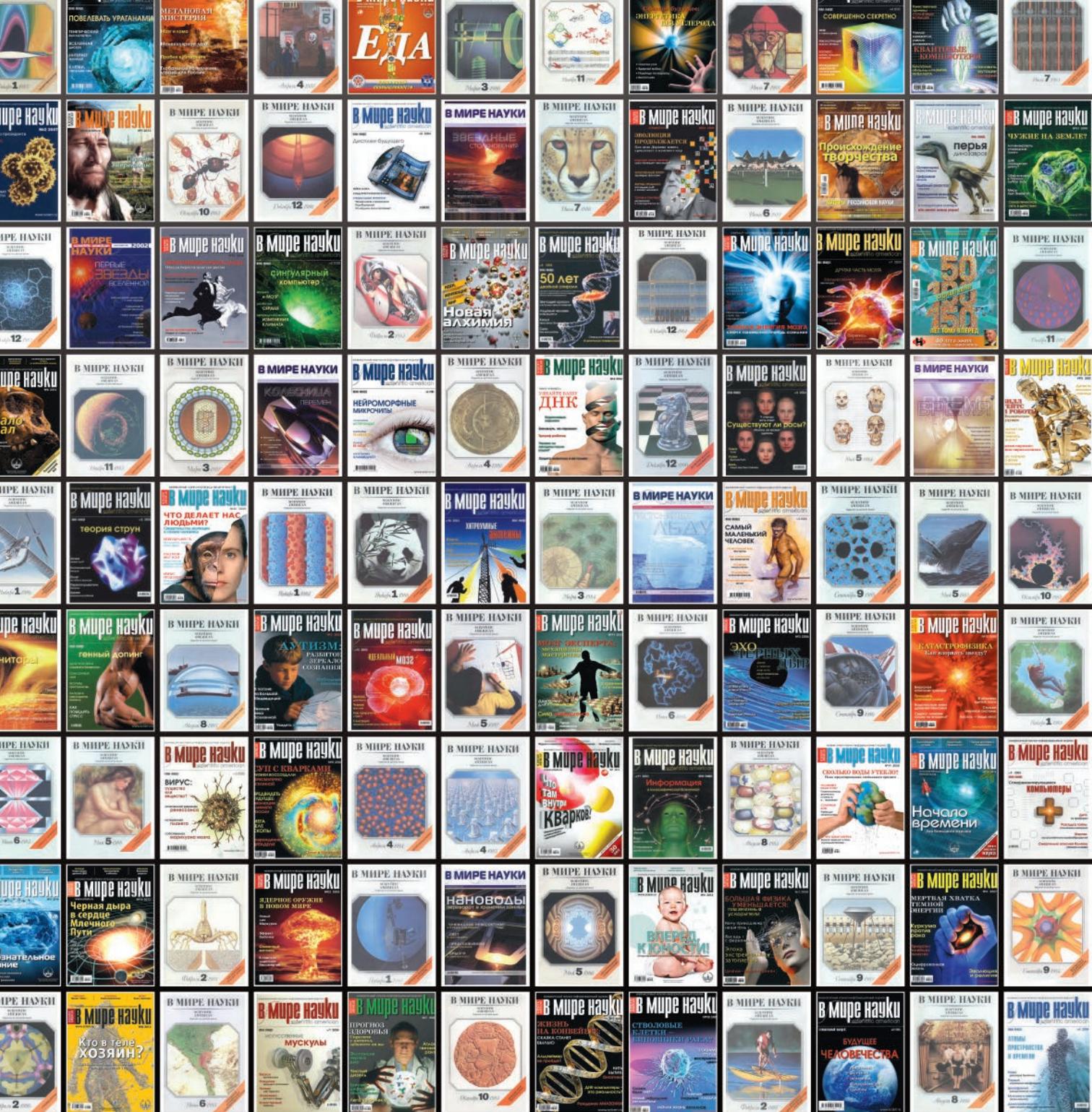
Для того чтобы помочь людям со скрытой потерей слуха, мы пытаемся выяснить, можно ли повернуть вспять процесс дегенерации нервных волокон. Для этого мы воздействуем на неповрежденные нейроны химическими веществами, способными инициировать рост волокон и восстанавливать их связь с внутренними волосковыми клетками. Несмотря на то что сами синапсы разрушаются сразу после мощного акустического воздействия, замедление дегенерации остальной части нервной клетки (тела и аксонов) вселяет надежду на восстановление работы слухового аппарата если не у всех, то у многих пациентов. Мы получили обнадеживающие результаты опытов на животных, вводя им во внутреннее ухо нейротропные вещества (факторы роста нервных клеток).

Для борьбы со скрытой потерей слуха предполагается вводить через барабанную перепонку гелеобразные материалы, из которых медленно высвобождаются нейротропы, восстанавливающие синаптические структуры через месяцы и даже годы после травмы. Такую манипуляцию следует проводить сразу после инцидента, такого, например, который произошел в 2013 г. в Бостоне во время марафона, когда повреждения слухового аппарата получили более 100 человек. В будущем отоларингологи смогут вводить лекарственные препараты в улитку с такой же легкостью, с какой офтальмологи исправляют форму хрусталика глаза с помощью лазерного излучения. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Делла Сантина Ч. Бионные уши помогут обрести равновесие // *ВМН*, № 6. 2010.
- Adding Insult to Injury: Cochlear Nerve Degeneration after “Temporary” Noise-Induced Hearing Loss. Sharon G. Kujawa and M. Charles Liberman in *Journal of Neuroscience*, Vol. 29, No. 45, pages 14,077–14,085; November 11, 2009.
- Synaptopathy in the Noise-Exposed and Aging Cochlea: Primary Neural Degeneration in Acquired Sensorineural Hearing Loss. Sharon G. Kujawa and M. Charles Liberman in *Hearing Research*. Published online March 11, 2015.



Хотите знать о науке больше?

Полный архив выпусков журнала
 «В мире науки» — на сайте издания по адресу:
www.sciam.ru/projects/dvd-electronic-catalogue

В мире науки
 SCIENTIFIC AMERICAN

Архив





ОБРАЗОВАНИЕ

**СОЗДАНИЕ УЧЕБНОГО
ПОСОБИЯ XXI ВЕКА**

НОВЫЙ ПОДХОД К ТЕСТИРОВАНИЮ

Слишком часто бывает, что школьные оценки повышают тревожность и тормозят обучение. Новые исследования указывают, как изменить такую ситуацию

Энни Мерфи Пол

ОБ АВТОРЕ

Статьи **Энни Мерфи Пол** (Annie Murphy Paul) часто публикуются в *New York Times*, журнале *Time* и онлайн-журнале *Slate*. Она автор книг «Культ индивидуального тестирования» (*The Cult of Personality Testing*) и «Начало» (*Origins*), включенных *New York Times* в список самых заметных книг 2010 г. Ее следующая книга, которая вскоре должна выйти в издательстве Crown, называется «Гений: наука стать умнее» (*Brilliant: The Science of How We Get Smarter*).



Кто был первым американцем, совершившим орбитальный космический полет?

- A** Нил Армстронг **B** Джон Гленн
C Юрий Гагарин **D** Никита Хрущев

Вопросы, где требуется выбрать один вариант ответа из нескольких предложенных, способствуют развитию тревожности и даже страха у детей в школах США. Появление таких вопросов означает, что пришло время для тестирования, а это большое, важное и неприятное событие.

Но совсем иначе дела обстоят в средней школе в Колумбии, штат Иллинойс, в восьмом классе, где историю преподает Патриция Бэйн (Patrice Bain). У нее живые голубые глаза, ослепительная улыбка и платинового оттенка волосы ежиком, так что она похожа одновременно на панка и на эльфа. Она выводит вопрос на интерактивную доску и замолкает, пока ее ученики выбирают свой ответ с помощью специальных пронумерованных устройств — кликеров.

«Все выбрали свой ответ? — спрашивает учитель. — Номер 19, мы ждем вас!» Девятнадцатый торопливо нажимает на кнопку, и Бэйн вместе с учениками смотрит, как ответил класс: статистика ответов показана в нижней части доски. «Большинство ответили правильно, очень хорошо!» Она смеется и качает головой, глядя на ответ, выбранный тремя учениками. «Ой, дорогие мои! — говорит Бэйн с шутливым упреком. — Хрущев даже не был космонавтом!»

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- С момента вступления в силу в 2002 г. программы «Ни одного отстающего ребенка» родители и учителя все активнее выступают против требования тестировать «каждого ученика каждый год» с третьего по восьмой класс.
- Критики утверждают, что высокая значимость оценки вызывает тревожность у учеников и учителей, превращает классы из места, где детей учат думать, в конвейер по подготовке к тестам.
- Результаты психологических и когнитивных исследований свидетельствуют, что правильно проведенное тестирование может быть полезно для обучения. Использование тестов может способствовать лучшему запоминанию фактов и более глубокому пониманию, чем обучение без экзаменов.
- Тесты, разработанные для оценки того, насколько хорошо учащиеся освоили единый комплекс государственных образовательных стандартов, перспективны и для оценки глубины понимания.

Когда США провели неудачную военную операцию в заливе Свиней, какая еще страна участвовала в этом конфликте?

- A** ГОНДУРАС
- B** ГАИТИ
- C** КУБА
- D** ГВАТЕМАЛА

Бэйн переходит к следующему вопросу, снова спрашивает, получает ответы, объясняет, так она с учениками прорабатывает историю 1960-х гг.

Если каждый ученик в классе дал правильный ответ, школьники поднимают руки и синхронно крутят кистями обеих рук. Это радостное движение они называют «дружные пальчики». Так и сейчас, с вопросом о заливе Свиней: все ученики справились с заданием. «Отлично, — радуется Бэйн, — уже пятый раз за сегодня все отвечают правильно!»

Шутки в классе у Бэйн не похожи на то напряжение, которое царит в государственных школах по всей стране. С момента вступления в силу в 2002 г. программы «Ни одного отстающего ребенка» родители и учителя все активнее выступают против требования тестировать «каждого ученика каждый год» с третьего по восьмой класс. Все большее число родителей не пускают своих детей на ежегодное государственное тестирование. В некоторых районах Нью-Йорка до 90% учащихся отказались прошлой весной в нем участвовать. Те, кто критикует упор на тесты, характерный для американских школ, утверждают, что высокая значимость оценки вызывает тревожность у учеников и учителей и превращает классы из места, где дети учат думать, в конвейер по подготовке к тестам.

Использование опросов в сочетании с хорошо организованными действиями до и после тестирования может способствовать лучшему запоминанию фактов и более глубокому пониманию, чем обучение без экзаменов. Но тестовый режим, работающий на благо обучения, а не просто для оценки, должен выглядеть совсем не так, как нынешнее тестирование в американских школах.

Бэйн использует в классе методику, которая называется упражнением на припоминание. Она основана на общеизвестных наблюдениях, отраженных в научной литературе еще чуть ли не 100 лет назад, но Бэйн, ничего не зная о тех исследованиях, за 21 год работы в школе сама пришла к такому подходу. «Когда я нашла свой путь и увидела, что этот подход творит чудеса, мне захотелось встать на вершине горы и кричать так, чтобы меня все услышали: "Делайте как я!" Но других учителей трудно переубедить», — говорит Бэйн.

Восемь лет назад она встретила с Марком Макдэниэлом (Mark McDaniel), профессором психологии в Университете Вашингтона в Сент-Луисе. Макдэниэл начал рассказывать Бэйн про свои исследования упражнений на припоминание, но она, вскрикнув, прервала рассказ. Макдэниэл вспоминает: «Патриция сказала, что делает так у себя в классе и это работает». Он продолжал объяснять Бэйн, что то, что он с коллегами называет упражнениями на припоминание, по сути и есть тест. Макдэниэл поясняет: «Сначала мы называли это эффектом тестирования, но потом поумнели и поняли, что родители и учителя не захотят использовать методику, в названии которой содержится слово "тест"».

В упражнениях на припоминание тест используется не для оценки успеваемости, а для обучения. Надо признать, что большинство из нас неправильно понимают суть тестирования. Мы думаем, что тест — это что-то вроде градусника, который мы засовываем в голову ученика, чтобы измерить, до какой отметки поднялся уровень его знаний. А на самом деле каждый раз, когда ученик пытается что-то вспомнить, его память меняется. Мысленное представление становится сильнее, стабильнее и более доступно для воспроизведения.

Те, кто критикует упор на тесты, утверждают, что высокая значимость оценки вызывает тревожность у учеников и учителей и превращает классы из места, где дети учат думать, в конвейер по подготовке к тестам

Почему так получается? Джеффри Карпик (Jeffrey Karpicke), профессор когнитивной психологии в Университете Пердью, говорит, что это полезное свойство возникло из-за того, что мы не можем помнить все, с чем сталкиваемся. Поэтому наша память вынуждена выбирать для сохранения наиболее полезные факты и идеи, руководствуясь тем, насколько часто у нас возникает повод о них вспомнить. Карпик объясняет: «Наш мозг оценивает вероятность того, понадобится ли нам это знание в будущем, и если мы вспоминаем часть информации сейчас, то весьма вероятно, что она понадобится нам снова. Процесс воспоминания изменяет память, настраивая ее на то, с чем мы можем столкнуться потом».

УМЕНИЕ РАБОТАТЬ В ГРУППЕ

Самый популярный тест в мире, PISA, замахнулся на проверку новых навыков — умения работать вместе

Пэг Тайер

Когда ближайшей осенью десятки тысяч подростков по всему миру сядут за компьютеры, чтобы принять участие в Международной программе по оценке образовательных достижений учащихся (PISA), они будут протестированы по чтению, математике и естественным наукам. Кроме того, они столкнутся с новыми и весьма спорными сериями вопросов, разработанных для оценки «умения сотрудничать для решения задачи». Вместо кратких ответов на вопросы или более подробных объяснений проходящий тест подросток будет записывать результаты игр, решать головоломки и проводить эксперименты с помощью виртуальных партнеров, с которыми можно общаться через чат. Несмотря на то что тестирование в этой новой сфере — только эксперимент, организаторы PISA надеются, что его результаты побудят правительства обеспечить лучшую подготовку молодым людям, чтобы добиться процветания во всемирной экономике.

Критики идеи говорят, что PISA сделала шаг назад, к старым и ожесточенным спорам о том, можно ли научить способности к критическому мышлению и сотрудничеству и не связаны ли эти навыки с конкретным содержанием образования.

Школы должны приспособливаться к темпам технического прогресса, и новое направление тестирования показывает, над чем надо работать. Дженни Брэдшоу (Jenny Bradshaw), руководитель проекта в PISA, курирующая новое тестирование, рассказывает: «Работа с невидимыми партнерами, особенно через Интернет, станет основополагающим навыком для успешной карьеры». PISA — программа тестирования 15-летних подростков, которую курирует Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР, OECD), объединяющая ориентированные на развитие промышленности 34 страны. С тех пор, как программа была запущена в 2000 г., с помощью экзаменов PISA

производилась оценка способностей учащихся к чтению, математике и применению естественно-научных знаний в повседневной жизни. Рейтинги и списки лидеров, созданные PISA, быстро стали одним из движущих факторов для законодателей, обеспокоенных проблемой конкурентоспособности в мировой экономике. Рейтинг, полученный PISA, по крайней мере частично способствовал тому, что президент США Барак Обама обещал в 2009 г., что в течение ближайшего десятилетия «по математике и естественным наукам американские школьники должны подняться с середины к верхушке списка».

В 2008 г. крупнейшие компании Cisco, Intel и Microsoft, обеспокоенные низким уровнем подготовки желающих устроиться к ним на работу, начали финансирование собственных исследований, запустив проект «Оценка и обучение навыкам XXI века» (ATC21S) для выявления и поощрения умения критически и творчески мыслить, сотрудничать и приспособливаться к изменениям технологий в бизнесе и обществе. Через несколько лет участники ATC21S уговорили PISA начать тестировать некоторые из этих способностей у школьников по всему миру и наши ученых, чтобы обеспечить научную основу для подобного тестирования. Три года назад в экзамены, проводимые PISA, добавились вопросы для оценки способности к решению задач. По данным PISA, в этой области успешны китайские школьники, израильтяне решают хуже, а американцы находятся где-то

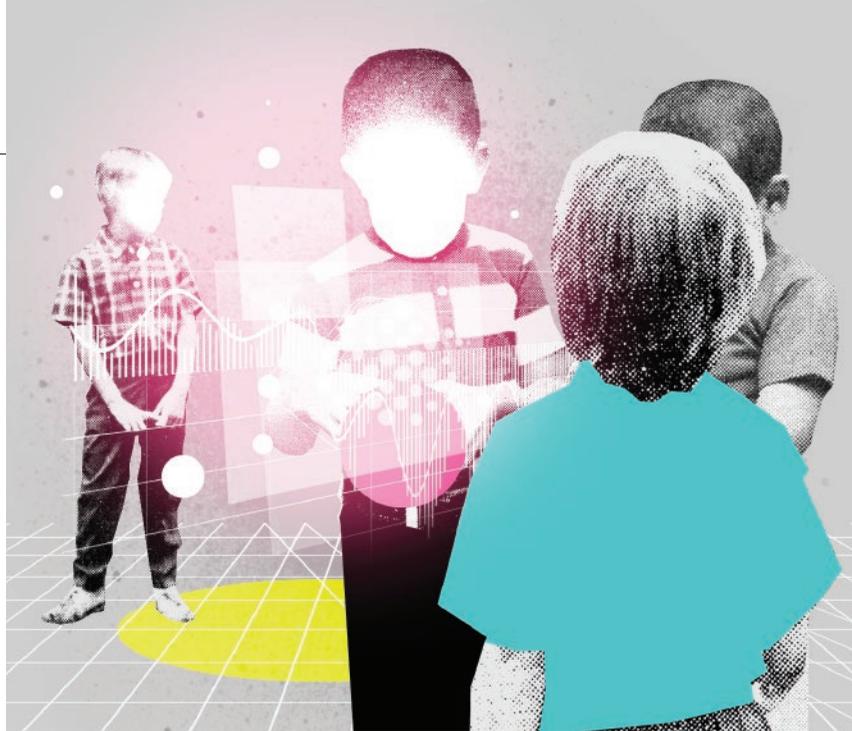
Благодаря исследованиям с использованием метода функциональной магнитно-резонансной томографии головного мозга механизмы эффекта тестирования становятся понятнее. Ученые выяснили, что вызывание воспоминаний из памяти способствует большей активности в определенных областях мозга, чем просто повторение информации. В этих областях мозга происходят так называемая консолидация, или стабилизация, памяти, а также создание ярлыков, с помощью которых в дальнейшем такие воспоминания будет легче воспроизвести. В некоторых исследованиях показано, что чем большая активность в этой области наблюдается при первом знакомстве с информацией, тем успешнее участники вспомнят ее спустя недели или месяцы.

Карпик объясняет, что основное обучение происходит при воспоминании: «Воспроизведение информации, которая уже хранится в памяти, обеспечивает более мощный обучающий эффект, чем первичное запоминание данной информации, при воспроизведении воспоминания укрепляются». Воспоминание не только помогает ученикам запомнить определенные сведения, но и закрепляет сохранение связанной с ними информации, которая

в тесте напрямую не проверялась. Исследователи предполагают, что, перебирая в уме воспоминания в поисках конкретных ответов, мы воспроизводим и то, что с ними связано, закрепляя также и эту информацию. Такой метод помогает ученикам не перепутать материал, изучаемый сейчас, с пройденным ранее, и даже может подготовить их лучше усваивать информацию, которую они получают после прохождения тестирования (т.е. эффект тестирования облегчает дальнейшее обучение).

В сотнях исследований показано, что обучение с использованием упражнений на припоминание сильнее закрепляет информацию в памяти, чем любой другой метод обучения. Приведу один

Благодаря функциональной магнитно-резонансной томографии головного мозга механизмы эффекта тестирования становятся понятнее



в области педагогики из Брукингского института, говорит, что неизвестно, можно ли считать навыки совместного выполнения задач не зависящими от того, из какой сферы решаемая задача: «Если два биолога решают задачу, они демонстрируют ту же способность, что и два историка, или нет? Со времен Джона Дьюи прогрессивные педагоги настаивают, что это одно и то же, но на самом деле мы этого не знаем».

Если школьные системы хотят лучше подготовить учащегося для будущей жизни, ему надо помочь освоить на хорошем уровне математику, естественные науки и литературу, а не растрачивать ресурсы на развитие расплывчатых понятий.

Брэдшоу признает, что нововведения могут вызывать сомнения, но считает, что стоит попробовать. Пока одни исследователи из PISA испытывают методы оценки сотрудничества при решении задач, их коллеги уже работают над созданием тестов PISA в других областях. Брэдшоу говорит, что к 2018 г. им надо создать адекватный способ оценки «общих способностей».

Пэг Тайер (Peg Tyre) уже долгое время работает журналистом в области образования, она автор книг «Хорошая школа» (*The Good School*) и «Трудные мальчики» (*The Trouble with Boys*). Тайер — начальник по стратегии Фонда Эдвина Гульда, который помогает организациям, отправляющим малообеспеченных учеников в колледжи.

посередине. Создатели теста решили, что для мировой экономики с большим количеством связей требуются еще более специфический набор навыков — умение решать задачи совместно с другими членами группы, взаимодействуя через Интернет. В нынешнем году PISA оценит, как школьники из 51 страны с этим справятся.

В тесте будут чередоваться радостные и неприятные моменты. Хотя исследователи из ATC21S считают, что лучше проверять навыки совместной работы при сотрудничестве с живым человеком, в тесте PISA партнер будет виртуальным, его назвали Эбби. Вместе с Эбби школьнику

надо будет рассчитать, например, как создать наиболее подходящие условия для рыб, живущих в аквариуме, если ученик контролирует воду, ландшафт и освещение, а Эбби отвечает за пищу, численность рыб и температуру. Чтобы справиться с тестом, школьнику надо договориться о том, как будет решаться задача, реагировать на возникающие проблемы, прояснять недоразумения, делиться информацией, полученной во время испытаний, и объединить результаты, чтобы прийти к правильному ответу.

Многие критики считают, что это новое направление — большая ошибка. Том Лавлесс (Tom Loveless), исследователь

пример: в исследовании, опубликованном в 2008 г. Карпиком и его руководителем Генри Редигером (Henry Roediger) из Университета Джорджа Вашингтона, ученики, которые сами проверяли себя с помощью словаря терминов, позже вспомнили 80% слов, а те, кто учил слова, многократно прочитывая их, вспомнили затем примерно около трети. Упражнения на припоминание особенно действенны по сравнению с наиболее распространенным способом обучения: конспектированием информации и перечитыванием конспектов и учебников, что, как недавно было показано, относится к наименее эффективным способам обучения.

Тестирование не только повышает запоминание отдельных фактов. Процесс припоминания информации еще и способствует тому, что ученые называют глубоким обучением. При таком обучении учащиеся могут делать логические выводы и выявлять связи между фактами, которые им известны, применять знания в различных ситуациях (такой процесс называется переносом). В статье, опубликованной в 2011 г. в журнале *Science*, Карпик и его коллега из Университета Пердью Джанелл Блант (Janell Blunt) сравнили упражнения на припоминание и методику построения концептуальных

карт. Многие учителя используют такой способ для глубокого обучения: учеников просят изобразить информацию, которую им надо изучить, в виде схемы, где понятия отражены в виде узлов, а их взаимоотношения показаны линиями, как дороги между городами на карте.

В исследовании Карпика и Блант участвовали две группы добровольцев, в общей сложности их было 200 человек. Испытуемым надо было прочесть фрагмент из научной книги. Студентов из одной группы просили воспроизвести по памяти насколько можно больше информации, которую они запомнили, а другая группа должна была составить концептуальную карту, пользуясь текстом. Когда спустя неделю студентам дали тест, оказалось, что участники из группы, использовавшей упражнение на припоминание, лучше смогли вспомнить идеи, содержащиеся в тексте, чем те, кто составлял опорную схему. Самое удивительное, что участники из первой группы лучше делали логические выводы и устанавливали связи между понятиями, содержащимися в тексте. В целом оказалось, что упражнения на припоминание на 50% эффективнее и для заучивания фактов, и для понимания смысла.

Перенос — способность использовать знания, полученные в одной ситуации, и применять их в других случаях — конечная цель глубокого обучения. В статье, опубликованной в 2010 г., психолог Эндрю Батлер (Andrew Butler) из Техасского университета в Остине показал, что упражнения на припоминание лучше обеспечивают возможность переноса знаний, чем традиционный подход с многократным чтением текста. В эксперименте Батлера после прочтения фрагмента о том, как летучие мыши используют эхолокацию для ориентации в пространстве, ученики либо перечитывали его снова, либо выполняли упражнения на припоминание. Через неделю им нужно было перенести полученные знания на другую область: использование эхолокации на подводных лодках. Ученики, отвечавшие на вопросы к тексту про летучих мышей, легче справились с задачей.

Есть и еще одна особенность стандартизированных государственных тестов, которая не дает использовать их для повышения эффективности обучения: они не содержат глубоких вопросов, поэтому и процесс обучения становится поверхностным

Но какими бы надежными ни были эти данные, основная их часть до недавнего времени были получены исключительно в лаборатории. Макдэниэл давно хотел применить упражнения на припоминание в настоящих школах, но попасть туда было затруднительно. С помощью Бэйн Макдэниэл и двое его коллег из Университета Джорджа Вашингтона, Редигер и Кэтлин Макдермотт (Kathleen McDermott), провели рандомизированное контролируемое исследование в средней школе Колумбии, в котором участвовало девять учителей и более чем 1,4 тыс. учеников. Во время эксперимента шестой, седьмой и восьмой классы изучали естественные науки и обществознание одним из двух способов: 1) информация сообщалась однократно, потом учитель разбирал эту тему еще три раза; 2) информация сообщалась однократно, затем школьники трижды проходили опрос (с помощью кликеров, которые Бэйн использует на уроках).

Когда были подсчитаны результаты итогового тестирования, разница между двумя подходами стала заметной: школьники в среднем получили

оценку C+ за тот материал, который многократно разбирали на уроке, и A- за те темы, по которым проводились опросы. Во время последующих тестов восемь месяцев спустя ученики все еще помнили темы, по которым проводились опросы, значительно лучше, чем ту информацию, которую повторно разбирали на уроке.

Андрия Матценбахер (Andria Matzenbacher), бывший учитель из Колумбии, который сейчас работает методистом, рассказывает: «Я всегда считал, что тесты — это способ оценки, а не обучения, так что первоначально отнесся к этому скептически. Но я был поражен тем, насколько отличался уровень учеников, выполнявших упражнения на припоминание». Бэйн, напротив, не удивлялась: «Я знала, что метод работает, но было приятно увидеть, что это подтверждается научными исследованиями». Макдэниэл, Редигер и Макдермотт в итоге продолжили исследования в старших классах соседней школы, где использование опросов дало такие же потрясающие результаты. Стремясь распространить упражнения на припоминание по классам всей страны, ученые из Университета Джорджа Вашингтона (с участием научного сотрудника Пуджи Агарвал (Pooja K. Agarwal), работающей сейчас в Гарвардском университете) создали руководство для учителей «Как использовать упражнения на припоминание для повышения качества обучения» (*How to Use Retrieval Practice to Improve Learning*).

Даже имея на руках веские доказательства, сторонники упражнений на припоминание должны еще преодолеть непроизвольное негативное отношение родителей и учителей к тестированию. Кроме того, они сталкиваются и с более обоснованными возражениями, которые звучат примерно следующим образом: американские школьники и так уже подвергаются тестированию гораздо чаще, чем дети в других странах, таких как Финляндия или Сингапур, которые систематически опережают США по результатам международного мониторинга. Если тестирование — столь прекрасный способ обучения, то почему у наших школьников не такие высокие результаты?

У Марши Ловетт (Marsha Lovett) готов ответ на этот вопрос. Ловетт — директор Центра повышения педагогического мастерства и образовательных инноваций в Университете Карнеги — Меллона и специалист в области метапознания — способности учеников думать о собственном обучении, понимать, что они знают, а что нет, и использовать знания для эффективного управления процессом собственного обучения.

Да, говорит Ловетт, американские ученики проходят много тестов. Но потом происходит то, из-за чего эти тесты не помогают обучению. Вернее, кое-чего не происходит: ученикам обычно не сообщают, где они ответили правильно, а где — нет.

Ловетт рассказывает: «Для обучения необходимо обеспечить обратную связь после ответа на каждый вопрос, а мы упускаем эту возможность». Кроме того, ученики редко размышляют о том, насколько они готовы и как они выполнили тест. «Обычно ученики бросают взгляд на оценку, засовывают этот тест куда-нибудь подальше и больше никогда о нем не вспоминают, и опять получается, что мы упустили важную возможность для обучения».

Несколько лет назад Ловетт придумала способ побудить учеников к рефлексии после прохождения теста. Она назвала это «экзаменационной обложкой». Проверяющий возвращает ученику работу, обернутую листом бумаги. На этой бумаге список вопросов, на которые ученик должен ответить, а потом сдать анкету. Обложки, которые Ловетт разработала для экзамена по математике, содержат такие вопросы:

Сколько времени вы потратили на следующие занятия:

- чтение конспекта уроков? ___ мин.
- переделывание старых домашних заданий? ___ мин.
- работа над дополнительными заданиями? ___ мин.
- чтение учебника? ___ мин.

Теперь, когда вы посмотрели на результат вашего экзамена, оцените, какую часть баллов вы потеряли по следующим причинам:

- ___% из-за непонимания идеи
- ___% из-за неаккуратности (т.е. ошибки по невнимательности)
- ___% из-за того, что не удалось понять, как подойти к задаче
- ___% по другим причинам (пожалуйста, укажите причину)

Глядя на полученные оценки, что вы сделаете иначе, когда будете готовиться к следующему тесту? Например, будете ли вы готовиться в другом режиме? Или попытаетесь улучшить определенные навыки? Пожалуйста, пишите конкретнее. Что мы можем сделать, чтобы вам помочь?

По словам Ловетт, идея заключается в том, чтобы подтолкнуть учеников подумать, чего они не знали или не поняли, почему им не удалось усвоить информацию и как им лучше подготовиться к следующему тесту. Сейчас Ловетт добилась того, что в Университете Карнеги — Меллона некоторые преподаватели, особенно в области естественных наук, стали использовать эту методику. Проверенные работы они раздают вместе с обложками-анкетами, затем собирают анкеты после заполнения и, наконец, самый мудрый ход — раздают их обратно, когда студенты готовятся к следующему тесту.

Влияет ли на что-то такой подход? В 2013 г. Ловетт опубликовала по результатам внедрения этого метода главу в сборнике «Использование рефлексии и метапознания для улучшения качества обучения» (*Using Reflection and Metacognition to Improve Student Learning*). Там сообщается, что метакогнитивные навыки учащихся в группах, где используется методика обложек-анкет, увеличились за семестр значительно, чем у тех студентов, с которыми ее не использовали. Кроме того, в результате проверки в конце семестра выяснилось, что среди студентов, которым давали экзаменационные обложки, более половины изменили подход к подготовке благодаря заполнению анкеты.

Практика использования экзаменационных обложек начинает распространяться на другие вузы и средние школы. Лори Ксайкс (Lorie Xikes) работает учителем в средней школе Ривердейл (в Форт-Майерсе, штат Флорида) и использует их при преподавании биологии на углубленном уровне. Когда она раздает проверенные тесты, в анкете предлагаются следующие вопросы:

Сколько примерно времени вы потратили на подготовку к тестированию? (ОТВЕЧАЙТЕ ЧЕСТНО)

Были ли в это время включены телевизор/радио/компьютер? Заходили ли вы в социальные сети во время занятий? Играли ли вы в компьютерные игры? (ОТВЕЧАЙТЕ ЧЕСТНО)

Теперь, когда вы посмотрели на результаты вашего теста, выберите, что вызвало у вас наибольшие сложности:

- использование терминов
- непонимание идей
- ошибки из-за невнимательности
- просмотр диаграмм и графиков

Посмотрите ваши ответы на вопросы и напишите, что вы собираетесь сделать иначе при подготовке к следующему тесту, перечислите как минимум три пункта. ОТВЕЧАЙТЕ КОНКРЕТНО.

Ксайкс рассказывает, что обычно ученики просто хотят посмотреть свою оценку и больше ничего, однако использование анкет вынуждает их остановиться и задуматься о том, как они готовятся к тесту и насколько их способ подготовки эффективен.

Помимо использования экзаменационных обложек Ксайкс на уроках разбирает вопросы теста, обеспечивая обратную связь, помогающую школьникам сформировать способность к «метакогнитивному мониторингу», т.е. пониманию, что они знают, а чему еще надо научиться. Исследования

эффективности упражнений на припоминание показывают, что тесты позволяют выявить конкретные пробелы в знаниях учащихся и области, в которых они чувствуют себя неуверенно, только если обеспечена обратная связь.

Со временем многократное тестирование с обратной связью может побудить школьников начать отслеживать собственное состояние при подготовке. У учеников из благополучных семей, получающих хорошее образование, этот навык может возникнуть сам собой, но его часто не хватает детям из малообеспеченных слоев населения, посещающих менее успешные школы. Есть надежда, что использование упражнений на припоминание позволит сократить разрыв между благополучными и обездоленными.

Если государственные тесты, используемые сейчас в США, оценить с точки зрения сложности и глубины, окажется, что все они несостоятельны

Как раз это и обнаружили Джеймс Пеннебейкер (James Pennebaker) и Сэмюэл Гослинг (Samuel Gosling), профессора Техасского университета в Остине, когда начали использовать регулярный опрос при преподавании большого совместного курса по психологии. Опрос производился через Интернет, с помощью программы, которая после каждого ответа сообщала студентам, правильный вариант они выбрали или нет. Оценки, полученные 901 студентом, которые проходили ежедневный опрос, были в среднем на полбалла выше, чем у тех 935 учащихся, кто изучал этот курс ранее и не проходил опросов.

Удивительно, что студенты, проходившие ежедневный опрос при изучении психологического курса, учились лучше и по другим предметам в течение семестра, когда они занимались у Пеннебейкера и Гослинга, а также и в дальнейшем. Предполагается, что регулярное тестирование с обратной связью улучшило их общие навыки по контролю процесса обучения. Преподавателей особенно заинтересовало, что ежедневные опросы на 50% сократили разрыв между студентами из разных социальных слоев. Гослинг говорит, что многократное тестирование — мощное средство для улучшения навыков обучения и мышления и оно может быть особенно полезно для слабо подготовленных учеников.

Гослинг и Пеннебейкер совместно со студентом Джейсоном Ферреллом (Jason Ferrrell) в 2013 г. опубликовали результаты своих открытий насчет

эффективности регулярных опросов в журнале *PLOS ONE*, сообщив, что «быстрая, четкая и индивидуальная обратная связь» способствует лучшим результатам при дальнейшем тестировании. В этом и заключается дилемма для учеников из американских государственных школ, которые с третьего по восьмой класс, согласно недавнему исследованию, проведенному Центром американского прогресса, проходят в среднем около десяти стандартизированных тестов в год. В отличие от собственноручно созданных преподавателями тестов, описанных здесь, стандартизированные тесты школам обычно продают коммерческие издательские компании. Результаты таких опросов, как правило, приходят в школу спустя недели или даже месяцы. И для соблюдения информационной безопасности и возможности использовать тесты повторно фирмы обычно не сообщают правильного решения для каждого вопроса, а только присылают общее число набранных баллов.

Есть и еще одна особенность стандартизированных государственных тестов, которая не дает использовать их для повышения эффективности обучения: они не содержат глубоких вопросов, поэтому и процесс обучения становится поверхностным.

Если государственные тесты, используемые сейчас в США, оценить с точки зрения сложности и глубины, окажется, что все они несостоятельны. К такому заключению пришли Кун Юань (Kun Yuan) и Ви-Нхуань Ле (Vi-Nhuan Le), специалисты по проблемам поведения из некоммерческого исследовательского центра *RAND*. В отчете, опубликованном в 2012 г., Юань и Ле оценили тесты по математике и английскому языку, предлагаемые в 17 штатах, с точки зрения того, насколько сложен каждый из предложенных вопросов. Исследователи использовали методику оценки глубины знаний, предложенную научным сотрудником Висконсинского центра педагогических исследований Норманом Уэббом (Norman Webb), по которой выделяется четыре уровня сложности: *DOK1* (простое запоминание), *DOK2* (применение навыков и понятий), *DOK3* (рассуждения и умозаключения) и *DOK4* (планирование и проведение исследования).

Большинство вопросов государственного тестирования имели первый или второй уровень сложности. Исследователи считали, что вопросы уровня *DOK4* оценивают глубину знаний, но таких вопросов в тестах почти не было. Только у 1–6% учеников в государственном тестировании по чтению оценивалась глубина знаний, у 2–3% оценивалась глубина знаний в области правописания и ни у кого — по математике.

По мнению Линды Дарлинг-Хаммонд (Linda Darling-Hammond), почетного профессора факультета образования Стэнфордского университета,

программа «Ни одного отстающего ребенка» вынуждает штаты использовать недорогие тесты, где надо выбрать один ответ из нескольких предложенных, которые можно обработать автоматически, но с их помощью невозможно оценить глубину обучения. Однако существуют типы заданий, где это можно делать. Дарлинг-Хаммонд вместе со своим стэнфордским коллегой Фрэнком Адамсоном (Frank Adamson) в 2014 г. написала книгу «За пределами закрашенных кружочков» (*Beyond the Bubble Test*). В ней предлагается совсем другая система: задавать открытые вопросы (ответы на которые проверяет учитель, а не компьютер), чтобы ребенок подкреплял ответ аргументами; а также предлагать ученикам провести научный эксперимент или составить отчет об исследованиях.

Как отмечает Дарлинг-Хаммонд, в 1990-х гг. некоторые штаты начали вводить такие экзамены, но все закончилось при запуске программы «Ни одного отстающего ребенка». Она говорит, что создание более сложных вариантов экзаменов приостановилось из-за опасений насчет материально-технического обеспечения и финансовых затрат. И все-таки оценка учащихся адекватным способом — не утопия: в других странах, например в Англии и Австралии, это уже сделали. Дарлинг-Хаммонд рассказывает, что у них школьники работают как настоящие естествоиспытатели и историки, в то время как американские ученики по-прежнему закрашивают кружочки, и это прискорбно.

Однако она видит и основания для оптимизма: в США разрабатываются тесты нового поколения, которые должны будут оценить, насколько знания школьников соответствуют единому комплексу государственных образовательных стандартов и требованиям по языку и математике, принятым в 43 штатах. Дарлинг-Хаммонд говорит, что среди этих тестов две группы — *Smarter Balanced* и *PARCC* — кажутся перспективными для оценки глубины понимания, об этом свидетельствуют результаты недавнего исследования, проведенного

Припоминание

ОБУЧЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ ТЕСТОВ

Опросы могут не только оценивать уровень знаний, они способны его повышать. В исследовании, опубликованном в журнале *Science* в 2008 г., сравнивали заучивание и тестирование. Психологи предложили четырем группам студентов колледжа выучить 40 слов на суахили. Ученики из первой группы заучивали слова, а затем многократно проходили тестирование. Участники из других групп отбрасывали те слова, которые они уже выучили, и либо их больше не повторяли, либо не проверяли в тесте. Спустя неделю те ученики, кто многократно проходил тест со всеми словами, вспомнили 80% слов, а те, кто только их заучивал, вспомнили лишь треть.

Очевидная польза повторного тестирования



Джоан Херман (Joan Herman) и Роберт Линном (Robert Linn) из Национального центра исследований по вопросам оценки, стандартов и тестирования учеников (*CRESST*) Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе. Херман отмечает, что в обоих тестах особое внимание уделяется вопросам второго уровня и выше по шкале Уэбба, так что как минимум треть оценки составят баллы, полученные за ответы на вопросы уровня *DOK3* и *DOK4*. В прошлом году в своем блоге Херман написала: «Может быть, задания в этих тестах и не будут настолько хороши, как хотелось, но все равно это большой шаг вперед».

ОБ АВТОРЕ

Майкл Уиссессион (Michael Wyession) — профессор-сейсмолог Университета Вашингтона в Сент-Луисе. Он возглавил группу наук о Земле и космосе в Национальном научно-исследовательском совете при создании нового подхода к преподаванию естественных наук в средней школе и был одним из авторов новых стандартов по естественным наукам. Уиссессион — соавтор нескольких учебников для средней школы издательства *Pearson Prentice Hall*.



Предположим, вы хотите научить детей играть в бейсбол или софтбол. Как вы собираетесь это сделать? Один из способов — посадить их и заставить заучивать правила игры, размеры поля, имена игроков, их результаты и множество других фактов. Периодически вы будете останавливать процесс обучения и оценивать уровень подготовки с помощью тестов, в которых надо выбрать правильный ответ из нескольких предложенных вариантов. Ученики, проявившие лучшие способности к запоминанию большого количества фактов, могут заняться этим предметом углубленно, чтобы запоминать еще большее количество информации. После обучения, во время которого дети ни разу не покидали аудитории, смогут ли они играть в бейсбол или софтбол? И, что важнее, сколько человек из их числа все еще будут хотеть играть?

Так почему же мы думаем, что таким способом можно научить детей естественным наукам?

Стандарты нового поколения в области естественных наук предназначены для того, чтобы исправить сложившуюся ситуацию. Требования предыдущего стандарта изменили таким образом, чтобы не только заинтересовать и вдохновить учеников, но и предоставить им возможность самим делать науку вместо того, чтобы заучивать научные факты. Как показали исследования в области естественно-научного образования, если позволить школьникам участвовать в разных исследованиях, то они не только полюбят и оценят науку, но и лучше выучат теоретическую часть. Это и не удивительно, если провести аналогию со спортом: многие дети знают правила бейсбола и софтбола и даже статистику про своих любимых игроков, но вовсе не потому, что заучивали это в классе.

Стандарты нового поколения были созданы в 2013 г., и сейчас около половины американских школьников изучают естественные науки в соответствии с данными принципами. К моменту сдачи в печать этой статьи 12 штатов и округ

ДЕТИ ТОЖЕ УЧЕНЫЕ

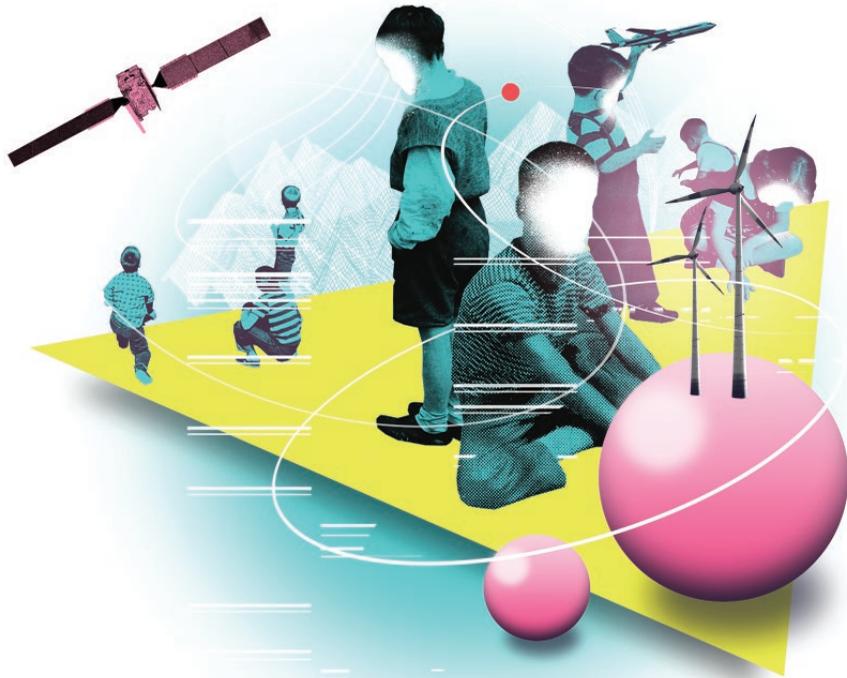
Чем хороши естественно-научные стандарты следующего поколения

Майкл Уиссессион

Колумбия официально приняли новые стандарты, некоторые другие штаты приняли их с небольшими изменениями, и многие школьные округа в других штатах тоже начали их вводить.

Может показаться, что на самом деле ничего особенно не изменится: школы, работавшие по одному набору стандартов, просто начнут использовать другой. Но это не так. В стандартах заложен принципиально новый подход к оценке знаний учащихся в области естественных наук. Там нет списка фактов, которые дети должны запомнить, акцент сделан на более глубоком уровне понимания. Вот пример того, что должен уметь ученик, изучающий науки о Земле и космосе:

«Считается, что учащийся понимает тему, если он может, проанализировав геолого-геофизические данные и результаты, полученные с помощью глобальных климатических моделей, сделать обоснованный прогноз о том, с какой скоростью будет меняться климат на планете и в конкретном регионе и какие это будет иметь последствия».



На этом примере можно увидеть несколько свойств новых стандартов. Во-первых, поскольку они нацелены на более глубокий уровень понимания, ключевую роль в них играет не содержание, а действие (в данном случае анализ и трактовка данных). Учащиеся должны сделать что-то, а не полагаться на запоминание или классификацию. Для этого школьники должны ознакомиться с новым для них набором информации и продемонстрировать свои умения создавать обоснованные прогнозы и объяснения.

Во-вторых, в стандартах для старшекласников предусмотрены рассчитанные на год курсы разных наук о Земле и космосе, которых ранее в большинстве школ не было. По данным Национального центра образовательной статистики министерства образования США, представленным в 2009 г., среди старшекласников в США только каждый девятый выбирает изучение курса наук о Земле на углубленном уровне, причем чаще всего — экологию. В новых стандартах в области наук о Земле и космосе предлагаются 15 разных курсов для средних классов и 19 для старшекласников. Это свидетельствует не только о признании наук о Земле наравне с биологией и физикой, но и об их важности для современного общества. Для учеников средних и старших классов естественно-научное образование будет содержать годовые курсы биологии и наук о Земле и полугодовые по физике и химии. Таким образом, учебные планы поменяются. В 2013 г. только в штате Северная Каролина в старших классах был обязателен годовой курс экологии в рамках цикла наук о Земле, а в шести штатах (Айдахо,

Канзасе, Кентукки, Небраске, Нью-Йорке и Юте) в старших классах требовали изучения любого курса из области наук о Земле и космосе.

И, в-третьих, в новых стандартах важная роль отведена климатологии. Это связано с происходящими сейчас глобальными изменениями климата на планете, во многом из-за деятельности людей, и осознанием огромного влияния, которое климатические изменения оказывают на историю человечества, в том числе перемещения людей между континентами, взлет и падение цивилизаций.

Введение новых стандартов сталкивается с проблемами. Как показывает опыт введения стандартов по математике и английскому языку, любое изменение методики обучения требует финансовых затрат. Нужно разрабатывать образовательные пособия (программы, учебники, способы оценки), а затем, чтобы оценить их и улучшить,

придется проводить специальные исследования. Нам нужно будет обеспечить профессиональную подготовку нынешних и будущих учителей, чтобы они могли сделать акцент на практической части и обладали соответствующими научными знаниями. Штаты и школьные округа должны будут выяснить, как лучше всего внедрять новые учебные программы.

Все это должно происходить, несмотря на цинизм власти и недоверие к некоторым областям науки, например нынешние попытки Палаты представителей США урезать финансирование наук о Земле и особенно климатологии, хотя Сенат США признал 98 голосами против 1, что глобальное потепление представляет собой реальную проблему.

В ближайшие несколько лет, по мере того как штаты будут один за другим внедрять новый стандарт, дети увидят, что наука и техника — это действительно здорово, обрадуются открытию того, как устроена Вселенная, духу товарищества, командной работе, обмену и обсуждению идей, попробуют на практике, собственными руками что-то проектировать и улучшать. И с большой вероятностью интерес и увлеченность наукой сохранятся у них до конца обучения в школе и даже потом, в более зрелом возрасте. Такое вовлечение детей в науку может увеличить поток желающих работать в области естественных наук и технологий, повысит уровень знаний у избирателей и качество личной жизни американцев. Может быть, занятия наукой даже станут новой разновидностью народного досуга. ■

Перевод: М.С. Багоцкая



Приспособиться или умереть:
возможно, ситхинской ели
в Британской Колумбии пона-
добится позаимствовать гены
у деревьев из более теплого
климата

A vertical photograph of a forest. The foreground is filled with vibrant green ferns. Several tree trunks are visible, heavily covered in bright green moss. The background is a soft-focus forest with more trees and light filtering through the canopy.

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

ЛЕСА

НА МАРШЕ

Деревья не способны перебраться в более благоприятные места, когда ухудшается климат, так что люди должны оказать им посильную помощь

Хиллари Роснер

ОБ АВТОРЕ

Хиллари Роснер (Hillary Rosner) — независимый журналист из Колорадо, писала статьи для *National Geographic*, *New York Times*, *Wired* и других изданий.



В

Ванкувере на поле, расположенном через дорогу от жилых домов, примерно 500 пушистых ситхинских елей тянутся навстречу солнцу. Хотя семь лет назад все ели треугольной формы с густыми темно-зелеными иглами посадили в одно и то же время, теперь их рост различается как у детей в начальной школе, выстроившихся для фотографирования.

Самые маленькие деревца, высотой чуть более полуметра, родом с острова Кадьяк на Аляске, а высокие, двухметровые — из Орегона. Но внешне они отличаются не только по высоте. У елей с Аляски почки образуются на три месяца раньше, чем у деревьев из Орегона; они остаются зелеными и здоровыми, как бы низко ни упала температура.

Деревья были высажены на краю этого поля на территории Университета Британской Колумбии в рамках эксперимента, чтобы посмотреть, как они приспособятся к местным условиям. Вроде бы очевидно, что новый климат подходит им. Однако важны подробности самого процесса, поскольку над лесами нависла угроза: их среда обитания меняется из-за глобального потепления, а деревья не могут сами поменять место жительства. Если вид не успевает приспособиться к климатическим изменениям, он обречен.

Поскольку деревья не способны сами перемещаться, ученые ищут новый способ решения проблемы: перенести ДНК. Для этого директор университетского центра сохранения лесных генетических ресурсов Салли Айткен (Sally Aitken) посадила ели. Она надеется сберечь леса

в Британской Колумбии и в других местах земного шара; возможно, это удастся сделать с помощью методики под названием «содействие переносу генов». Перемещая обладающие нужными признаками организмы из одной части их природного ареала в другую, можно помочь видам приспособиться к новым условиям. У деревьев из Орегона и Аляски, возможно, есть отдельные гены, которыми они могли бы обмениваться с пользой друг для друга. Но без вмешательства человека они бы никогда не встретились.

Исполняя роль свахи, лесник мог бы взять семена ситхинской ели или скрученной сосны, растущих, например, на небольшой высоте, и посадить их выше по склону. Поскольку в связи с потеплением температура на склонах сейчас стала выше, переселенные деревья смогут там вырасти и скрещиваться с местными, распространяя гены, обеспечивающие приспособленность к более высокой температуре по всему ареалу и тем самым помогая лесу приспособиться. Содействуя переносу генов, можно протянуть видам эволюционную руку помощи.

Вы не можете просто взять дерево из Орегона, посадить его в находящейся за 1 тыс. миль Британской Колумбии и ждать, пока там поднимется температура. Этого нельзя делать, поскольку местные растения приспособлены к определенным условиям. Скрученная сосна, например, растет в разных областях на большей части территории Канады. У некоторых деревьев этого вида есть гены, позволяющие лучше переносить жару, холод, засуху или защищаться от местных болезней и вредителей. Если холодный атмосферный фронт из Арктики пройдет через Ванкувер, то посаженные там деревья из более теплых регионов пострадают. Айткен объясняет, что повышение теплоустойчивости надо производить маленькими шажками.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Леса на генетическом уровне адаптируются к определенным условиям, но климат меняется быстрее, чем деревья успевают приспособиться.
- Чтобы не дать лесу погибнуть, ученые сажают деревья с генами, обеспечивающими устойчивость к изменению влажности и температуры, рядом с деревьями, у которых таких генов нет. И эти растения могут скрещиваться между собой.
- Такая методика называется «содействие переносу генов», и сейчас ее испытывают на деревьях из различных климатических зон Британской Колумбии.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПОГОДЫ НА ДЕРЕВЬЯ

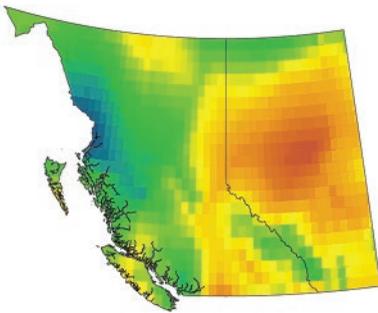
Ученые сравнили прошлые и нынешние погодные условия, чтобы выявить тенденции изменения погоды в Британской Колумбии и Альберте и оценить, насколько в дальнейшем условия будут отличаться от тех, которые влияли на деревья во второй половине XX в. Ученые собрали результаты наблюдений на метеорологических станциях с 1961 по 1990 г. Эти данные исследователи сравнили со средними показателями за 1997–2006 гг. Они отмечали, стал ли за последнее время климат более влажным, сухим, теплым или не было изменений по сравнению с предыдущим периодом. Выяснилось, что вдоль тихоокеанского побережья климат стал значительно более влажным, и ученые считают, что с этим связаны вспышки ранее редко встречавшегося заболевания, вызывающего повреждения сосновой хвои. В то же время в центральной части стало суше, и с этим может быть связана гибель там елей и осин. Зимы везде стали теплее, позволив горному сосновому жуку распространиться по большим площадям леса. (Методика проведенного анализа опубликована в журнале *Agricultural and Forest Meteorology* в 2009 г.)

Изменение осадков

Отличие от среднестатистического показателя (процент)



Суше Без изменений Влажнее

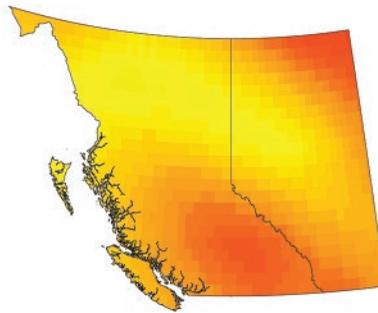


Изменение зимних температур

Отличие от среднестатистического показателя (градусы Цельсия)



Без изменений Теплее



Выяснить, как надо сегодня подбирать семена, чтобы они соответствовали климату, который будет завтра, — непростая задача. Но для Британской Колумбии, где треть экспортной продукции составляет лес и половину лесного покрова — коммерческие леса, это жизненно необходимо. Местный закон требует, чтобы после проведения лесозаготовок лес был посажен заново для поддержания возможности дальнейших заготовок и сохранения здоровья экосистемы. Ежегодно высаживается примерно 250 млн семян. Откуда поступают семена и насколько далеко их можно перемещать — сложный и насущный вопрос. Если сделать это неправильно, то в течение нескольких десятилетий лес будет обречен.

В эксперименте с ситхинскими елями использовались деревья из 14 различных мест обитания, от центральной Калифорнии и до Аляски. В ходе исследования было выявлено 35 фрагментов ДНК, связанных с холодоустойчивостью и сроком образования почек. Сейчас Айткен с коллегами анализируют еще больше геномов деревьев в поисках генов, отвечающих за синтез белков, связанных с другими экологическими особенностями среды.

словосочетание «содействие переносу генов» при написании статьи в 2013 г. В последнее десятилетие ученые и защитники природы обсуждают более масштабную идею содействия миграции: речь идет о перемещении видов на большие расстояния, за пределы их естественных ареалов. Однако содействие переносу генов внутри ареала — это более аккуратный подход к генетическим преобразованиям. Через несколько лет, когда проект *AdapTree* будет завершен, ученые получат информацию о ДНК-последовательностях 12 тыс. елей и скрученных сосен более чем из 250 популяций с разных концов Британской Колумбии и Альберты.

Климатические зоны

В 1970-х гг. по распоряжению правительства Британской Колумбии была создана карта области, на которой были выделены биогеоклиматические зоны. Она использовалась при лесном планировании на западе Канады в течение четырех десятилетий, помогая определять, где какие семена можно сажать. Однако сегодня из-за климатических изменений почти четверть карты неактуальна. Некоторые зоны сместились, другие резко уменьшились.

Ученые надеются, что удачные аллели этих генов можно будет распространить по тем популяциям деревьев, которым нужно приобрести такие свойства в связи с климатическими изменениями.

Более масштабный проект, который называется *AdapTree*, должен проложить путь для будущих программ содействия переносу генов, которые будут созданы по всему миру, чтобы сохранить виды, играющие ключевую роль в экосистемах. Например, кораллы в море обеспечивают пищей и укрытием многие другие виды. Ученые из США, Абу-Даби, Катара и Австралии предложили перенести кораллы из Персидского залива в Тихий и Индийский океаны, чтобы способствовать распространению генов устойчивости к высокой температуре. А на американском Среднем Западе в результате работ по восстановлению пастбищ было показано, что важно использовать семена из разных районов.

Айткен вместе с популяционным генетиком с факультета зоологии Майклом Уитлоком (Michael Whitlock) придумали

Высокогорные зоны и некоторые внутренние плато уже потеряли около половины своих лесов и могут потерять до 80% к 2100 г. Возможно, что уже сейчас там вообще не растут деревья, из чьих семян можно было бы получить растения, хорошо себя чувствующие в этом месте. Там могут образовываться экосистемы, кардинально отличающиеся от того, что было раньше, хотя вопрос, каковы должны быть изменения, чтобы экосистема начала «кардинально отличаться», остается спорным.

Сможет ли конкретная популяция приспособиться к изменениям, отчасти зависит от того, с какой скоростью размножаются организмы. В каждом новом поколении могут возникать и новые полез-

Айткен признает: «Мы имеем дело с движущейся мишенью. Хотим ли мы, чтобы климат был наиболее благоприятным для деревьев, когда они только посажены? Или когда им десять лет? Или 30?» Один из способов уменьшить риск — это повысить разнообразие, т.е. использовать семена из разных областей. «Не надо засаживать все гектары одинаково. Нельзя строить планы на основе единственного предполагаемого сценария изменения климата», — считает Айткен.

Содействие переносу генов может оказаться хорошим способом повысить генетическое разнообразие леса, добавляя в генофонд аллели, которые помогут деревьям продержаться. Когда условия



ные свойства. Поэтому быстро размножающийся жук-короед имеет гораздо больше шансов приспособиться, чем долго растущее и медленно размножающееся дерево. За время жизни одного жука климат не успевает сильно измениться. А вот деревья становятся свидетелями глобального потепления.

Лесопосадки подвергаются наибольшему риску в течение первых 20 лет жизни. Подросшие деревья гораздо более устойчивы, и, как говорит Брэд Сент-Клер (Brad St. Clair), исследователь-генетик из Лесной службы США в Корваллисе, штат Орегон, «могут продержаться некоторое время». Но в эпоху глобального потепления местные условия могут значительно измениться за два решающих десятилетия.

Сент-Клер объясняет: «Если вы хотите посадить на высокогорье что-то, хорошо приспособленное к будущим климатическим изменениям, нужно, чтобы сейчас оно было устойчиво к холоду». Другими словами, если посадить теплолюбивые деревья на территории, где вскоре будет теплый климат, сейчас у этих деревьев возникнут проблемы, поскольку пока что здесь холодно.

Семена на замену. Для проекта *AdaptTree* собираются семена из разных мест обитания (1). Саженцы сосны, выращенные в парнике для участия в проекте (2), имеют разную форму (3). Некоторые иголки проверяются с помощью датчика (черный стержень) с целью выяснить, могут ли они выдерживать минусовые температуры (4).

среды изменятся, некоторые деревья могут пострадать, но у других будет генетический материал, который поможет лесу в трудные времена. Айткен говорит: «Поскольку более приспособленные будут лучше размножаться, мы рассчитываем, что популяция восстановится». По ее словам, важнейшая задача — сохранить достаточно здоровых деревьев, которые бы выжили и размножились в то время, когда будет происходить процесс адаптации.

Айткен — заядлый турист и любитель ходить на лыжах по лесу, у нее домик в лесу в центральной части Британской Колумбии. Она надеется, что ее работа поможет формированию новой, разносторонней системы ведения лесного хозяйства. Айткен считает, что если не начать содействовать переносу генов, деревья на северных и южных границах ареала начнут слабеть. По ее словам, деревья могут существовать длительное время, но при этом прекратят размножаться, с эволюционной точки зрения это будет гибелью. Она добавляет, что такие деревья образуют «страну живых мертвецов». Что хуже всего — они захватывают пространство и солнечный свет, которые необходимы молодым

саженцам. Ближе к центру ареала все могло бы быть не так драматично. Но и там деревья будут расти медленнее и чаще погибать. Айткен рассуждает: «Означает ли это, что растущие там популяции обречены? Скорее всего, нет. В популяции много разных особей. Вид не исчезнет. Но я думаю, что какое-то время мы будем наблюдать очень нездоровые леса». Плохое здоровье леса нанесет урон другим растениям и животным, поскольку деревья — основа всей экосистемы, они предоставляют пищу и убежище, регулируют водный режим и предотвращают эрозию почв.

По словам Айткен, во всем мире мало внимания уделяют искусственному перемещению растений



в пределах ареала. Экологические риски при этом меньше, чем при пересадке чужеродных видов деревьев, поскольку чужие виды уже не относятся к этой экосистеме, хотя и могут иметь некоторые полезные черты.

Но риск существует и при содействии переносу генов. Например, могут быть занесены гены, снижающие шансы популяции на выживание. Генетик из Мельбурнского университета Эндрю Уикс (Andrew Weeks) говорит: «Есть риск, что будут занесены нежелательные аллели». А затем добавляет, что скорее всего проблема решится сама собой: «Вот в чем прелесть естественного отбора, который отсеет неподходящие варианты. А за счет увеличения генофонда популяция получит больше шансов на выживание в будущем».

Учитывая, что леса приносят Британской Колумбии \$10 млрд в год, предотвращают наводнения и препятствуют эрозии почв, бездействие может оказаться крайне рискованным. Британская Колумбия уже видела, что может сделать с лесом глобальное потепление. С середины 1990-х гг. нашествия жуков и лесные пожары, возникновение которых связывают с потеплением, уничтожили миллионы акров леса и сотни домов. Грег О'Нилл (Greg O'Neill), научный сотрудник министерства лесов, земель и природных ресурсов Британской

Колумбии, говорит: «Мы получили множество сигналов о происходящих изменениях климата». По словам О'Нилла, из-за насекомых и пожаров население теперь осознает, что климатические изменения — не абстрактное будущее, а реальное настоящее.

Потери подтолкнули местные власти к действиям. В 2009 г. в Британской Колумбии начали пересматривать правила перемещения семян. В том же году О'Нилл решил способствовать переселению лесов с надеждой определить, можно ли лесникам высаживать деревья других видов после вырубки и где и как это стоит делать. На 48 пробных участках в разных местах Канады и западной ча-



сти США от Уайтхорса до Сакраменто исследователи высадили 15 видов деревьев, имеющих коммерческую ценность, переместив растения из их природных ареалов, в некоторых случаях удаленных на тысячи миль.

По словам О'Нилла, такие экстремальные переселения делаются исключительно в исследовательских целях, чтобы получить наиболее полную картину того, как деревья будут приспосабливаться к переезду. В больших масштабах так делать не планируется. Любые фактические изменения видового состава высаживаемых деревьев будут происходить постепенно. Сейчас важно собрать информацию вроде «не высаживайте эти деревья ниже по склону» или «их нельзя сажать южнее». На каждой пробной площади есть метеостанция, и в ходе исследований выяснится, как рост и развитие саженцев соотносятся с местными условиями. Затем, по словам О'Нилла, ученые смогут предсказать, как деревья отреагируют на климатические изменения.

Генетический анализ, который проводится в рамках проекта *AdapTree*, позволит еще одним способом предсказать, как деревья смогут приспособиться. Ученые рассматривают последовательности ДНК, состоящие из миллионов участков, взятых из генома ели и скрученной сосны.

Они разработали метод быстрого тестирования, подобный используемому при проведении генетических анализов у человека компанией *23 And Me*, когда исследуют около 50 тыс. коротких участков ДНК, в которых смотрят однонуклеотидные полиморфизмы (ОНП). Когда это будет сделано, они начнут «копать», как выражается Айткен, надеясь выявить те полиморфизмы, которые обеспечивают дереву приспособленность к его родным условиям. Благодаря предварительной работе с 600 молодыми деревьями в рамках проекта *AdapTree* были выявлены генетические маркеры, связанные с большинством особенностей, позволяющих деревьям из разных регионов расти и справляться с холодом, жарой и различной степенью влажности.

С тех пор как люди стали сажать деревья, семена переносили через реки, в другие деревни, через континенты и океаны. Часто это заканчивалось гибелью растений

С помощью проекта *AdapTree* получено огромное количество первичных данных. Если их напечатать на обеих сторонах стандартного листа бумаги и сложить листы стопкой, то ее высота составит 150 км. И это только часть информации. Сейчас ученые выясняют, как гены на самом деле работают, как реализуется заложенная в них информация, когда деревья сталкиваются со стрессом, таким как засуха или высокие температуры.

Леса будущего

Несколькими градусами южнее специалисты из Лесной службы США начали оценивать плюсы и минусы методики содействия переносу генов. По словам Сент-Клера, пока все это находится на уровне многочисленных обсуждений и споров. Так сложилось, что в США лесники не обращали внимания на различные вариации климата внутри зон, где они собирают и высаживают семена. Предполагалось, что в пределах одной зоны можно перемещать семена и температура не будет отличаться настолько, чтобы это было значимо для здоровья растений.

Сейчас лесники в целом согласны, что если активнее перемещать семена из разных зон, то результат может быть лучше. С тех пор как люди стали сажать деревья, семена переносили через реки, в другие деревни, через континенты и океаны. Гленн Хоу (Glenn Howe), специалист по генетике леса из Университета штата Орегон, говорит:

«Если вернуться в прошлое, вы увидите, что люди перемещали семена постоянно, и часто это заканчивалось гибелью растений». Отчасти в результате таких неудач со временем лесоводы начали избегать риска. На Западе США зоны, внутри которых можно переносить семена для посадки, узкие и неизменные. По словам Хоу, это, вероятно, было уместно при постоянном климате, но поскольку он меняется, чрезмерная консервативность может создать проблемы.

Британская Колумбия в этой области более продвинута, но и тут есть сложности. Помимо научной проблемы есть еще вопросы управления. Семян, которые хранит государство в специальном центре, достаточно, чтобы вырастить более 6 млрд деревьев, и работу данной системы нельзя поменять в одночасье. Непросто изменить и человеческое поведение: ученым надо будет убедить тех, кто управляет ресурсами, поверить в информацию, полученную генетиками, даже если эти данные не видны в полевых исследованиях. И, как говорит Айткен, необходимо все нуклеотидные полиморфизмы и результаты секвенирования «перевести на понятный для лесников язык».

Ведь в конечном итоге на основе всех этих фрагментов ДНК создаются живые, дышащие деревья, от которых мы зависим и в нашей естественной среде обитания, и при создании искусственной. Для того чтобы процветать в нашем меняющемся мире, некоторым из них надо будет перейти на новое место. И для этого им нужна наша помощь. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Пауэлл У. Генетическое возрождение американского каштана // ВМН, № 5, 2014.
- Placing Forestry in the Assisted Migration Debate. John H. Pedlar et al. in *BioScience*, Vol. 62, No. 9, pages 835–842; September 2012.
- Assisted Gene Flow to Facilitate Local Adaptation to Climate Change. Sally N. Aitken and Michael C. Whitlock in *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Vol. 44, pages 367–388; November 2013.
- Evaluation of Demographic History and Neutral Parameterization on the Performance of FST Outlier Tests. Katie E. Lotterhos and Michael C. Whitlock in *Molecular Ecology*, Vol. 23, No. 9, pages 2178–2192; May 2014.
- Проект AdapTree: <http://adaptree.forestry.ubc.ca>
- Рассказ биолога Салли Айткен про содействие перемещению генов см. по адресу: ScientificAmerican.com/aug2015/moving-genes

Всё, всем, всегда ДОСТУПНО



Номера журнала за все годы
читайте в **любом удобном** для вас формате

ПОДПИСКА

12 или 6 номеров журнала
в год, рассказывающих
о последних открытиях в мире
науки, медицины и технологий

АРХИВЫ НА DVD

Более 360 номеров журнала
и более 5000 статей для
поиска нужной информации.
1983–2014

ЦИФРОВЫЕ РЕСУРСЫ

Мгновенный доступ
к текущему номеру
и архиву с января 2012 г.
с вашего iPad

www.sciam.ru/projects/dvd-electronic-catalogue

**В мире
науки** SCIENTIFIC
AMERICAN

Ежемесячный
научно-информационный
журнал



ВКУС
ЗИМНЕГО
ХЛЕБА





Когда я прихожу весной на поле, вижу, как поднимаются растения. Они зеленые, крепкие. Такое впечатление, будто для них холодов и снега не было. Я им говорю: «Спасибо, ребята, что вы хорошо перезимовали!»

«Великих людей питает труд» —

более точное определение найти сложно. Эти слова Сенеки человечество пронесло сквозь столетия, и я каждый раз вспоминаю их, когда встречаюсь с академиком

Багратам Исменовичем Сандухадзе.

Могу смело назвать его великим тружеником, и в этом нет никакого преувеличения. После каждого сбора урожая ему положено просматривать 500 тыс. колосьев, и он это делает регулярно вот уже более полувека. Этот выдающийся селекционер и ученый совершил чудо, в существовании которого сомневались все — и лишь он один шел упорно к своей цели, убежденный, что способен победить. Он выращивает хлеб там, где, казалось бы, это сделать невозможно.

Как выглядит чудо?

СЕЛЕКЦИЯ ПШЕНИЦЫ: ВЕХИ ИСТОРИИ

В одной из своих научных работ Б.И. Сандухадзе пишет:

«Центральный район Нечерноземья еще в начале XX в. не был зоной возделывания озимой пшеницы. Исторически сложилось, что этот район был зоной серых хлебов и прежде всего озимой ржи. Менее чем за столетний период произошло морфобиологическое преобразование озимой пшеницы от высокорослой, низкоурожайной и низкоадаптивной к условиям возделывания до высокоадаптивной и пластичной, короткостебельной с высоким потенциалом урожайности и качества. Такая метаморфоза стала возможной только благодаря кропотливой целенаправленной научной селекции, которая, используя новые современные методы, позволяет достигать цели и ставить новые задачи по более полному раскрытию биологического потенциала озимой пшеницы. Еще в 1935 г. Н.И. Вавилов писал:

«Ни по одному растению не проведено столь обширной селекционной работы, как по пшенице. На примере пшеницы можно видеть наглядно современное состояние теоретической селекции и генетики, можно проследить пути современной селекционной работы <...>. Тысячелетия над пшеницей сознательно и бессознательно работали поколения селекционеров». Современные сорта озимой пшеницы селекции НИИСХ ЦРНЗ в начале XXI в. занимают миллионы гектаров во всех областях центра Нечерноземья, тогда как в начале XX в. возделывание этой культуры имело очаговый характер».

Портрет Николая Ивановича Вавилова висит в кабинете академика Сандухадзе, и он по праву считает себя одним из учеников великого ученого.

— **Слух пошел в академии наук, что в «Немчиновке» случилось чудо и автор его — академик Сандухадзе. Раскройте тайну, Баграт Исменович?**

— В этом году произошло важное событие: впервые был получен рекордный урожай озимой пшеницы. В сортоиспытаниях мы перешагнули рубеж в 100 центнеров с гектара, а отдельные номера дали 133,7. Это на землях Подмосковья! Здесь земли очень бедные, мало вносятся извести, органических удобрений... Когда в 1963 г. я сюда приехал, гумуса было 4,7%, а сейчас 0,9%, т.е. почвы сильно истощились. И на таких землях мы получили отменный урожай!

— **И в чем же тайна успеха?**

— В селекции.

— **Странно: почвы становятся беднее, а урожай у вас все больше и больше?**

— Конечно, мы даем немного удобрений, проводим защиту растений, но решающую роль все-таки играет сорт.

— **Тот, который вы создали? Но ведь многие зарубежные ученые в Канаде и Германии не верят, что в Подмосковье можно получать такие урожаи!**

— Я им говорю: приезжайте, посмотрите... За последние 40 лет резко упало качество зерна. Это проблема номер один во всем мире. Как сочетать высокий урожай с высоким качеством зерна? Мне только что из лаборатории принесли данные о белке. У наших сортов, которые дали

по 120–130 центнеров с гектара, процент белка 14,7–14,8. Это выше международного стандарта.

— **Такое впечатление, что вы работаете не в Подмосковье, а на Кубани.**

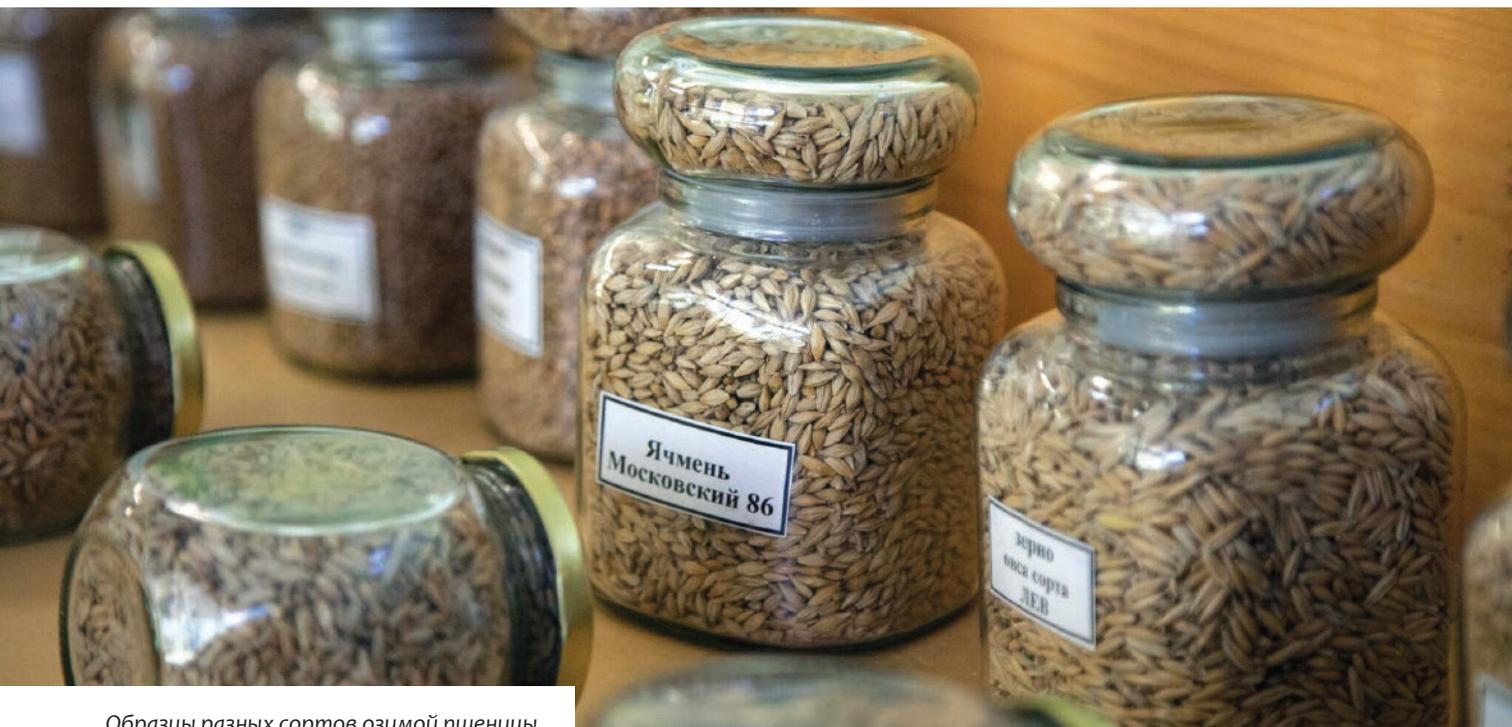
— Там прекрасные селекционеры. Кстати, наша страна должна гордиться не только космическими конструкторами и создателями атомной промышленности, но и великими селекционерами, такими как П.П. Лукьяненко, В.Н. Ремесло, И.Г. Калининко и многие другие. И сейчас работают прекрасные ученые, специалисты высочайшего класса, но их имена широкой общественности неизвестны. Почему именно на них я концентрирую ваше внимание? Дело в том, что селекция — это самый дешевый способ поднятия урожайности сельскохозяйственных культур.

— **Звучит сверхактуально.**

— Чтобы получить сегодня хороший урожай, нужны сорт и техногенные факторы. Сорт — это дешево. Приехал ко мне специалист, заплатил копейки и получил четыре мешка зерна. Он размножает их, и это ему ничего не стоит. А техногенные факторы — это уже миллиарды.

— **Что вы подразумеваете под понятием «техногенные факторы»?**

— Это защита растений, пахота, удобрения и т.д. — т.е. все, что сопутствует росту растений и их урожайности. Однако у этих факторов есть предел возможностей. Например, они не могут обеспечить зимостойкость, устойчивость к болезням.



Образцы разных сортов озимой пшеницы

— **А химия?**

— С ее помощью можно кое-чего добиться, но следует помнить об экологии. Почвы уже перенасыщены вредными веществами. На Западе это давно знают, а потому буквально завалили нас разными веществами, которые давно не приносят никакой пользы. Мы же выводим сорта, которым не нужны никакие препараты. У меня появились сорта, которые я абсолютно ничем не обрабатывал перед посевом. И, представьте, мучнистой росы нет, ржавчины нет, других болезней нет. Качество зерна очень хорошее. Хлеба не полегают, что очень важно.

— **В этом году погода преподносила сюрпризы: то ливни обрушатся, то град...**

— Хлеба везде полегли, а наши стоят. Хожу — люблюсь. Сейчас я отправил их в разные лаборатории, пусть изучают, исследуют, чтобы я поскорее их ввел в жизнь.

— **Почвы бедные, удобрения начинают вредить растениям, нужны только гербициды, чтобы бороться с сорняками. А как же урожай?**

— Все берет на себя сорт. Мы создаем сейчас сорта, у которых несколько десятков признаков, из них главные — урожайность, качество зерна и устойчивость к болезням. По урожайности (причем не только в этом году, но и уже четыре года подряд!) — 110–120 центнеров с гектара. А что было 40 лет назад? 45–50 центнеров.

— **Простите, но, как известно, под Москвой выращивали пшеницу, которую надо было «усиливать», чтобы выпекать хлеб. И такие пшеницы привозили с Кубани или Поволжья.**

— Улучшатели...

— **Вот именно! А сейчас привозить не нужно?**

— Важнейший показатель работы нашего института — качество хлеба. Еще лет 30 тому назад в нашей академии я поднял вопрос об этом. Но тогда я не смог убедить своих коллег в том, что озимая пшеница может стать главным продуктом в нашей зоне. Мне тогда доказывали, что граница ее выращивания — район Харькова, а севернее ее использовать нельзя. Я же говорил, что получаю урожаи озимой пшеницы в Подмоскovie, причем на больших площадях. Но мне не верили, поскольку никто в мире не получал высокие урожаи озимой пшеницы в северных районах с высоким качеством зерна.

— **Сейчас скептиков стало меньше?**

— Конечно. Кстати, некоторые фермеры в Англии получают сейчас 150 центнеров с гектара. Да, у них условия получше, чем у нас. Но я поставил себе цель не только догнать их, но и получать до 200 центнеров с гектара.

— **Фантастика!**

— Она должна стать реальностью.

— **И все-таки очень интересно: как случаются открытия?**

— Убираю с 15 делянок урожай, все привычно, нормально. И вдруг на 16-й делянке вижу стекловидное зерно — необычное, крупное. Душа возрадовалась: ясно, что в моем распоряжении нечто очень хорошее, важное, перспективное. Я сразу пошел в лабораторию, чтобы определить белок и качество. Удача!.. На следующий год все

Из рассказа академика Н.В. Цицина, который некоторое время руководил институтом в Немчиновке:

— Мне посчастливилось встречаться с И.В. Мичуриным. Тогда я был еще студентом. Мичурин водил по своему участку, рассказывал о работе, показывал результаты. А когда прощались, он вдруг начал расспрашивать о том, чем мы занимаемся. Я признался, что вот уже два года пытаюсь вывести новый сорт пшеницы, но результатов пока нет. «Скрестить пшеницу с пшеницей всякий сможет, — сказал Мичурин. — Вот если бы найти для пшеницы сильного производителя, тогда другое дело».

Слова, сказанные вскользь великим селекционером, натолкнули меня на поиски такого растения. Пырей — сорняк, обладающий необычайной природной силой и названный в народе огнем полей, привлек мое внимание. Однажды в совхозе «Гигант» я обнаружил не виданную мной ранее форму пырея. И вот тогда-то и появились первые пшенично-пырейные гибриды. Это случилось в Сальских степях. Прошло много лет, прежде чем мы сдали в государственное сортоиспытание новые сорта.

Работаем на потоке, т.е. ежегодно можем сдавать в госсортоиспытание по одному-два сорта. И ничего странного в этом нет. У нас в «Снегирях» апробируются сотни готовых «кандидатов», и вполне естественно, что каждый год рождаются новые сорта. Много лет назад шли разговоры о том, чтобы селекционеры выводили сорт за два-три года.

Я уверен, что создать по-настоящему хороший сорт за это время невозможно. Иногда нужно работать десятки лет. Другое дело, если есть большой задел. С пшенично-пырейными гибридами у нас дело налажено. Одни сорта сдаются в госиспытание, с другими проводятся эксперименты, третьи только начинают зарождаться. И у селекционера должен быть конвейер, а потому главное — задел.

В селекции подчас происходят удивительные вещи. Хотите еще одно «чудо»? Вот колос, похожий на метелку пырея. Да, он невзрачный на вид, но если у обычной пшеницы зерна белые, рыхлые, то у этой плотные, зеркальные. Они чем-то напоминают алмазную крошку. Я назвал этот сорт «усатая пшеница», очень уж мягкие у нее «усы». Если высевать три с половиной центнера зерна на гектар, то на поле вырастает зеленая щетка. Она закрывает землю, сорняки забиваются, гибнут. Урожай очень высокий! А о стекловидности можете судить сами. Придется воспользоваться дедовским способом — попробовать на зуб.

Главное в работе селекционера — творчество, которое требует постоянного поиска, нестандартных решений, умения находить иголку в стоге сена и всегда быть любознательным. На мой взгляд, труд селекционера настолько интересен и неповторим, что он всегда будет востребован. И сейчас, и через полвека... в общем, всегда!

подтверждается — значит, рождается сорт. Оказывается, в нашей зоне во время налива зерна идут дожди. Например, если во время созревания клубники холодно и дождливо, ягода кислая. С малиной ситуация та же. Если стоят солнечные дни, клубника и малина сладкие. И пшеница на погоду должна реагировать, но вдруг выясняется, что мы нашли сорт, который негативные влияния погоды нивелирует, снимает. Есть дождь или нет, холодно или нет, все равно — 13–14% белка, а иногда даже и до 20%! Так мы решили второй важнейший вопрос после урожайности — высокое качество зерна. А что дальше? Как быть с болезнями? Здесь идут дожди, а потому много мучнистой росы, очень много ржавчины, другие опасные болезни. И никто не верит, что их можно победить. Один сорт я выращиваю уже 20 лет, и он не поражается ржавчиной. Специалисты взяли этот сорт, искусственно попытались заразить его ржавчиной — не получается! Тем не менее скептики еще есть. Я создал новый сорт, назвал его «Немчиновская 17». Он абсолютно устойчив к полеганию, у него очень хорошее качество зерна. Недавно мне позвонили из Воронежской области и сообщили, что такого качества зерна у них еще не было.

— Это та пшеница, которая не легла во время бури, пронесшейся по Подмосковию летом?

— Да, тот самый сорт. Я понимаю чувства агронома, который видит, как наливается зерно. Он радуется: будет хороший урожай. Но ночью слышит, как начинается дождь и поднимается ветер. На рассвете выходит на поле, видит, что пшеница полегла. Иногда теряем урожай полностью. К сожалению, для хлебороба картина нередкая. 40 лет я занимаюсь селекцией пшеницы, и устойчивость к полеганию для меня вопрос номер один. Так что своими устойчивыми к полеганию сортами я спасаю наших агрономов, работников сельского хозяйства. И они меня прекрасно понимают и поддерживают.

— И все-таки что в основе вашей работы?

— Собираю гены со всего света, высеваю коллекции, изучаю их один-два года, отбираю наиболее интересные и стараюсь передать положительные гены нашим сортам. Работа скрупулезная, но очень интересная.

— Коллекцией Н.И. Вавилова пользуетесь?

— Конечно. И всегда помню его слова: «Генотип должен превалировать над средой». Я не боюсь, что семена не перезимуют. Когда я прихожу весной на поле, вижу, как поднимаются растения. Они зеленые, крепкие. Такое впечатление, будто для них холодов и снега не было. Я им говорю: «Спасибо, ребята, что вы хорошо перезимовали!»

О селекции для чайников



В лаборатории идет проверка качества зерна

— Селекция — это отрасль растениеводства. С ее помощью выводятся совсем новые сорта с качествами, которые в природе чаще всего не встречаются, такими как продуктивность, устойчивость к болезням, качество зерна. Причем эти качества можно улучшать бесконечно. Об этом я говорю с высоты своего опыта работы с озимой пшеницей.

— **Это природа или разум человеческий?**

— Их единение. Мы работаем в довольно суровой зоне, но природа, как ни странно это звучит, мне помогает. Во время суровой зимы некоторые растения погибают, не выдерживают холода. Остаются крепкие, хорошие. И тем самым природа подсказывает мне, каким путем надо идти. А далее уже вступает в дело человеческий разум. Может быть, «хороших» растений 100 или даже больше, но тебе нужно отобрать именно то, которое станет родоначальником следующего сорта. Поэтому у нас селекционная работа в основном — это отбор и скрещивание.

— **То есть в стоге сена найти иголку?**

— Можно и так сказать. Поработал я 15 лет, а результатов не было. Кстати, необычного в этом ничего нет, т.к. селекционеров много, а сортов они выводят мало. Из сотни специалистов только трое четверо выводят сорт, а остальные — так называемый селекционный материал, который в сорт не превращается.

— **Удача нужна?**

— И искусство тоже.

— **А сколько времени живет сорт?**

— По-разному. У него, как и у людей, продолжительность жизни зависит от многих факторов. К примеру, знаменитой «Безостой 1» 50 лет. Обычно считается, что каждые пять лет надо давать новый сорт. Однако есть шедевры, они обладают такими признаками и качествами, что перебороть их нелегко. Это, например, сорт «Мироновская 808». Он высевался каждый год на 10 млн га. Понятно, что были разные климатические условия, но тем не менее сорт оставался рекордсменом. Гены готовы отвечать на любые условия, а потому сорт давал хорошие урожаи повсюду. «Мироновская 808» блестяще подтверждает вывод Н.И. Вавилова о превосходстве генотипа над средой. Если же наоборот, то беда: растение погибает или от холода, или от болезней. Сейчас у меня посеяно около 50 тыс. селекционных номеров, у каждого колышек. Ежегодно я должен посмотреть 500 тыс. растений, из них отбираю 1,5–2 тыс. для следующего пересева. Что отбирать? С какими признаками? Здесь и проявляется искусство селекционера. Постепенно накапливается опыт. И сейчас уже растение выколосилось, и я могу сказать, сорт это или не сорт. Уже не ошибаюсь.

— **Но селекционеру надо начинать с ошибок?**

— Иначе не бывает. Только с возрастом, с опытом селекционер становится хорошим специалистом. Тысячи снопов убираем мы каждый год, и каждый проходит через мои руки. По старинке убираем, серпом, чтобы ничего не пропустить. Все признаки видны опытному глазу. Бывает, колосья внешне хорошие, а пощупаешь — там вата, зерна нет... В 1957 г. создали комиссию в ЦК партии, которая должна была поехать на Украину и проверить там урожай. До уборки было еще полтора месяца. Комиссия побывала на полях, а потом доложили, что урожай будет около 50–60 центнеров с гектара. Началась уборка. Урожай — 18–22 центнера. Что же случилось? Оказалось, надо убирать пшеницу, но вдруг пошел дождь. Как у нас в этом году. Каждые сутки пшеницы становится меньше на полтора центнера. Дождь — солнце, дождь — солнце... Щупаешь колос, а там пусто.

— **И вы это сейчас почувствовали?**

— Нет. Мои сорта выстаивают и в такую погоду! Этот год, необычный и крайне капризный, мне очень помог.

— **Чем же?**

— Пшеница выросла выше примерно на 25 см, чем в обычные годы. Это из-за умеренного тепла и осадков. Вот пшеница и вымахала в рост. И она стояла! Не полегла. Это очень важно. Если твой сорт выдерживает самые критические условия, значит, он надежен.

— **Как известно, в Подмоскowie в прошлом пшеница не использовалась для выпечки хлеба. А у вас в институте есть своя пекарня. Зачем она?**

— Я хочу, как в Англии. Там 140 центнеров с гектара и высокое содержание белка. У меня такие же данные, хотя климат совсем другой. Из моей пшеницы можно не только выпекать хороший хлеб, но и даже использовать ее как «усилитель». Если раньше для этого мы брали пшеницу с юга, теперь в этом нет необходимости. В своей пекарне такой хлеб мы и получаем, проверяем все его характеристики, убеждаемся, что он полностью соответствует нашим требованиям.

НАУЧНЫЙ ПРОРЫВ

Из представления на Демидовскую премию, вице-президент РАН академик Г.А. Романенко:

«Б.И. Сандухадзе осуществил существенный научный прорыв в селекции озимой пшеницы, впервые создав для условий Центрального района сорта нового сортотипа — короткостебельные, зимостойкие, устойчивые к полеганию и наиболее вредоносным патогенам, с высоким качеством зерна и потенциалом продуктивности свыше 10 т зерна с гектара. Сандухадзе создал 13 сортов озимой пшеницы, из них “Заря”, “Янтарная 50”, “Немчиновская 52”, “Немчиновская 86”,

“Московская низкостебельная”, “Инна”, “Памяти Федина”, “Московская 39”, “Галина”, “Ангелина”, “Немчиновская 24”, “Московская 56”, “Немчиновская 57”, “Московская 40”, “Немчиновская 17” и другие. Эти сорта сочетают высокую урожайность и высокие хлебопекарные качества зерна. Благодаря созданию этих сортов озимой пшеницы Центральный район Нечерноземной зоны превратился в один из основных регионов производства продовольственной пшеницы».

Путь к вершинам науки

— **Баграт Исменович, вы родились в Грузии?**

— Да, в Западной Грузии, Зугдидский район.

— **Но там озимой пшеницы нет.**

— Честно говоря, я не думал, что буду заниматься селекцией. В юности меня интересовали литература, история и философия. Я ощущал себя гуманитарием. Но в Тбилисский университет не поступил, случайно оказался в сельскохозяйственном техникуме. Окончил его с отличием. Меня направили в Москву в Тимирязевку. Сдавал один экзамен — по физике, получил «отлично». В академии влюбился в девушку, она работала библиотекарем, мы поженились. Вернулся

в техникум директором опытного хозяйства. Одновременно преподавал растениеводство. Однако жене климат не подошел, врачи порекомендовали жить в центральной полосе России. Еще во времена студенчества я дважды был в «Немчиновке» — мы смотрели опытные поля. 3 августа 1963 г. я приехал сюда. Директор направил меня в лабораторию озимой ржи, где я проработал два с половиной года. В это время «Мироновская 808» вытеснила все сорта нашего института, ни один из прежних пшенично-пырейных сортов не смог с ней конкурировать. Именно тогда я и решил заниматься озимой пшеницей серьезно.



До 1979 г. мы ничего не могли противопоставить «Мироновской 808». На десять центнеров этот сорт давал больше других. Единственный недостаток был — это высокоростность. Иногда поля лежали до колошения. В результате — падение урожайности до нуля. Что делать? И тогда я начал «ремонт» этого сорта. Есть короткостебельные сорта, они не полегают. Но очень плохо зимуют, вымерзают сильно. Как их сделать зимостойкими? Я разработал схемы селекции. Короткостебельные насыщаю постоянно мироновскими. И так каждый год: отбираю зимостойкие и насыщаю мироновскими. И через несколько лет появились линии, которые зимуют на уровне «Мироновской 808», стебель укорочен и урожай на 10–15 центнеров выше. А как же с качеством? В академии мне говорили, что все равно эту пшеницу можно использовать лишь как фуражное зерно. Мол, в таких климатических условиях — во время налива зерна холодно и дождливо — ничего у меня не получится. Но я решил попробовать преодолеть и эту проблему. Не буду вдаваться в подробности, скажу, что однажды иду вдоль полянки и вижу, что зерно на ней полностью стекловидное. Неужели получилось? Бегу сюда в хлебопечкарню. Отдаю на исследование. Оказывается, белка на 3–4% больше. Я не поверил этому, потому что в последние 40 лет вместе с ростом урожайности качество зерна упало. Вот такая закономерность существует, не только у нас, но и во всем мире. Урожайность — выше, качество — ниже. А у меня наоборот! Фантастика! На следующий год все подтвердилось. У меня было всего восемь мешков. Одному знакомому председателю хозяйства в Ступинском районе я отдал четыре. Через три года он везет пшеницу на элеватор, в это время туда приходит машина из Старополя. Проводят анализы, выясняется, что наша пшеница намного лучше. Никто не поверил, что она выращена в Подмосковье!

— Лучше рекламы и быть не может!

— Хороший сорт в ней не нуждается. Достаточно взглянуть на зерно. Вот я высыпаю на стол из двух пакетиков зерно. В одном они крупные,

прозрачные. В другом — такие же, но меньше. Те, что крупнее — наши, а помельче — из Германии. Какая реклама здесь нужна? Все очевидно. Моментально все становится известно. Один год 200 тыс. га засевают в хозяйствах, на следующий уже 500 тыс. га, а сейчас уже 2,5 млн. Главное — сорт хороший. Что он дает? В нашем регионе, где проживает почти половина населения страны, мы можем обеспечивать — не на 10 или 15 лет, а навсегда! — зерном, качество которого лучше, чем в Саратове, Краснодаре и Ставрополе. У них белка в этом году 10–12%, а я получаю 15–17%. Таким образом, производственным зерном хорошего качества можно полностью обеспечить людей. Причем мы не заражаем землю разными химическими веществами.

— А это ведь большая беда?

— Конечно. Мы сеем пшеницу, а она не всходит. Дело в том, что на землю обрушивается огромная нагрузка из пестицидов, и почва уже не выдерживает. У нас же земля сохраняет свою исконную сущность, свою главную ценность — плодородие. Такое впечатление, будто сам сорт о своей земле заботится, не позволяет ей истощаться.

— Рядом с вашим институтом я видел поле, заросшее бурьяном...

— Эту землю у нас отняли. Ни одного метра нам не оставили здесь. Вот она и заросла бурьяном. Я просил хотя бы на год мне ее отдать. Не разрешили. Дали нам землю возле Внукова. Но и ее сейчас отнимают. Требуют, чтобы мы платили налоги. Более 100 млн нам насчитали. И здесь насчитали еще 4 млн налогов. Угрожают, что если не заплатим, то счета закроют.

— Как известно, ваши поля забраны под «Сколково». И сколько вам заплатили за это?

— Ничего не заплатили. Забрали поля — и все! Если бы я был частным селекционером и имел бы два-три гектара где-нибудь на Западе, давно был бы миллионером. А мы работаем на государство. Точнее, на многочисленных посредников, которые, подобно сорнякам, разрослись на наших полях в несметных количествах. Власть призывает

наших крестьян каждый год: сейте, сейте, сейте... Но ограничивается только призывами. Крестьянин не знает, что получит осенью. Это с бразильскими и иными фермерами заключаются договоры, в которых все расписано до копейки. У нас же такого нет, крестьянин работает в темноте, не только в прямом смысле этого слова, но и в переносном. Власть должна навести порядок в этой области, и тогда у нас будет изобилие не на словах, а на столах.

— Это не преувеличение?

— Нынешние санкции показали, что мы кормили поляков, бельгийцев, немцев, французов — в общем, крестьян всей Европы. И только о своих позабыли. А ведь именно им принадлежит будущее. Я не оговорился: российский крестьянин, как и в прошлом, может вновь вывести нашу страну в передовые. Сейчас мы в среднем получаем по 20–25 центнеров пшеницы с гектара. Последние три года в Подмосковье я получаю 100–110 центнеров. Таков разрыв между производителями и наукой. Надо наши методы перенести с опытных делянок на поля, и в этом должна быть главная забота властей. Не банкам нужно помогать, не всяким там менеджерам, а селекционерам и крестьянам. Я еду на свои поля и боюсь, что там уже какой-нибудь богатей поставил шлагбаум, захватил наши земли. И я знаю, что никто мне не поможет, власть будет на его стороне. Разве это нормально? Власти не знают, что на мировом рынке ситуация коренным образом изменилась. Раньше нашу пшеницу не покупали, т.к. она была плохой. Но теперь ее берут в первую очередь, поскольку качество ее намного лучше, чем у всех остальных. Почему же не воспользоваться такой ситуацией и не приложить все силы, чтобы поднять производство пшеницы на новый уровень? Заверяю, что все возможности для этого есть, и их появление обязано отечественным селекционерам, которые, невзирая на всяческие трудности, продолжают создавать прекрасные сорта.

— Насколько я знаю, есть сорт пшеницы, названный вашим именем.

— Коллеги приехали с юга на мой юбилей — мне исполнилось 85 лет, хвалили наши сорта, а потом сказали, что один из лучших своих новых сортов они решили назвать «Баграт». Не скрою, мне было приятно.

— Это справедливо.

— В жизни мне повезло: каждый год я живу надеждой, что получу новый сорт и он будет лучше предыдущего. Как известно, сколько бы ни работал селекционер, ему всегда не хватает одного года — мол, дайте мне еще один год, и я покажу вам то, о чем мечтал всю жизнь! Главное для всех селекционеров — это селекция и только она, поэтому они не думают о деньгах, о прочих привычных для большинства людей ценностях. Я могу

Из представления на Демидовскую премию:

«Уникален сорт “Московская 39” (1999). Впервые в условиях Нечерноземья удалось добиться стабильно высокого качества зерна с содержанием белка 14–15% и клейковины до 30% и более. Этот сорт признан сильной пшеницей.

Сегодня сорта озимой пшеницы селекции Московского НИИ сельского хозяйства “Немчиновка” возделываются в Российской Федерации на площади более 3,5 млн га. Ареал наиболее пластичного сорта “Московская 39” — это практически вся территория России, а также многие страны зарубежья, в том числе Канада и Турция».

уйти в консультанты, жить спокойно и достойно, не волноваться каждый раз, когда начинаются посевная или уборочная, но я этого не делаю, т.к. не могу жить без пшеницы, без гибридов, без поиска нового. Как же озимая пшеница без меня? Да и людей надо обеспечить хлебом, потому что, как говорил Некрасов, «никакая глыба золота не перевесит крошку хлеба».

— Кажется, что вы легко прошли по научной лестнице вверх. Это иллюзия?

— Если бы это было так! В мире есть четкое представление о селекции и селекционерах. Это особый мир, который живет по своим законам. Главное — опыт. За первые 20 лет, что я работал здесь, я ничего не вывел. А потом начал допускать меньше ошибок в исходном материале. Где-то к 60 годам я набрал форму, стал селекционером по-настоящему. Если посмотреть на других ученых, то П.П. Лукьяненко вывел свой знаменитый сорт в 61 год, В.Н. Ремесло — в 63 года, другие ученые — в таком же возрасте. Возраст для селекционера — важный параметр. Опыт для ученого — это гарантия того, что он найдет верный выход из любой ситуации.

— Чиновники сейчас считают, что ученых преклонного возраста нужно отправлять на пенсию...

— Они ошибаются. По крайней мере, в отношении селекционеров. С таким подходом к нашей области науки мы останемся без новых сортов, следовательно, без хорошего сельского хозяйства. Для селекции очень важно знать, что происходит в мировой науке. Надо внимательно следить за тем, как работают коллеги. Можно вывести хороший сорт, но если где-то есть лучше, значит этим нужно обязательно воспользоваться. Надо собирать коллекции сортов и их использовать. Новыми генами нужно обогащать свои сорта, и тогда успех обязательно придет. Каждый год я высеваю около 350–400 коллекционных номеров из Америки,

Франции, Канады, Германии, Турции, других стран. Изучаю эти сорта, выбираю лучшие, и те признаки, которых не хватает нашим сортам, стараюсь им придать. Это кропотливая работа, но абсолютно необходимая.

— **И вы делитесь с коллегами из других стран своими сортами?**

— Конечно. Это плодотворное сотрудничество, и связи у нас обширные. Опыт у меня большой, а потому сейчас ежегодно я могу давать два-три сорта. Испытания и отправка материалов отнимают много времени, но делать это необходимо.

— **В вашей лаборатории много сотрудников?**

— Шесть человек. Из них четверо с большим пенсионным стажем. Это очень ценные сотрудники! и двое-трое молодых. Но поверьте, не от количества сотрудников зависит селекция, а от умения наблюдать и видеть в мире природы то, что вам необходимо. Если это происходит, ученый состоялся. А возможности у нас большие.

— **Что вы имеете в виду?**

— Нашу страну, Россию. Сейчас мы получаем 100 млн т зерна. В ближайшие два-три года мы можем этот урожай удвоить. Это действительно так, но необходимы усилия правительства и властей всех уровней. А через 10–15 лет можем утроить! Сейчас в мире производят порядка 650 млн т зерна, а нам по силам производить половину этого количества.

— **Звучит фантастически.**

— Сегодня мы занимаем пятое место в мире по производству зерна. А можем быть первыми! У нас огромные массивы земли, на ней можно использовать новую технику и благодаря этому производить самое дешевое зерно в мире.

— **Мечты?**

— Это не мои слова, а одного из руководителей Всемирного валютного фонда, и слышал я их в Германии на одном из конгрессов по хлебу. И он прав. Природные условия России позволяют быть лидером по зерну.

— **Оказывается, наилучшие инновации, о которых сейчас много говорят, не в нанотехнологиях и подобных вещах, а у вас на полях?**

— Конечно. Увеличение производства зерна гораздо важнее и эффективней, чем продажа нефти и газа. Пшеница — это такой товар, который не боится ни санкций, ни иных ограничений. На планете слишком много людей голодают. Их можно лишить автомобилей, но не хлеба. Пшеница всегда будет востребована.

— **Получается, что хлеб важнее атомных бомб?**

— А разве это не так?! ■

Беседовал Владимир Губарев



СПРАВКА

Баграт Исменович Сандухадзе

- Академик РАН и РАСХН, ученый-селекционер зерновых культур.
- Заведующий Лабораторией селекции озимой пшеницы и первичного семеноводства НИИСХ «Немчиновка», доктор сельскохозяйственных наук.
- Родился в в Грузинской ССР. В 1962 г. окончил Московскую сельскохозяйственную академию им. К.А. Тимирязева.
- С 1962 г. работает в НИИ сельского хозяйства Центральных районов Нечерноземной зоны.
- Внес большой вклад в развитие селекции зерновых культур. Научные работы посвящены совершенствованию методических основ селекции озимой пшеницы на продуктивность, зимостойкость, устойчивость к полеганию и вредоносным патогенам.
- Разработал оригинальные схемы селекции на основе прерывающихся беккроссов, отдаленной гибридизации и др. Под его руководством и при непосредственном участии созданы и внедрены в производство восемь зимостойких короткостебельных высокопродуктивных с высоким качеством зерна сортов озимой пшеницы.
- Награжден медалями СССР, ВСХВ и ВДНХ, золотой медалью им. П.П. Лукьяненко. Лауреат Демидовской премии.
- Президент Некоммерческого партнерства селекционеров России. Председатель секции озимой пшеницы отделения растениеводства Россельхозакадемии.
- Опубликовано более 100 научных трудов, в том числе две монографии. Ряд трудов вышли за рубежом.
- Имеет восемь авторских свидетельств на изобретения.

Чтобы узнать, существует ли жизнь за пределами Земли, нам нужно сначала оценить собственную значимость во Вселенной. Уникальны ли мы или попросту одни из многих?

Калеб Шарф

КОСМИЧЕСКАЯ (НЕ) ЗНАЧИМОСТЬ

В

се мы живем на маленькой планете, обращающейся вокруг одиночной, прошедшей половину своего жизненного пути звезды, одной из 200 млрд других в гигантском водовороте материи, который представляет собой наша галактика под названием Млечный Путь. Последняя, в свою очередь, — лишь одна из нескольких сотен миллиардов подобных звездных формаций в обозримой Вселенной, которая простирается во все стороны от нас на расстояние более 270 000 000 000 000 000 000 000 (2,7 x 10²³) миль.

Адаптированный отрывок из книги Калеба Шарфа «Комплекс Коперника: наша космическая значимость во Вселенной планет и возможностей» (The Copernicus Complex: Our Cosmic Significance in a Universe of Planets and Probabilities), в сотрудничестве с Scientific American / Farrar, Straus and Giroux, LLC (US) и Penguin Press (UK). © Caleb Scharf, 2014.

По человеческим стандартам это колоссальное количество вещества и невообразимо огромное пространство. Живые существа появились на нашей планете буквально за одно мгновение в масштабах невероятно долгой истории Вселенной, и, скорее всего, впереди у нее не менее долгое будущее — с нами, а может быть, и без нас. Попытки определить наше место в ней, чтобы оценить свою значимость, могут в этом контексте показаться полной бессмыслицей. И в самом деле: нам не удастся найти смысл даже собственного существования. Однако мы упорно продолжаем это делать вопреки тому, что еще 500 лет назад, в эпоху Ренессанса, польский астроном Николай Коперник пришел к выводу, что не Земля, а Солнце занимает центральное место в Солнечной системе, из чего следовало, что мы вовсе не уникальны.



ОБ АВТОРЕ

Калеб Шарф (Caleb Scharf) — директор междисциплинарного Астробиологического центра при Колумбийском университете. Автор книги «Механизмы гравитации: как черные дыры, выдувающие пузыри, заправляют галактиками, звездами и живут в космосе» (*Gravity's Engines: How Bubble-Blowing Black Holes Rule Galaxies, Stars, and Life in the Cosmos*, 2012).



В своих попытках оценить нашу значимость мы тут же оказываемся в тупиковой ситуации: одни наблюдения и теории наводят на мысль, что в существовании жизни нет ничего уникального, другие говорят об обратном. Как же собрать воедино все эти знания, чтобы ответить на вопрос, особенные ли мы? И даже если мы разберемся со своим местом во Вселенной, поможет ли это узнать, есть ли жизнь где-либо еще и в какой форме?

Что нам известно

В XVII в. Антони ван Левенгук с помощью микроскопа собственного изготовления впервые в истории увидел и зарисовал ряд простейших, бактерии и эритроциты и тем самым проник в неизведанный микрокосм. Этот замечательный спуск вниз по лестнице физических величин в процветающую Вселенную внутри нас привел к выводу, что компоненты нашего тела — ансамбли молекулярных структур — находятся на нижнем конце биологической шкалы. До удивительного открытия Левенгука мы могли только догадываться об этом.

На Земле существуют организмы, гораздо более крупные и массивные, чем мы с вами, — посмотрите на огромных китов и высокие деревья. Тем не менее мы намного ближе к верхнему концу биологической шкалы, чем к нижнему, у которого располагается микромир. Размер самой маленькой бактерии — около двух стомиллиардных частей метра, а вирусы еще в десять раз меньше. Таким

образом, человек в 10–100 млн раз крупнее самого крошечного известного нам живого организма.

По сравнению с сухопутными теплокровными млекопитающими мы тоже находимся ближе к верхнему концу шкалы, хотя и не на самом ее краю. На противоположном конце шкалы млекопитающих — карликовые землеройки, крошечные комочки меха и плоти весом всего в несколько граммов. Однако большинство млекопитающих ближе по размерам к ним, чем к нам, в результате в среднем по планете масса тела представителей млекопитающих составляет всего 40 г.

Итак, не подлежит сомнению, что мы располагаемся у рубежа между многонаселенным миром разнообразнейших малых биологических форм и гораздо менее населенным миром крупных существ. Вернемся теперь к Солнечной системе. Она в определенном смысле уникальна. Солнце не относится к самому распространенному типу звезд (большинство из них менее массивны), орбиты планет сегодня близки к круговым и разнесены больше, чем у большинства экзопланетных систем, а Земля — не суперпланета. Миры, подобные нашей, но с планетой в несколько раз более массивной, чем Земля, есть по крайней мере в 60% всех планетных систем, но не в нашей. Мы в каком-то смысле «чужаки», отличающиеся от большинства.

Отчасти это объясняется тем, что Солнечная система по большому счету избежала той масштабной динамической перестройки, которая затронула большинство других миров. Это не означает, что нам гарантировано спокойное будущее: современные компьютерные модельные эксперименты в области гравитации показывают, что в ближайшие несколько сотен миллионов лет мы можем войти в более хаотичный период. А через 5 млрд лет Солнце резко увеличится в размерах и вступит в конвульсивную фазу старения, сопровождающуюся радикальными изменениями расположения планет. Все говорит о том, что сегодня наша планетная система тоже живет в пограничное время — переходный период между молодостью Солнца и планет и наступлением их старости.

Такая спокойная с астрофизической точки зрения обстановка распространяется далеко за пределы нашей галактики. Во временных масштабах Вселенной в целом мы переживаем период, гораздо более зрелый, чем тот, в который буйствовал молодой раскаленный космос. Новых звезд образуется все меньше. Другие планетные системы формируются со средней скоростью, едва достигающей

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Земля движется по орбите вокруг одной из сотен миллиардов звезд в нашей галактике, в свою очередь — одной из сотен миллиардов в обозримой Вселенной. Эта явная ее ординарность следует из принципа Коперника, согласно которому наша планета — не центр мироздания, а лишь заурядная часть заурядной Солнечной системы.
- Тем не менее есть основания полагать, что Земля и существующая на ней форма жизни — это нечто нетривиальное, возможно, даже уникальное. Об этом свидетельствуют, в частности, особенности условий на поверхности нашей планеты, а также данные об определенной подогнанности основных мировых констант, что необходимо для зарождения жизни.
- Не сняв эти противоречия, мы не сможем определить наше место во Вселенной и ответить на вопрос, одни ли мы в ней.

3% той, что была в период от 11 до 8 млрд лет назад. Звезды начинают медленно смещаться к краям Вселенной. А расширение Вселенной начало замедляться всего через 6–5 млрд лет после Большого взрыва. Сейчас мы снова живем в период спокойного развития. Темная энергия, таинственным образом рождающаяся «из ничего», ускоряет расширение космического пространства, сдерживая образование более крупных космических структур. И это означает, что жизнь в конечном счете обречена на существование в условиях безнадёжной изоляции во все более размывающейся Вселенной.

Все эти факторы однозначно указывают на то, что наши суждения о внутреннем и внешнем космосе крайне ограничены. Действительно, базовые интуитивные представления о случайных событиях и само развитие статистической науки могли быть совершенно иными при других обстоятельствах, касающихся упорядоченности и неупорядоченности, пространства и времени. И тот факт, что мы совершенно ничего не знаем о других формах жизни в космосе (по крайней мере, до сих пор не обнаружили никаких ее следов), очевидным образом влияет на те выводы, к которым мы приходим.

Выводы

Большинство данных, которыми мы располагаем, согласуются с основной идеей Коперника о нашей заурядности. Некоторые особенности окружающего нас космоса позволяют ввести понятие так называемого антропного принципа: величины некоторых фундаментальных физических постоянных оказываются настолько точно «подогнанными», что определяемые ими свойства Вселенной балансируют на грани возможности наличия в ней разумной жизни.

Другими словами, при самом незначительном отклонении значений этих параметров Вселенная была бы совершенно иной. Не подчинись силы гравитационного притяжения закону обратных квадратов, не сформировались бы звезды, не выплавились бы в их недрах тяжелые элементы. Гигантские звезды появлялись и быстро разрушались бы без следа. Изменились электромагнитные силы — и химические связи между атомами оказались бы слишком слабыми или сильными для создания многообразнейшего царства молекулярных структур, которые задают невообразимую сложность нашей Вселенной.

Что же делать с такими, казалось бы, фундаментальными противоречиями антропного принципа и теории Коперника? Имеющиеся факты достаточно весомы, чтобы задуматься о создании новой концепции нашего космического статуса, отличной от обоих рассмотренных выше подходов. Возможно, это будет что-то вроде гипотезы космического хаоса, указывающей на промежуточное состояние между порядком (от греческого значения

слова *kosmos*) и беспорядком. В соответствии с ней жизнь, в частности такая, как на Земле, возможна лишь на границе между областями (зонами), задаваемыми такими характеристиками, как энергия, местоположение, масштаб, время, порядок и хаос. На большом расстоянии по обе стороны от границы баланс условий, необходимых для возникновения жизни, нарушается. Необходимое условие нашего существования — наличие строго определенной пропорции порядка и хаоса.

Расстояния до границ могут меняться, но не настолько, чтобы в системе постоянно возникали серьезные возмущения. Здесь просматривается явная аналогия с теорией существования вблизи звезд выделенных зон, потенциально обитаемых областей: для того чтобы оказаться в зоне обитаемости, планета не должна находиться ни слишком далеко от звезды, ни слишком близко к ней, а быть на «правильном» удалении, т.е. ее параметры орбиты должны изменяться в довольно узком диапазоне. Однако последнее не означает, что необходимое условие наличия жизни в подобной зоне — отсутствие динамики в пространстве-времени.

Если принять это за рабочую гипотезу, то значимость жизни во Вселенной приобретает новый смысл. В отличие от теории Коперника, которая четко указывает на нашу заурядность и поэтому допускает существование множества подобных миров, утверждение, что необходимые условия существования жизни — изменчивость и динамичное подстраивание фундаментальных параметров, сужает границы возможного. Условия, необходимые для зарождения жизни, которые предлагает этот новый подход, отличаются и от таковых в рамках антропного принципа, допускающего возможность существования жизни в единственном месте Вселенной во все времена. Новый принцип, напротив, по существу указывает как те области, где могла бы зародиться жизнь, так и вероятность этих событий. Он точно задает основные условия наличия жизни в виртуальном пространстве множества варьирующих параметров; можно сказать, что он картирует зону обитаемости.

Подобный принцип существования жизни во все не означает, что живые организмы — какая-то особая часть реальности. Жизнь может быть самым сложным физическим феноменом в нашей или в любой другой Вселенной. Но особая она настолько, насколько много мы о ней знаем — с ее исключительно сложными формами, сложившимися в подходящих условиях, на границе между порядком и хаосом. Определив для себя, каким образом жизнь встроена в грандиозную систему Природы, мы открываем дорогу к разрешению противоречия между аргументом в пользу заурядности феномена жизни и свидетельством ее уникальности. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская



ОБ АВТОРЕ

Сезар Идальго (César A. Hidalgo) — адъюнкт-профессор медиаискусств и наук Массачусетского технологического института, руководитель исследовательского проекта *Macro Connections* Медиалаборатории МТИ.



МЫСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

ЖЕСТКИЙ ДИСК ПЛАНЕТЫ

Какова информационная емкость Земли и насколько она сегодня заполнена? Ответ на этот вопрос наводит на удивительные размышления о росте порядка во Вселенной

Сезар Идальго

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Если считать информацию мерой порядка и вычислить объем информации, который может вместить наша планета, то получится, что «жесткий диск» Земли практически пуст — несмотря на то что жизнь на Земле существует миллиарды лет и тысячи лет человек занимается на ней преобразующей деятельностью.
- Из этого мысленного эксперимента мы узнаем много интересного о возникновении порядка во Вселенной. Хотя Вселенная сопротивляется порядку (в целом энтропия всегда возрастает), количество информации со временем увеличивается.
- Рост объема информации на Земле отчасти объясняется деятельностью человека, однако наша способность творить порядок жестко ограничена.

В

2002 г. профессор Сет Ллойд (Seth Lloyd), работающий в Массачусетском технологическом институте над созданием квантового компьютера, опубликовал формулу для оценки количества битов информации во Вселенной. Бит — это элементарная единица информации, имеющая два значения — «да» и «нет». В компьютере для хранения одного бита требуется один полупроводниковый триггер, но бит можно также закодировать состоянием элементарной частицы, например спином электрона. В формуле Ллойда используются физические свойства информации

для оценки скорости, с которой физические системы могут производить и записывать информацию; в эту формулу входят постоянная Планка (элементарный квант действия, основная константа квантовой механики), скорость света и возраст Вселенной. Ллойд пришел к выводу, что наша Вселенная может вместить колоссальное количество информации — 10^{90} бит или триллион триллионов триллионов триллионов триллионов триллионов мегабит.

Ллойд получил свою формулу в процессе работы над квантовыми компьютерами, где отдельные атомы используются для кодирования информации и выполнения вычислений, что и натолкнуло его на мысль о Вселенной как о битах информации, хранящихся в атомах. Он проделал мысленный эксперимент, задавшись вопросом: что представлял бы собой самый большой компьютер в мире? И ответил себе: это компьютер, который задействовал бы каждый атом во Вселенной. И этот компьютер хранил бы 10^{90} бит информации.

Но красота формулы Ллойда в том, что она позволяет оценить информационную емкость любой физической системы, не только Вселенной. Недавно я почерпнул вдохновение из формулы Ллойда, когда исследовал вычислительную мощность стран и экономик. Формула не учитывает многие из сложных социально-экономических факторов, действующих в экономиках стран и сообществ, но дает нам грубую оценку способности систем хранить и перерабатывать информацию. Итак, представьте себе, что Земля — это жесткий диск. В соответствии с формулой Ллойда, планета может хранить до 10^{56} бит информации — приблизительно триллион триллионов триллионов триллионов гигабит. Но этот планетарный жесткий диск — он скорее пуст или скорее полон?

Чтобы ответить на этот вопрос, обратимся к исследованиям Мартина Хилберта (Martin Hilbert) и Присциллы Липес (Priscilla Luyez). В 2011 г.

Хилберт и Липес, которые тогда работали в Университете Южной Калифорнии и в Открытом университете Каталонии в Испании соответственно, опубликовали оценку объема культурной информации, хранящейся по всей планете в виде текстов, рисунков и видео. Они пришли к выводу, что к 2007 г. человечество накопило 2×10^{21} бит, или два триллиона гигабит информации. Но на планете гораздо больше данных, чем те, что содержатся в культурных артефактах. Информация воплощена в предметах, которые появляются в результате человеческой деятельности, как, например, ваш автомобиль или туфли, а также в биологических системах, таких как рибосомы, митохондрии и ДНК. Действительно, оказывается, что имеющаяся на Земле информация в основном хранится в форме биомассы. На основе формулы Ллойда я оцениваю информационное содержание Земли примерно в 10^{44} бит. Эта цифра может показаться большой, но это лишь малая часть емкости Земли. Если бы люди продолжали ежегодно генерировать 10^{21} бит информации, все равно потребовалось бы более триллиона столетий, чтобы заполнить жесткий диск планеты.

Что нам дают эти вычисления? Хотя Земля обладает колоссальной емкостью для хранения информации, до порядка здесь все еще далеко. Эта мысль, в свою очередь, многое говорит нам о том, как планета производит и обрабатывает информацию, а также о том, что может ограничить информационный рост в будущем.

Вселенная вычисляет

То, что жесткий диск нашей планеты не заполнен, прежде всего указывает на трудности, связанные с накоплением информации: ее сложно производить, сложно хранить и сложно объединять в новые формы. Этот вывод вполне согласуется с прежними научными исследованиями и объясняется тем, что Вселенная сопротивляется установлению порядка. Второй закон термодинамики гласит, что наша Вселенная имеет естественную тенденцию к усреднению, выравниванию, к росту меры беспорядка. Тепло передается от горячего к холодному, музыка стихает по мере удаления, молочные спиральки в вашем латте быстро превращаются в одну неразличимую взбитую массу. Это движение от порядка к беспорядку называется ростом энтропии.

Однако там, где этот закон удается обмануть, создаются зоны упорядоченности. Таковы живая клетка, человеческое тело или построенная человеком экономика. Эти высокоорганизованные системы сопротивляются, хотя и на локальном уровне, закону роста физической энтропии, действующему для всей Вселенной. Информационно насыщенные системы могут существовать, пока они испускают энтропийную испарину: эвакуация тепла — расплата за высокий уровень организации. Как тонко подметил лауреат Нобелевской премии химик Илья Пригожин, «энтропия — цена порядка».

Порядок возникает и поддерживается во Вселенной благодаря трем особенностям. Первая (и, вероятно, наиболее нам знакомая) имеет отношение к потоку энергии. Представьте себе ванну, полную воды: молекулы воды двигаются хаотично, сталкиваясь друг с другом, пока мы не вынули пробку. Как только вода устремляется в сливное отверстие, кинетическая энергия жидкости растет и возникает водоворот. В этой воронке устанавливается порядок: молекулы воды, вовлеченные в водоворот, имеют почти ту же величину и вектор скорости, что и соседние с ними молекулы. Эти соотношения между ними и составляют первоосновы макроскопической информации. Чтобы понять причины не только возникновения, но и устойчивости порядка, нужно иметь в виду вторую особенность: наличие твердых тел. Твердые структуры, такие как ДНК, сохраняют упорядоченность в течение долгого времени. Без них информация была бы слишком непрочной и не могла бы храниться, рекомбинировать и умножаться.

Но для того чтобы объяснить появление более сложных форм порядка (например, информации, на основе которой строятся города и экономики) или создание порядка, давшего начало жизни на планете и организации на ней сообществ, нам понадобится третья особенность: способность материи к вычислениям. Например, дерево —

это компьютер, знающий, в каком направлении выпускать корни и листья. Деревья знают, когда включать и выключать гены, отвечающие за борьбу с вредителями, когда давать побеги или сбрасывать листву и как забирать из воздуха углерод путем фотосинтеза. Компьютер-дерево устанавливает порядок в макроструктуре своих ветвей и микроструктурах клеток. Нам зачастую трудно признать, что деревья — это вычислительные машины, но факт остается фактом: деревья вносят свой вклад в умножение информации на планете, потому что они производят вычисления.

Овеществленное воображение

Рассматривая нашу планету как жесткий диск, мы узнаем еще об одной, не менее удивительной вещи: несмотря на силы, препятствующие установлению порядка, объем информации постепенно растет. Жесткий диск Земли сегодня более полон, чем вчера или миллиард лет назад. Диск заполняется, в частности, благодаря рождению жизни: биомасса содержит огромное количество информации. Но увеличение меры порядка на Земле также объясняется производством культурной информации.

Чтобы понять, почему так происходит, сравним яблоки, которые растут на дереве, с гаджетами фирмы *Apple*. Нас в особенности интересует происхождение физического порядка, воплощенного в каждом объекте. В первом яблоке закодирован порядок, который существовал в мире до появления человека. Яблоки были уже тогда, когда мы еще не придумали им названия и не установили на них цену на рынке яблок. Второе «яблоко» отличается от первого тем, что вначале оно родилось у кого-то в голове и лишь затем пришло в материальный мир. Это овеществленный фрагмент порядка, который сначала появился в воображении. Как мы увидим, объекты такого рода имеют отличительную особенность.

Биологические особи, способные создавать объекты в своем воображении и затем воплощать их в реальной жизни, получают важное преимущество перед другими животными видами. Реальные, хотя и воображаемые, инструменты, пронизывающие нашу экономику, расширяют наши возможности, поскольку они дают нам доступ к практическому использованию знания и технологий, родившихся в головах других людей. Взять хотя бы тюбик зубной пасты. Большинство людей ежедневно пользуются зубной пастой, не зная при этом, откуда берется ее действующий элемент — фторид натрия. Отсутствие этого знания, однако, не мешает им получать выгоду от практического использования условий, необходимых для производства фторида натрия. Люди на практике используют знания других людей посредством

результатов производства, которые, по сути, представляют собой овеществленное представление о них. Изделия производства вооружают нас, а рынки делают нас не только богаче, но и умнее.

Проблема, однако, в том, что создавать эти изделия нелегко. Это зачастую требует сотрудничества огромного количества людей. Чтобы внести вклад в умножение информации, людям требуется формировать сообщества, обладающие способностью вычислять конечный результат их деятельности. Сетевые структуры необходимы, потому что вычислительные мощности систем, как и их информационная емкость, имеют свой предел. Живая клетка — это компьютер, имеющий ограниченную производительность, но это ограничение снимается в многоклеточных структурах. Так же и у людей: вычислительная способность одного человека ограничена, но путем формирования социальных и профессиональных сообществ это ограничение снимается. Экономика — это распределенная вычислительная сеть, работающая на оборудовании под названием «социум». В конечном итоге именно эта вычислительная система, переоплотившаяся из отдельных клеток — посредством человека — в экономические системы, позволяет, пусть не без труда, развиваться сложным формам информации.

Пределы роста

И последнее: проведенный мысленный эксперимент убеждает нас в том, что способность человеческих сообществ производить информацию имеет серьезные ограничения. Забудьте все, что говорят о «больших данных»: в глобальной перспективе мы генерируем на удивление мало информации (хотя в процессе сжигаем довольно много энергии, выбрасывая в атмосферу окислы углерода, из-за чего на планете происходит потепление). Наши возможности производить информацию ограничены в частности тем, что наша способность формировать социальные связи сдерживается историческими, институциональными и технологическими факторами. Языковой барьер, например, дробит население Земли на части и препятствует установлению связей между людьми, живущими в отдаленных частях планеты. Достижения технологий помогают снимать эти барьеры. Развитие воздушных перевозок и систем дальней связи снизило стоимость взаимодействия на больших расстояниях, что дает нам возможность раскидывать сети социальных связей по всему миру и наращивать мощности по обработке информации. Однако технологии — не панацея, и наша способность коллективно обрабатывать информацию хоть и выросла по сравнению с предыдущими десятилетиями, но пока остается скромной.

Так каким же образом будет идти накопление информации на Земле в ближайшие столетия? Оптимистический сценарий таков: глобализующая

сила технологий и упадок охранительных институтов, таких как патриотизм и религия, будут способствовать сглаживанию исторических различий, все еще порождающих вражду между людьми разных языков, этносов, наций и религий. Тем временем развитие технологий откроет перед нами эру коммуникативных сверхвозможностей. Эволюция электроники — от портативных устройств к носимым и далее к встраиваемым — породит новые формы социальных взаимодействий, опосредованных технологиями.

Тысячелетиями способность человечества производить информацию подкреплялась умением размещать ее в окружающей среде — в форме каменного топора или поэтического эпоса. Это свойство обеспечивало прирост человечества и согласованное взаимодействие между людьми, необходимое для увеличения вычислительной мощности нашего вида. Мы выступаем свидетелями новой революции, которая может видоизменить эту динамику и придать ей еще большую силу. В нынешнем тысячелетии будет достигнуто слияние человека и машины посредством устройств, которые объединят биологические компьютеры у нас в головах и цифровые компьютеры, ставшие продуктом наших любознательных умов. В итоге будет достигнуто общество коммуникативных сверхвозможностей, и оно поставит перед людьми самые сложные этические проблемы за всю человеческую историю. Мы можем утратить некоторые стороны человеческой природы, которые считаются очень важными: например, сможем научиться обманывать смерть. Но подобное слияние между нами и устройствами по обработке информации, которые родились у нас в мозгу, может стать единственным способом добиться приращения информации. Мы — дети информации, однако сегодня в гораздо большей мере становимся ее родителями. ■

Перевод: С.В. Гогин

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Ллойд С., Энджи Д. Сингулярный компьютер // ВМН, № 2, 2005.
- Information Is Physical. Rolf Landauer in Physics Today, Vol. 44, No. 5, pages 23–29; May 1991.
- Computational Capacity of the Universe. Seth Lloyd in Physical Review Letters, Vol. 88, No. 23, Article No. 237901; June 10, 2002.
- Why Information Grows: The Evolution of Order, from Atoms to Economies. César Hidalgo. Basic Books, 2015.

СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ФЕДЕРАЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА И ТЕЛЕКАНАЛА «НАУКА 2.0»

ГОД НА ОРБИТЕ

**САМАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНАЯ
ЭКСПЕДИЦИЯ НА МКС.**

**ПЕРВЫЙ ДОКУМЕНТАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ,
СНЯТЫЙ В КОСМОСЕ.**



НАУКА 2.0
ТЕЛЕКАНАЛ



РОСКОСМОС

На фото:
Михаил Корниенко,
лётчик-космонавт,
главный герой проекта
«Год на орбите»

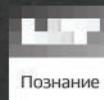
РЕКЛАМА

Спрашивайте у операторов платного телевидения

 www.naukatv.ru

 www.facebook.com/nauka20

 vk.com/tvnauka20



ОБ АВТОРЕ

Дэвид Нунан (David Noonan) — журналист-фрилансер, автор многочисленных статей по медицине и естественным наукам.



Поворот к худшему

Головокружение, сбивающее с ног, преследует некоторых людей всю жизнь. Надежды на избавление от этой напасти возлагают сегодня на ушные импланты и генную терапию

Легкие парящие прыжки танцора, стремительное вращение балерины — впечатляющие свидетельства способности человека контролировать положение своего тела в пространстве. Кажется, будто головной мозг танцоров устроен особым образом, так что при любых кульбитах они сохраняют равновесие. Сравнив головной мозг обычного человека и танцора, исследователи обнаружили, что у последнего структуры, отвечающие за восприятие вращения, менее чувствительны, что и помогает ему устоять на ногах.

У миллионов других людей голова начинает идти кругом без всяких видимых причин: кружатся не они сами, а все вокруг. Даже пройти по комнате из конца в конец становится не по силам, когда внезапно вас настигает головокружение. И такое состояние может длиться месяцами, а иногда и годами. 35% (69 млн) жителей США старше 39 лет испытали его хотя бы раз в жизни — при повреждении каких-либо элементов внутреннего уха или слухового нерва. И хотя большинству людей в таких случаях помогает медикаментозная или физиотерапия, десяткам тысяч она никакого облегчения не приносит. «Пациентам с серьезными нарушениями чувства равновесия мы вынуждены говорить, что ничем не можем им помочь», — говорит Чарлз Делла Сантина (Charles Della Santina), отоларинголог, заведующий лабораторией вестибулярной нейроинженерии Медицинского центра Джонса Хопкинса.

Стива Баха (Steve Bach), инженера-конструктора из Парсиппани, штат Нью-Джерси, сильнейший приступ головокружения настиг в ноябре 2013 г. «Все вокруг завертелось с бешеной скоростью», — вспоминает он. Дочь застала его лежащим на полу в позе эмбриона и немедленно вызвала скорую. Следующие пять дней Бах провел в больнице. «Когда я сидел на кровати, мне казалось, что подо мной шестиметровая лестница», — вспоминает он. Обследование показало, что в результате вирусной инфекции у Баха возникло воспаление внутреннего уха. Он прошел шестимесячный курс физиотерапии, цель которой состояла в компенсации утраты чувства равновесия за счет перестройки работы головного мозга и не пострадавшего правого уха. Лечение помогло, и в мае 2014 г. Бах вышел на работу. Но всю весну у него эпизодически возникало преходящее чувство неустойчивости.

Головокружение сопровождается беспокойством и депрессией, утратой памяти на ближайшие по времени события, ухудшает качество жизни, мешает продвижению по службе. «Нужно было безотлагательно начинать поиски новых методов борьбы с этим недугом», — говорит Делла Сантина, который сейчас проводит клинические испытания имплантов внутреннего уха. Предпринимаются также попытки использовать для устранения повреждений генную терапию, а кроме того выяснить анатомические особенности головного мозга танцоров, ответственные за сохранение равновесия, которые могли бы стать мишенями для новых терапевтических средств.

Органы слуха играют ключевую роль в поддержании тела в равновесии при самых разных позах благодаря наличию вестибулярного анализатора. Последний состоит из трех заполненных жидкостью полукружных каналов, расположенных в разных плоскостях и имеющих расширение в виде ампул, а также двух маленьких мешочков. Изнутри эти структуры выстланы цилиндрическим эпителием, в котором имеются бокаловидные клетки, связанные с нервными окончаниями. Их характерная особенность — наличие на свободной поверхности микроскопических волосков, погруженных в тончайший слой кристалликов карбоната кальция (отолит). При любом изменении положения головы отолит смещается, что приводит к изменению напряжения волосков. Информация об этом передается окончаниям вестибулярного нерва и поступает в мозжечок. В ответ происходит активация двигательных нейронов мышечного аппарата и зрительной системы, поддерживающих состояние равновесия.

Факторы, способные повредить эту тончайшую систему, чрезвычайно разнообразны. Это могут быть опухоли, бактериальные и вирусные инфекции, некоторые антибиотики, болезнь Миньера, хроническое состояние, характеризующееся регулярными приступами головокружения, тугоухостью и шумом в ушах, которым страдают 5 млн человек по всему земному шару. Самое распространенное вестибулярное расстройство — неопасное пароксизмальное позиционное головокружение. Оно возникает, когда кусочки отолита попадают в полукружные каналы, плавают там и создают иллюзию движения. К счастью, эту патологию можно устранить с помощью физиотерапии, включающей плавные



69 млн американцев в возрасте старше 39 лет подвержены приступам головокружения, и десяткам тысяч из них не удастся помочь

многократные движения головы, в результате которых кусочки вымываются из каналов.

Но физиотерапия помогает далеко не всем или же — как в случае с Бахом — помогает лишь частично. Иногда патология затрагивает оба уха, и для таких случаев Делла Сантина с коллегами разрабатывает имплант, заменяющий механические компоненты поврежденного внутреннего уха. Как только будет получено разрешение Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (*FDA*) США, начнется тестирование нового устройства на людях.

Его прототипом служит кохлеарный имплант, который применяется с 1982 г. и уже помог тысячам слабослышащих людей. Его основной функциональный элемент — микрофон, улавливающий звуковые волны, которые преобразуются в электрические сигналы, поступающие по слуховому нерву в головной мозг. В вестибулярном импланте микрофон заменен двумя миниатюрными датчиками, отслеживающими движение головы. Один из них, своего рода гироскоп, фиксирует повороты и наклоны головы, другой регистрирует направленные движения (прямо вперед, вверх или вниз). Датчики движения передают сигналы не слуховому нерву, а так называемому преддверному корешку.

Испытания другого варианта вестибулярного импланта на четырех пациентах, страдающих болезнью Миньера, которые были проведены в Вашингтонском университете, дали противоречивые результаты. Вначале все шло хорошо, но че-

У балерин число нейронов в области мозжечка, отвечающей за головокружение, меньше, чем у женщин-гребцов. Во время пируэтов балерины как можно дольше фиксируют взгляд на одной точке, что уменьшает интенсивность соответствующих сигналов, посылаемых в головной мозг

рез несколько месяцев эффект исчезал. Имплант, разработанный в Центре Джонса Хопкинса, имеет другую конструкцию и будет испытываться на пациентах с другими типами расстройств; есть надежда, что он будет более результативным.

«Гены слуха»

Альтернативный подход к борьбе с головокружением основан на применении генной терапии. Ключевую роль в работе слухового и вестибулярного аппарата играют волосковые клетки во внутреннем ухе. За их образование на уровне эмбриона отвечает ген *ATOH1*. Во время родов он выключается, и сколько волосков к этому моменту образовалось, столько их и должно оставаться на протяжении всей жизни человека. Но проблема в том, что волоски могут по тем или иным причинам утрачиваться. Чтобы их восстановить, Хинрих Стэкер (Hinrich Staecker), отоларинголог из Канзасского университета, ввел ген *ATOH1* во внутреннее ухо 45 пациентов, потерявших слух. В опытах

на мышцах подобная процедура привела к повышению числа волосковых клеток до 50% от нормы; соответственно, и слух у животных улучшился. Если экспериментальный препарат *CBF166* проявит себя так же хорошо в испытаниях на людях, это будет означать наступление новой эры в лечении больных с нарушениями работы вестибулярного аппарата.

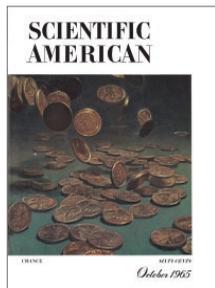
Следует помнить, однако, что генная терапия — обоюдоострый инструмент. Она может вызвать бурный иммунный ответ, опасный для жизни. В упомянутых испытаниях целевой ген активировался только в клетках-мишенях, а его концентрация была настолько мала, что попадание в кровотоки исключалось. Сам ген находился внутри вирусной частицы, что способствовало его проникновению в клетку-мишень.

Даже в случае успеха этих экспериментов для их внедрения в медицинскую практику нужно еще многое узнать о природе самого заболевания. Так, неизвестно, по какой причине разрушается отолит. Ответ на эти и многие другие вопросы исследователи надеются получить, выяснив особенности вестибулярного анализатора у танцоров.

Чтобы понять, почему они сохраняют равновесие даже после головокружительных пируэтов, группа ученых из Имперского колледжа в Лондоне провела серию тестирований и визуализацию их головного мозга. В испытаниях участвовало 29 балерин с 16-летним стажем (балетом начинают заниматься примерно с шести лет); полученные результаты сравнили с таковыми у женщин, занимающихся греблей. Обнаружилось, что у балерин число нейронов в области мозжечка, отвечающей за головокружение, меньше, чем у женщин-гребцов. По-видимому, это связано с тем, что у них постоянно подавляется это чувство. Во время пируэтов балерины как можно дольше фиксируют взгляд на одной точке, что уменьшает интенсивность соответствующих сигналов, посылаемых в головной мозг. Это активное сопротивление головокружению на протяжении многих лет приводит к разрежению сети нейронов и уменьшению числа межнейронных контактов в той области правого полушария головного мозга, где происходит обработка этих сигналов.

Есть надежда, что с помощью физиотерапии такого же эффекта удастся достичь и у страдающих хроническим головокружением. Для тысяч больных это будет спасительным поворотом. ■

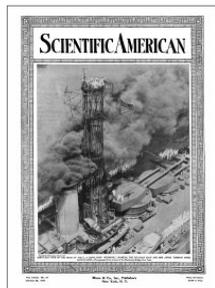
Перевод: Н.Н. Шафрановская



ОКТАБРЬ 1965

Белок из нефти. На опытной установке в Лавере (Франция) микроорганизмы, питающиеся в основном углеводородами нефти, вырабатывают значительные количества высококачественного белка. Эта необычная идея, которую испытывает группа исследователей из компании *Soci t  Française des Petroles BP*,

оказалась настолько успешной, что есть серьезные основания полагать: нефть может стать важным пищевым ресурсом для растущего населения Земли. Почему же для решения пищевой проблемы обратились к нефти? Ведь ее запасы в недрах Земли не безграничны. Мы подсчитали, что переработка примерно 40 млн т нефти (а это очень малая доля 1,25 млрд т нефти, добытой в 1962 г.) позволит получить 20 млн т чистого белка. Для сравнения в качестве другого источника белка рассмотрим рыболовство. На сегодня мировой годовой улов составляет около 40 млн т рыбы, в которой содержится около 6 млн т белка.



ОКТАБРЬ 1915

Исследователь Арктики. Вильямур Стефансон (Vilhj lmur Stef nsson) выбрался изо льдов Арктики с известием о новооткрытой земле и с острым желанием сообщить миру, считавшему его погибшим, что он снова возвращается на север, где его ждут еще безымянные горы

и еще не установленная береговая линия. Это сообщение значит больше, чем могут выразить одни только слова. Оно означает, что победа была вырвана у поражения и что, когда последняя история будет написана, имена погибших будут внесены в список героев. Можно с уверенностью сказать, что экспедиция преодолела такой грандиозный первоначальный удар, как трагическая гибель корабля «Карлук» и семи человек.

Примечание: Стефансон открыл несколько островов Канадского Арктического архипелага.

Парк мелового периода. Американский музей естественной истории выставил скелет крупнейшего из когда-либо существовавших плотоядных животных — тираннозавра (*Tyrannosaurus*), хищного ящера, динозавра, существовавшего в конце мелового периода. Его скелет включен в группу из трех скелетов, изображающую повседневную сцену из того далекого мрачного прошлого (на илл.): раннее утро на берегу озера около 3 млн лет назад; травоядный динозавр траходон (*Trachodon*),

выбравшийся из озера, чтобы позавтракать сочной растительностью, пойман и частично съеден гигантским плотоядным тираннозавром; пока этот монстр склонился над тушей, деловито расчлняя ее, на сцене появился еще один тираннозавр.



ОКТАБРЬ 1865

Чума крупного рогатого скота.

Согласно последним данным, распространенная в Европе болезнь рогатого скота вышла из-под контроля и нанесла такой ущерб, что на некоторых германских фермах совсем не осталось скотины. С появлением в любом районе инфицирован-

ного животного болезнь быстро распространяется, т.к. инфекция может быть перенесена на одежде людей. В нашей стране (США) болезнь еще не наблюдалась, и следует надеяться, что и не появится. Однако поскольку никак нельзя исключить, что инфекция может быть занесена к нам случайно, из-за небрежности, или умышленно, *Agricultural Report* считает, что нужно повысить внимание к ввозимому скоту и выдерживать его в карантине.

Сталь: становой хребет современности. На сегодня в Англии уже возведены или возводятся не меньше 60 бессемеровских конвертеров, способных выдавать за один цикл от трех до десяти тонн стали. При постоянной работе эти конвертеры способны вырабатывать в общей сложности 6 тыс. т в неделю — это в 15 раз больше всего количества стали, выплавлявшейся в Великобритании до введения бессемеровского процесса. Средняя продажная цена этой стали по крайней мере на 20 фунтов за тонну ниже цены, по которой продавалась литая раньше.



Вид тираннозавра *Tyrannosaurus Rex*, 1915 г.

ОБ АВТОРЕ

Дэвид Поуг (David Pogue) — главный обозреватель портала персональных информационных технологий *Yahoo Tech*, ведущий нескольких мини-сериалов производства компании *NOVA* на канале *PBS*.



Поколение Т

Вредны ли мобильные устройства для современных детей из «поколения тачскрина»? Наука подбрасывает материал для полемики

Вы наверняка встречали такого рода записных ретроградов — людей, которые привычно хулят любую технологическую новинку. «Все эти ваши приспособления портят мозги и вредят нашим детям», — говорят они.

Старшее поколение всегда критикует молодое; это предсказуемо и по-человечески понятно. Очевидно, цифровые устройства так же портят молодых людей, как рок-музыка портила их родителей, телевидение — родителей их родителей, а автомобили — соответственно, их родителей. Поэтому, сдается мне, мы испорчены на протяжении многих поколений.

Но вдруг я задумался: а что же говорит наука о пагубном влиянии новейших технологий?

Ответ частично зависит от того, как вы определяете слово «пагубный». Конечно, сегодня многое изменилось. Большинство американских детей больше не выходят погулять во двор на несколько часов и без присмотра старших (производство инвентаря для индейской лапты, наверное, уже никогда не возродится). Ученикам больше нет нужды запоминать имена президентов и периодическую таблицу химических элементов, потому что *Google* всегда под рукой. Мы теряем также и прежние навыки. Немногие дети знают, как пользоваться копировальной бумагой или ухаживать за лошадьми; в очереди на вылет могут оказаться навыки чистописания и вождения авто.

Впрочем, другое — не значит худшее. К тому же, как я выяснил, научных исследований, связывающих вред для молодого поколения с использова-

нием современных гаджетов (планшетов с сенсорными экранами и смартфонов), на удивление мало. Исследования требуют времени, а эра сенсорных экранов еще только началась. Например, до 2010 г. айпада никто в глаза не видел.

Впрочем, есть первые исследования на эту тему — и они дают некоторое представление о том, как эти устройства, вдруг получившие повсеместное распространение, могут влиять на детей. Одно

из них, результаты которого были опубликованы в февральском номере журнала *Pediatrics*, показало, что дети, которые засыпают со своими гаджетами, в среднем спят на 21 минуту меньше, чем те, у которых их рядом нет. (Говоря о причинах, ученые предполагают, что ребята дольше не ложатся спать, чтобы поиграть с гаджетами, или, может быть, свет от экранов провоцирует сбой циркадных ритмов.)

А как обстоит дело с навыками общения? Прошлой осенью в ходе одного исследования, проведенного Калифорнийским университетом в Лос-Анджелесе, были протестированы шестиклассники, которые провели пять дней в лагере на лоне природы, из них 51 человек

был лишен доступа к электронным устройствам, а 54 такой доступ имели. Впоследствии первая группа показала лучшее умение распознавать человеческие эмоции по фотографиям.

Далее: в 2009 г. Стэнфордский университет провел исследование, обнаружившее связь между привычкой у современных подростков выполнять на компьютере несколько параллельных задач (похоже, эта привычка впоследствии



распространилась на планшеты и телефоны) и потерей способности к концентрации внимания. А вот это уже слегка беспокоит.

Как насчет злокачественных опухолей мозга, вызываемых мобильными телефонами? Разве хорошо, когда ребята весь день хотят с прижатой к голове радиоантенной? Ну, во-первых, если вы знаете детей, то вам не надо рассказывать, что они редко прикладывают телефон к уху: они скорее отпрянут текстовое сообщение, чем будут звонить. В любом случае исследования не установили связи между мобильным телефоном и раком мозга.

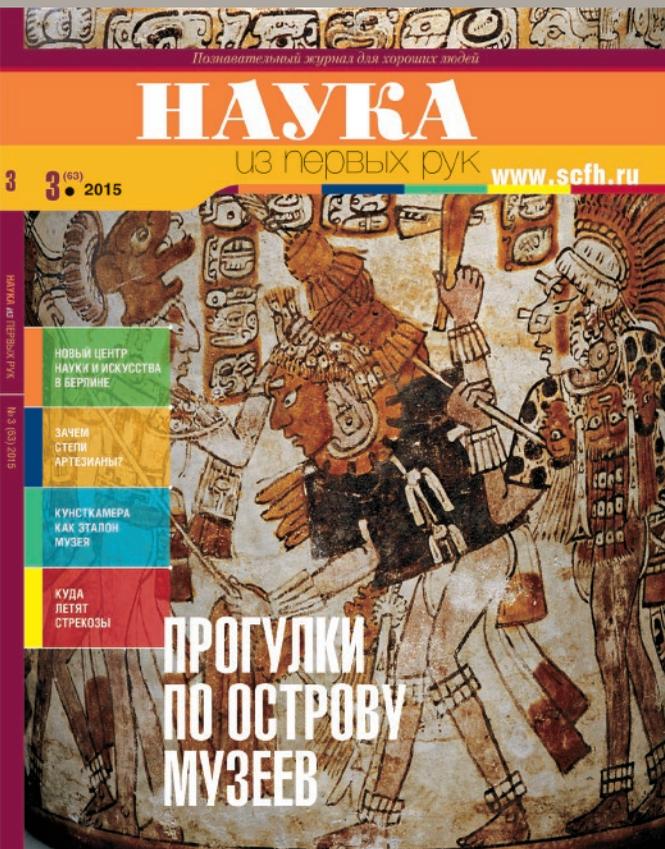
Так стоит ли поднимать тревогу? Пока рано, поскольку не все исследования приводят к мрачным выводам. В 2012 г. некоммерческая экспертная группа по обзору технологий *Common Sense Media* выяснила: более половины американских подростков считают, что социальные сети, доступ к которым благодаря устройствам с тачскрином практически неограничен, помогли им завести друзей (на соцсети пожаловались лишь 4%). В 2014 г. британский Национальный фонд грамотности обнаружил, что у детей из бедных семей, у которых дома есть мобильные устройства с сенсорным экраном, привычка читать каждый день развивается в два раза чаще, чем у не имеющих гаджета.

Кроме того, в одном исследовании, опубликованном в журнале *Computers in Human Behavior*, утверждается, что составление коротких текстовых сообщений помогает подросткам, особенно интровертам, обрести эмоциональное равновесие.

Очевидно, прежде чем начать в очередной раз сокращаться, нам все же следует дождаться результатов крупных и долгосрочных исследований. И такие исследования ведутся: например, в 2017 г. в Британии ожидают итогов масштабного анкетирования 2,5 тыс. детей, получившего название *SCAMP (Study of Cognition, Adolescents and Mobile Phones, «Изучение познавательной способности у подростков с мобильными телефонами»)*.

Тем временем тревожные сигналы, прозвучавшие в ранних исследованиях, недостаточно сильны для того, чтобы отнять у наших ребят их смартфоны и перебраться в колонию сектантов-амишей. Впрочем, силы этих сигналов хватает, чтобы применить одну очень старую и мудрую меру предосторожности, а именно — умеренность. Для детей вредно злоупотребление чем угодно, будь то современная электроника, просмотр телевизора или игра в индейскую лапту. ■

Перевод: С.В. Гогин



Познавательный журнал для хороших людей

НАУКА

из первых рук www.scfh.ru

3 3 (63) 2015

НОВЫЙ ЦЕНТР НАУКИ И ИСКУССТВА В БЕРЛИНЕ

ЗАЧЕМ СТЕПЛИ АРТЕЗИАНЫ?

КУНСТКАМЕРА КАК ЭТАЛОН МУЗЕЯ

КУДА ЛЕЯТ СТРЕКОЗЫ

ПРОГУЛКИ ПО ОСТРОВУ МУЗЕЕВ

Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

Грандиозный проект по созданию в Берлине центра искусства и культуры включает строительство Архитектурного променада между отдельными музеями знаменитого «Музейного острова», где будут представлены «междисциплинарные» темы, занимавшие человеческий ум во все времена и во всех культурах

Музейным эталоном сегодня становится созданная Петром I Кунсткамера, универсальный музей энциклопедического типа, где на ограниченном пространстве воссоздана картина Вселенной во всем ее многообразии

У стрекоз тоже бывает «летний отпуск»: некоторые среднеазиатские виды этих насекомых зимуют и размножаются в теплых водоемах на равнинах, а с наступлением жары улетают на «дачу» в прохладные горы

Влияние на климат углекислого газа в существующих моделях может быть в несколько раз завышено, поскольку есть основания считать, что сначала меняется температура, и лишь затем – концентрация CO₂, а не наоборот

www.scfh.ru

О Науке

с любовью

А. Беляев

26 сентября 2015 г. в Санкт-Петербурге состоялось вручение одной из самых престижных литературных премий в России — **премии им. Александра Беляева** (Беляевской премии).

В номинации «**Журналу — за наиболее интересную деятельность в течение года**» лауреатом стал журнал «**В мире науки / Scientific American**». Почетная и престижная награда станет для нашего журнала дополнительным стимулом в дальнейшей работе.



Мы побеседовали с **Антоном Ивановичем Перушиным**, писателем, научным журналистом, секретарем жюри Литературной премии им. Александра Беляева.

— **Почему выбор пал на наш журнал?**

— В отличие от других номинаций, куда попадают отдельные тексты или циклы, представленные издательствами или самими авторами, номинация за лучшее средство массовой информации в области популяризации науки наполняется по результатам мониторинга всего издательского поля. Поэтому могу сказать, что журнал «В мире науки» давно обратил на себя внимание жюри. Заметили мы и выпускаемые вами электронные альманахи. Когда стала выходить сетевая версия, члены жюри получили возможность ознакомиться с полным комплектом материалов, а не с отдельными номерами. И, конечно, мы отметили, что журнал, несмотря на подчеркнутую академичность, с каждым годом становится все более популярным, т.е. рассчитанным на более широкую аудиторию, которая не ограничивается научным сообществом. Радует и то, что становится больше статей отечественных авторов, хотя и иностранцев читать тоже всегда интересно.

— **Какое из направлений нашей работы показалось вам наиболее важным и интересным?**

— Трудно выделить какое-то одно направление. Для периодического издания важно создать у читателя впечатление целостности при очевидном многообразии представленных материалов, и с этим журнал «В мире науки» успешно справляется. Пожалуй, особенно стоит отметить еще и умение выделять практическую составляющую в сколь угодно абстрактном исследовании — тогда у стороннего читателя не возникает ощущения оторванности науки от повседневных проблем. За это можно сказать отдельное спасибо не только авторам, но и редакционной коллегии, ведь конкретный формат

Беляевская премия

Литературная премия им. Александра Беляева (Беляевская премия) была основана в 1990 г. секцией научно-художественной и научно-фантастической литературы Ленинградской писательской организации Союза писателей СССР. В то время премия присуждалась за достижения в области фантастической и научно-художественной литературы раз в два года. Несколько раз статус премии пересматривался, несколько лет после ликвидации Беляевского фонда она не присуждалась. Но с 2002 г. Беляевская премия была возобновлена, и теперь ежегодно лауреатами премии становятся писатели, издательства и журналы исключительно за достижения в области просветительской литературы. В отдельную номинацию выведены электронные СМИ. Премия носит имя Александра Романовича Беляева, поскольку он был первым профессиональным писателем, создававшим как фантастические, так и научно-художественные произведения.



издания диктует выбор манеры изложения специалистам, собирающимся в нем публиковаться.

— Считаете ли вы просветительскую деятельность актуальной и необходимой?

— Скажу банальность: Россия не может сохранить статус передовой державы, если в ней не будет передовой науки, а наука нуждается в активной популяризации, чтобы привлекать в научное сообщество молодежь. Звучит пафосно, но именно так обстоит реальное положение вещей. Можно сколько угодно повышать заработную плату и размер грантов, но если у научных работников не будет никакой иной мотивации, кроме финансовой, то их будет трудно удержать в соответствующей нише: всегда найдется кто-нибудь, кто заплатит хорошему специалисту больше. Надо показывать, что наука востребована, что она увлекательна, что она формулирует величественные задачи и решает их, что от благосостояния науки зависит благосостояние общества. В любом другом случае мы получим науку «неудачников».

— 2015 г. — год литературы в России. Каким годом стоило бы объявить 2016 г.?

— Напрашивается — годом науки. Но лучше годом образования. Именно сейчас, в период мирового кризиса, когда рушится традиционный уклад и неизменно возросли угрозы, нашему обществу необходимо озаботиться возрождением полноценного образовательного института, включающего не только университеты, высшие школы и колледжи, но и площадки для просветительской деятельности, где будет поддерживаться атмосфера познания. Ученые — наша элита, формирующая облик будущего. Они заслуживают всяческого уважения и... немножко рекламы. ■

Беседовал Олег Ващенко

ОТ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



В.Е. Фортов, главный редактор журнала «В мире науки / *Scientific American*» и президент РАН, тепло поблагодарил жюри Беляевской премии. Отвечая на вопросы Информационного агентства REGNUM, насколько близки сегодня наука и фантастика и не фантастика ли то, что научному журналу была присуждена литературная премия, он отметил:

«Современная наука действительно очень близка к фантастическим вещам. И задача нашего журнала — рассказать об этих вещах доступно и интересно. Не думаю, что присуждение такой премии — фантастика. Это просто высокая оценка труда всей редколлегии журнала и авторов, которые пишут на самые широкие темы. Мы стараемся сделать так, чтобы этот журнал был интересен максимально большому количеству людей». Отвечая на вопрос, какой информационный повод он назвал бы самым важным, В.Е. Фортов добавил: «Буквально в эти дни очень важный повод — 70-летие атомной отрасли. Это отмечается весьма широко, поскольку атомная отрасль так близко соприкасается с наукой, как ни одна другая область человеческой деятельности. Вся она возникла из фундаментальных исследований, которые были проведены в 30–40-е гг. XX в. и перевернули всю цивилизацию. Было создано самое мощное оружие в мире, и люди получили доступ к самым мощным и неисчерпаемым видам энергии». Этой теме посвящен сентябрьский спецвыпуск журнала «В мире науки / *Scientific American*».

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 2015 г. составит:

Для физических лиц: **1380 руб. 00 коп.** — доставка заказной бандеролью*.

Для юридических лиц: **1500 руб. 00 коп.**

Стоимость одного номера журнала: за 2013 г. — **100 руб. 00 коп.**, за 2014 г. — **120 руб. 00 коп.**

(без учета доставки); стоимость почтовой доставки по России — **100 руб** заказной бандеролью, **70 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
2014 г.												
2013 г.							объединенный выпуск					
2012 г.												
2011 г.												
2010 г.											объединенный выпуск	

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 БИК 044525225
России ОАО №9038/00495 3010181040000000225
Корреспондентский счет ИНН 7701059492; КПП 772901001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год		

Плательщик

Некоммерческое партнерство
«Международное партнерство
распространения научных знаний»
Расчетный счет 40703810238180000277
В Московском банке Сбербанка БИК 044525225
России ОАО №9038/00495 3010181040000000225
Корреспондентский счет ИНН 7701059492; КПП 772901001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год		

Плательщик

**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	Contributing editors:	Mark Alpert, Steven Ashley, Davide Castelvecchi, Graham P. Collins, Deborah Franklin, Maryn McKenna, John Rennie, Sarah Simpson
Executive Editor:	Fred Guterl	Art director:	Ian Brown
Managing Editor:	Ricki L. Rusting	President:	Steven Inchcoombe
Managing Editor, Online:	Philip M. Yam	Executive Vice President:	Michael Florek
Design Director:	Michael Mrak	Vice President and Associate Publisher,	
News Editor:	Robin Lloyd	Marketing and Business Development:	Michael Voss
Senior Editors:	Mark Fischetti, Christine Gorman, Anna Kuchment, Michael Moyer, George Musser, Gary Stix, Kate Wong	Vice President, Digital Solutions:	Wendy Elman
Associate Editors:	David Biello, Larry Greenemeier, Katherine Harmon, Ferris Jabr, John Matson	Adviser, Publishing and Business Development:	Bruce Brandfon
Podcast Editor:	Steve Mirsky		

Читайте в следующем номере:

СПЕЦВЫПУСК: **100 лет общей теории относительности**

Генеральная уборка после Эйнштейна

В конце своей жизни Альберт Эйнштейн пытался создать «теорию всего», описывающую все силы в космосе. Он потерпел неудачу, в частности потому, что две из этих сил — слабая и сильная — в то время еще не были открыты. Физики делают новую попытку, начав с получения данных о новых типах частиц и полей.

Гений в банке

На примере очень странной истории с мозгом Эйнштейна хорошо видны проблемы, с которыми сталкивается наука при поиске истоков гениальности.

Путешествие в голове

Мысленные эксперименты Эйнштейна оставили по себе большое и часто запутанное наследие.

Как Эйнштейн переизобрел реальность

Альберт Эйнштейн создал свою самую знаменитую теорию несмотря на личные неурядицы, политическую напряженность и научное соперничество, которое едва не стоило ему славы первооткрывателя.

Правит ли космосом случайность?

Утверждение Эйнштейна, что Бог не играет в кости со Вселенной, было истолковано неправильно. Более пристальное исследование показывает, что Эйнштейн не отрицал квантовую механику или ее индетерминизм, хотя он все же полагал — по веским научным причинам, — что случайность скорее всего не есть фундаментальное свойство природы.

Достижение относительности

Визуализация некоторых физических терминов подтверждает непреходящую влияние относительности Эйнштейновского шедевра столетней давности.

Проверка черной дырой

Общая теория относительности никогда не тестировалась в таких местах, где проявления гравитации действительно экстремальны, — например, на границе черной дыры. Однако это положение вещей скоро изменится.



В чем Эйнштейн ошибался?

Ошибки делает каждый. Однако ошибки великого физика особенно познавательны.

Кем на самом деле был Эйнштейн?

Несомненно, он был хорошим ученым. Но наука — это еще не все. Гражданин мира, грубиян, звезда, бунтарь...

Почему он столь значим

Плоды труда Эйнштейна повлияли на цивилизацию в большей степени, чем это казалось возможным. Его идеи перевернули науку и переплелись с культурой и искусством.



При поддержке
Правительства
Москвы



МИНИСТЕРСТВО
ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ



ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ,
ПРОМЫШЛЕННОЙ
ПОЛИТИКИ И
ПРЕДПРИИМАТЕЛЬСТВА
ГОРОДА МОСКВЫ



МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
М.В.ЛОМОНОСОВА

НАУКА + ФЕСТИВАЛЬ МОСКВА 9-11 ОКТЯБРЯ

www.festivalnauki.ru



ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ПАРТНЕРЫ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ПАРТНЕРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ

