

БИОМЕХАНИКА

Тайна олимпийских
скоростей

МЕДИЦИНА

Технологии
кардиологии

ОБРАЗОВАНИЕ

Все дети —
программисты?

В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Ежемесячный
научно-информационный
журнал

www.sci.ru.org

10 2016

12+

Самое пустое место в космосе

Область пространства,
в которой ничего нет,
помогает познавать
Вселенную





СОДЕРЖАНИЕ

Октябрь 2016

Темы номера

КОСМОЛОГИЯ

Самое пустое место в космосе

Иштван Сапуди

Попытки объяснить странное холодное пятно в космосе привели ученых к открытию гигантской и почти совершенно пустой области

ПЛАНЕТОЛОГИЯ

Миссия длиной в семь лет, чтобы добыть 60 граммов астероида

Данте Лауретта

Путешествие зонда OSIRIS-REx к астероиду Бенну даст ответ на вопросы о нашем самом далеком прошлом и возможном будущем

ФОРУМ

И вырастут кедровые рощи

Владимир Губарев

В Томске прошли Международный форум ресурсоэффективности и Сибирская академическая неделя, организованные Томским политехническим университетом

СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ: ОБРАЗОВАНИЕ

4 Все дети — программисты?

Энни Мерфи Пол

И со стороны Белого дома, и из Кремневой долины все громче звучит призыв обучать всех школьников программированию. Однако реально ли это и действительно ли нужно американским школам?

30

НАУКА И ОБЩЕСТВО

14 Курчатовцы в «Сириусе»

Валерий Чумаков

О сотрудничестве НИЦ «Курчатовский институт» с образовательным центром для одаренных детей «Сириус» рассказывает **Вадим Ушаков**

40



БИОМЕХАНИКА

24 Секрет скорости

Дина Файн Марон

Благодаря новому взгляду на биомеханику бега на короткие дистанции олимпийцы смогут улучшить свои результаты

48





14

БИОЛОГИЯ

Нейробиология зомбирования

Кристи Уилкокс

Ученые выяснили, каким образом яд, введенный таракану крошечной осой, превращает насекомое в безвольную марионетку и в идеальный источник пропитания для ее потомства

МЕДИЦИНА

На чем сердце успокоится

Валерий Чумаков

О новых прогрессивных методах ремонта главного человеческого мотора — академик **Баграт Аляян**

Улики в геноме

Мартин Ройтер

Эмоциональное выгорание обычно считается результатом стресса и других внешних факторов. На самом же деле это гены решают, кому болеть, а кому нет

КУЛЬТУРА ПИТАНИЯ

На завтрак, обед и ужин — вся Вселенная!

Владимир Губарев

Академик **Виктор Тютельян** объясняет, что такое на самом деле здоровое и безопасное питание и какие меры принимаются в нашей стране для его обеспечения

Разделы

От редакции

50, 100, 150 лет тому назад

Технофайлы

56

62

70

76

3

55

86



122

РАН | ОБЩЕЕ СОБРАНИЕ | БУДУЩЕЕ АКАДЕМИИ

ФИЗИКА

Шлюпка физиков в океане частиц

88

Владимир Губарев

О новых открытиях своей группы, удививших весь научный мир, и о перспективах современной физики рассказывает член-корреспондент РАН **Михаил Данилов**

ОПТИКА

Новые законы распространения света

96

Наталья Лескова

Под руководством профессора **Андрея Федянина** в МГУ ведутся исследования в области нелинейной нанофотоники

АНТРОПОЛОГИЯ

По следам денисовского человека

104

Ольга Беленицкая

Ученые из Института археологии и этнографии со РАН обнаружили в Денисовой пещере уникальный артефакт. Об этом и не только — директор института **Михаил Шуньков**

БОТАНИКА

Русский Эдем

114

Наталья Лескова

Никитский ботанический сад — одно из главных чудес Крыма, его визитная карточка. О научной работе и о том, зачем нужны такие сады, — беседа с директором НБС-ННЦ РАН **Юрием Плугатарем**

АРХЕОЛОГИЯ

Магия древности

122

Константин Кудряшов

О том, как архитектурная археология отвечает на вопросы о национальном характере и тонкостях политической жизни, говорит руководитель Новгородской археологической экспедиции член-корреспондент РАН **Владимир Седов**

В мире науки

SCIENTIFIC
AMERICAN

Наши партнеры:



PETER



SERVICE



Сибирское отделение РАН



РОСАТОМ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



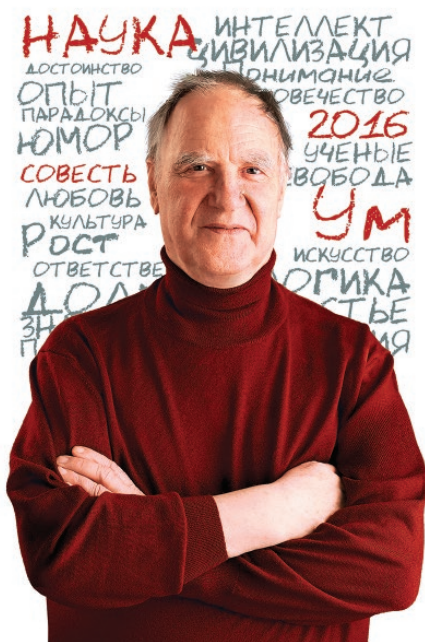
очевидное
невероятное



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия

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



Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство
распространения научных знаний»

Главный редактор:

В.Е. Фортон

Первый заместитель главного редактора:

А.Л. Асеев

Заместитель главного редактора:

С.В. Попова

Ответственный секретарь:

О.И. Стрельцова

Зав. отделом иностранных материалов:

А.Ю. Мостинская

Шеф-редактор иностранных материалов:

В.Д. Ардаматская

Зав. отделом российских материалов:

О.Л. Беленицкая

Выпускающий редактор:

М.А. Янушкевич

Обозреватели:

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

Администратор редакции:

О.М. Горлова

Научные консультанты:

акад., д.м.н., проф. Б.Г. Алекян; чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. М.В. Данилов;
д.с.-х.н. Ю.В. Плугатарь; чл.-корр. РАН, д.иск., проф. В.В. Седов; к.ф.-м.н. В.Г. Сурдин;
акад., д.м.н. В.А. Тутельян; к.б.н. В.Л. Ушаков; д.ф.-м.н., проф. А.А. Федянин;
д.и.н. М.В. Шуньков

Над номером работали:

М.С. Багоцкая, К.В. Кудряшов, А.П. Кузнецов, Н.Л. Лескова, Е.С. Новоселова,
А.И. Прокопенко, О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, В.В. Свечников, Н.Н. Шафрановская,
С.Э. Шафрановский

Арт-директор:

Д.В. Левин

Верстка:

А.Р. Гукасян

Корректур:

Я.Т. Лебедева

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

В.Е. Фортон

Директор НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

С.В. Попова

Заместитель директора НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

В.К. Рыбникова

Финансовый директор:

Л.И. Гапоненко

Главный бухгалтер:

Е.Р. Мещерякова

Адрес редакции:

Москва, ул. Ленинские горы, 1, к. 46, офис 138;
тел./факс: 8 (495) 939-42-66; e-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru
Иллюстрации предоставлены Scientific American, Inc.

Отпечатано:

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

Заказ №10 16-09-00612

© 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.

«Нет ничего в мире сильнее свободной научной мысли»

Третий год российская наука существует в условиях реформирования. Выполнена значительная часть организационно-технической работы, но к решению главных проблем науки мы только-только приступаем. Я не буду сейчас касаться драматических моментов этого процесса. Наоборот, хочу отметить ряд явлений иного рода, которые в очередной раз подтверждают мысль Л.Н. Толстого: «Старайся исполнить свой долг, и ты тотчас узнаешь, чего ты стоишь».

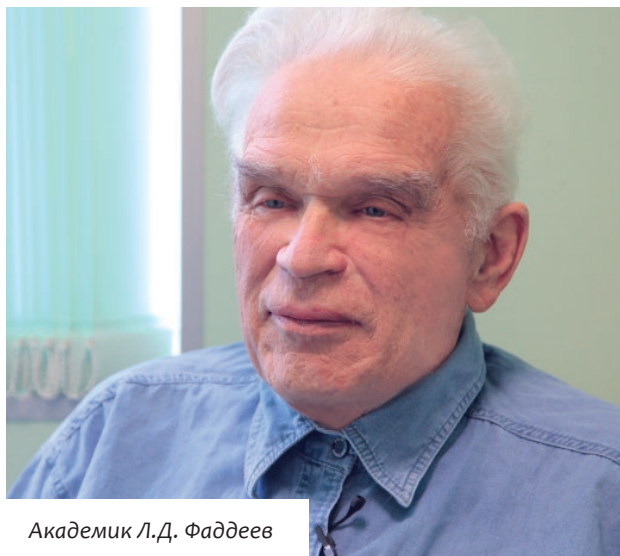
Прежде всего, я имею в виду учреждение наиболее престижными научными организациями мира, среди которых Европейское физическое общество и Американское физическое общество, международной медали в честь выдающегося физика и математика академика Людвига Дмитриевича Фаддеева. Это важное признание вклада российского ученого и всей российской математической школы в мировую науку.

Отныне медаль будет присуждаться на международных конференциях этой серии за лучшую работу в области квантовой теории многих тел. Присвоение научной награды имени ученого при его жизни — редчайшая практика. До сих пор история знала лишь один подобный пример: в 1929 г. была учреждена медаль имени Макса Планка, первыми ее лауреатами стали Альберт Эйнштейн и сам Планк. Мы поздравляем Людвигу Дмитриевича с этим прекрасным событием.

Учреждение медали приурочено к 55-летию с момента опубликования научного труда Л.Д. Фаддеева «Теория рассеяния для системы трех частиц». Этот труд сделал автора основоположником целого направления в науке, новой научной школы. Сегодня это передний край математической физики. В следующем номере журнала вы сможете прочитать материал, посвященный академику Л.Д. Фаддееву.

Открытие бозона Хиггса завершило создание стандартной модели — фундаментальной теории, которая отражает наше представление о материи во Вселенной. Тем не менее в этом вопросе, по-видимому, рано ставить точку, еще не все доказано и есть много нового и интересного. Поиск таких явлений — основное направление в области физики элементарных частиц. Именно этим занимается группа члена-корреспондента РАН М.В. Данилова в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН). Интервью с ним — в этом номере журнала.

Ученые Российской академии наук исследуют не только устройство Вселенной, но и то, с чего и как началась история человечества. Речь идет



Академик Л.Д. Фаддеев

о важнейших археологических находках этого года. Ученые Сибирского отделения РАН под руководством академика А.П. Деревянко нашли в Денисовой пещере на Алтае уникальный артефакт — самую древнюю на сегодня костяную иглу, которой более 50 тыс. лет. находка свидетельствует о том, что Алтай был одним из центров формирования культуры человека современного физического облика. Другая находка связана с древним Новгородом. Ученые из Института археологии РАН обнаружили под руководством члена-корреспондента РАН В.В. Седова на руинах церкви Благовещения в Великом Новгороде фрагменты фресок начала XII в., ранее считавшихся утраченными. Найденные материалы — одни из самых древних памятников домонгольской Руси.

Эти и другие материалы номера свидетельствуют о важности фундаментальных исследований, без которых невозможны инновации и движение вперед современного общества. Они лежат в основе сложнейших медицинских операций, спасающих жизнь миллионам людей, в основе высоких технологий, без которых немыслима жизнь современного человека. Уникальные сорта цветов из Никитского ботанического сада — результат колоссального научного труда ученых-ботаников. Великий химик Д.И. Менделеев говорил: «Без свечотца науки и с нефтью будут потемки».

Владимир Фортон,

президент Российской академии наук, главный редактор журнала «В мире науки / *Scientific American*»

КОСМОЛОГИЯ

САМОЕ ПУСТОЕ МЕСТО В КОСМОСЕ

Попытки объяснить странное холодное пятно в космосе привели ученых к открытию еще более странному: гигантской и почти совершенно пустой области

Иштван Сапуди



ОБ АВТОРЕ

Иштван Сапуди (István Szapudi) — астроном из Института астрономии Гавайского университета. Работает в области космологии и крупномасштабной структуры Вселенной.



Д

ля того чтобы увидеть самый древний свет во Вселенной, просто включите старый телевизор между каналами. Дрожащий ковер из точек и узоров — это результат воздействия на телевизионную антенну фотонов, испущенных 13,8 млрд лет назад, в эпоху, близкую к Большому взрыву. Эти фотоны с температурой около $2,7^{\circ}\text{K}$ летят к нам со всех сторон, почти равномерно заполняя все пространство, и формируют космический микроволновой фон (реликтовое излучение). Реликтовые фотоны — самый древний свет, и поэтому двумерную карту реликтового излучения часто называют детской фотографией Вселенной. Благодаря этой карте можно узнать о том, какова была ранняя Вселенная, и понять, почему мир вокруг нас таков, каким мы его видим.

Детская фотография Вселенной не лишена недостатков, называемых также аномалиями, потому что они не могут быть объяснены с помощью современной стандартной космологической модели. Одна из самых больших аномалий — так называемое холодное пятно на карте анизотропии реликтового излучения — была детально изучена по данным космической миссии *NASA WMAP* (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*). Это пятно по площади равно примерно 20 Лунам, как мы ее видим с Земли. Для одних ученых эта аномалия — досадная неприятность, нарушающая стройную картину стандартной космологической модели, а для других — источник научного любопытства и куража перед неизвестным.

Одно из возможных объяснений аномалии холодного пятна на карте анизотропии реликтового

излучения — это случайность. Другими словами, пятно возникло спонтанно и не представляет собой следствие каких-то особых причин. Однако, по оценкам ученых, вероятность такого случайного события невелика, примерно полпроцента. Другие возможности представлены широчайшим спектром — от рациональных до совершенно фантастических: от допущения проблем в наблюдательной технике и до наличия портала в другие измерения и прочих проявлений скрытых размерностей.

В 2007 г. было высказано предположение, что холодное пятно может быть следствием существования в космосе гигантской пустой области (так называемого войда), почти лишенной и галактик, и межгалактического вещества, и тогда положение этой области должно было бы коррелировать с положением холодного пятна на карте. Этот войд

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Космическое фоновое микроволновое излучение (реликтовое излучение) — самый древний свет, который пронизывает Вселенную. Анизотропия реликтового излучения содержит странное «холодное пятно», в котором температуры реликтовых фотонов несколько ниже среднего фона.
- Одно из возможных объяснений — предположение о существовании сверхвойда, гигантской и относительно пустой области, по пространственному положению совпадающей с холодным пятном. Фотоны света, идущие через нестационарный (то есть ускоренно расширяющийся) сверхвойд, изменяют энергию, уменьшая или увеличивая ее в зависимости от гравитационного потенциала (ансамбль таких фотонов изменяет температуру, становясь то холоднее, то горячее), — это интегральный эффект Сакса — Вольфа.
- Недавно астрономы предположительно открыли сверхвойд протяженностью 1,8 млрд световых лет, лежащий в той же области неба, что и холодное пятно. Однако пока наблюдательных данных недостаточно для доказательства однозначной связи этих двух структур.



Сканирование неба с помощью панорамного Обзорного телескопа и Системы быстрого реагирования (Pan-STARRS) на острове Мауи помогло астрономам предположительно обнаружить огромное пустое пространство — сверхвойд, которое могло бы объяснить холодное пятно на карте анизотропии реликтового излучения

оказался бы наипустейшим местом во всей Вселенной, этаким редчайшим пузырем в сравнительно плотном окружении. Если такая пустота действительно существует, то ее исследование может быть очень полезным для понимания природы темной энергии, состав которой до сих пор неизвестен, но которая с уверенностью признается источником ускоренного расширения Вселенной. В настоящее время ведутся активные исследования, действительно ли положения войда и холодного пятна на карте анизотропии реликтового излучения совпадают.

Рассекая пустоту

Ученые пришли к мысли, что может существовать сверхвойд, порождающий холодное пятно на карте анизотропии реликтового излучения за счет того, что свет проходит через группы меньших войдов. Предполагаемый сверхвойд представляет собой крайность, но войды меньшего размера, содержащие малое число галактик, — обычное явление во Вселенной. Так же обычны и их противоположности — скопления галактик. Космологи считают, что неоднородность распределения вещества на сверхбольших масштабах зародилась в ранней

Вселенной из флуктуаций плотности, которые, в свою очередь, могли быть следствием квантовомеханических процессов. Другими словами, в ранней Вселенной существовал контраст плотности, который позже развился в крупномасштабную структуру. Чем больше масса, тем сильнее гравитационное поле, которое она создает, что, в свою очередь, привлекает в такие области новую массу. Те области, от которых уходит масса, и становятся войдами.

Поскольку войды содержат очень мало вещества, то с точки зрения распределения гравитационных полей они похожи на холмы, с которых все скатывается (*холмы гравитационного потенциала*. — *Примеч. пер.*). Так, если частица движется в войде от источников сильного гравитационного притяжения, расположенных во внешних областях, она замедляется, как шарик, который запустили катиться вверх по склону холма. Как только частица начинает двигаться в сторону границы войда, она разгоняется, как шарик, катящийся вниз по склону. Аналогично ведут себя и реликтовые фотоны, которые изменяют энергию, то есть частоту (скорость фотонов не меняется и остается всегда постоянной и равной скорости света в вакууме).

Изменение частоты для одного фотона соответствует изменению температуры для ансамбля фотонов. Когда фотоны попадают в войд, они «взбираются на холм», теряют энергию — и, следовательно, их температура уменьшается. Когда фотоны покидают войд, они «скатываются с холма», восстанавливают энергию и их температура повышается. Если бы пространство не расширялось с ускорением, то температура восстанавливалась бы до начальной, которая была у фотонов при вхождении в войд. Но это не так.

Примерно два десятилетия назад ученые обнаружили, что Вселенная не просто расширяется, но расширяется с ускорением. Большинство космологов считают, что ускорение вызвано темной энергией, обладающей таким свойством, что в пространстве ее давление отрицательно и она противодействует силам гравитационного притяжения (на сверхбольших масштабах. — Примеч. пер.). Ускоренное расширение искажает рассмотренный выше сценарий катания шариков по холму. Применительно к фотонам реликтового излучения это означает, что, пока фотон пересекает войд, окружающая холм равнина становится выше и, таким образом, плоский берег на другой стороне войда тоже становится выше. В результате, выходя из войда, фотон не может вернуть себе всю энергию, затраченную на подъем. Таким образом, в результате прохождения через войд фотоны теряют энергию, что на карте анизотропии реликтового излучения выглядит как группа холодных пятен. При пересечении сверхскоплений галактик реликтовые фотоны, наоборот, набирают энергию, что представлено на карте анизотропии группой горячих пятен.

Та часть анизотропии, которая генерируется за счет интегрального эффекта Сакса — Вольфа, не слишком велика даже при пересечении фотонами больших войдов. Порядок анизотропии составляет величину порядка 10^{-5} от изотропного фона. Однако в случае гигантской пустой области (сверхвойда) анизотропия должна быть достаточно большой для генерации холодного пятна. Найденный сверхвойд не только позволил бы объяснить природу холодного пятна на карте анизотропии реликтового излучения, но и стал бы еще одним наблюдательным тестом для темной энергии.

Охота за гигантской пустотой

Поговорим о поисках сверхвойда, начатых в 2007 г. Вообще говоря, обнаружить в космическом пространстве огромную пустую область сложнее, чем кажется на первый взгляд. Большинство астрономических инструментов дают плоские снимки неба, которые не содержат информации о том, как далеко лежат объекты на снимках. Одни галактики выглядят

Холодный одинокий энергетический холм в космосе

Ученые предположительно обнаружили сверхвойд — область пространства, в которой гораздо меньше галактик, чем в окружающих областях. Возможно, сверхвойд может объяснить странное холодное пятно на карте анизотропии реликтового излучения, открытое около десяти лет назад. Реликтовое излучение было рождено вскоре после Большого взрыва и до сих пор путешествует по Вселенной. Фотоны реликтового излучения, проходя через сверхвойд, могут терять энергию за счет так называемого интегрального эффекта Сакса — Вольфа.

Холодное пятно на карте анизотропии реликтового излучения

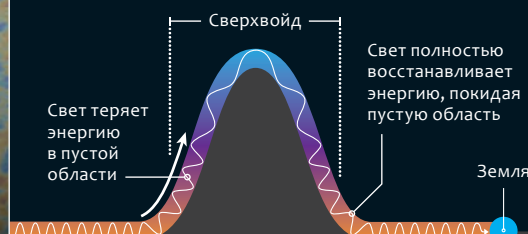
Расширение

1 Что такое холодное пятно на карте анизотропии реликтового излучения?

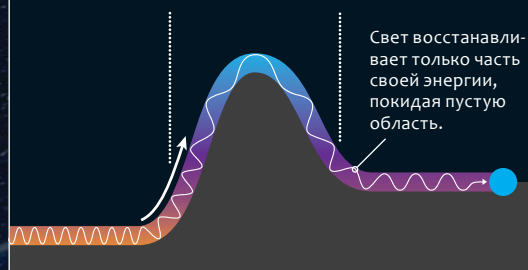
Реликтовое излучение — самый древний свет Вселенной, который распространяется по всему пространству. Двумерная карта анизотропии реликтового излучения представляет собой смену областей повышенной (красный) и пониженной (голубой) яркости с более высокой и более низкой температурой соответственно. В целом анизотропия реликтового излучения хорошо объясняется стандартной космологической моделью, однако есть и нерешенные вопросы, в частности наличие большого холодного пятна на этой карте (отмечено кружком), которое слишком холодно и слишком велико, чтобы быть легко объясненным. Проблема этого пятна волновала ученых с момента его открытия в 2004 г. космическим радиотелескопом WMAP.

Холодное пятно

Действие сверхвойда на изменение энергии идущего через него фотона в статической Вселенной...



... которое отличается от режима изменения энергии в расширяющейся системе



3 Как работает интегральный эффект Сакса — Вольфа?

Фотон, пересекающий сверхвойд, ведет себя как шарик, вкатывающийся вверх по склону холма. Поскольку сверхвойд почти пустой, его гравитационное поле меньше, чем поле окружающих более насыщенных веществом областей, и, следовательно, уменьшает энергию шарика. Когда фотон покидает сверхвойд, он ведет себя как шарик, который скатывается по склону холма. Скорость фотона, конечно, не меняется, она постоянна и равна скорости света в вакууме, но частота фотона меняется, что означает для ансамбля фотонов изменение температуры.

В статической Вселенной, проходя через пустую область, свет теряет и приобретает одно и то же количество энергии. Во Вселенной, расширяющейся с ускорением, это не так. Пока свет идет через сверхвойд, эта область пространства успевает расшириться, что для примера с шариками аналогично тому, как если бы окружающее холм пространство приподнялось и шарик, скатившись, оказался бы выше своего изначального положения, которое он имел, начиная подъем на холм. Другими словами, фотоны не восполняют свою энергию, и, пройдя сверхвойд, ансамбль фотонов становится холоднее, чем был до входа в сверхвойд.

2 Что представляет собой сверхвойд?

В 2015 г. астрономы предположительно открыли сверхвойд на расстоянии около 3 млрд световых лет от Земли. Этот сверхвойд, вероятно, сможет объяснить холодное пятно в данных анизотропии реликтового излучения. Для объяснения связи между этими двумя структурами представим себе Вселенную и отличающиеся средней плотностью области в ней как набор сфер (как вложенных одна в другую, так и парящих рядом друг с другом). Собственно пространство (внутренняя сфера) расширяется, так же как и поверхность последнего рассеяния, источник реликтовых фотонов (внешняя сфера), появившаяся примерно 13,8 млрд лет назад. Реликтовый свет, начав путь от поверхности последнего рассеяния, идет к наблюдателю со всех сторон, и какая-то его часть обязательно пересечет сверхвойд, в котором свет станет холоднее за счет интегрального эффекта Сакса — Вольфа (3).



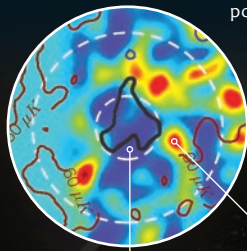
Не в масштабе

В поисках сверхвойда

Для поиска сверхвойда, который мог бы объяснить холодное пятно на карте анизотропии реликтового излучения, астрономы проанализировали каталог галактик, созданный космической миссией WISE — Глубокий инфракрасный обзор, а также с помощью двухмикронного Обзора всего неба (2MASS) и Pan-STARRS. В каталоге указаны положения большого числа галактик, однако не указаны расстояния до них, что необходимо для определения расстояния до сверхвойда. Для оценки расстояний до галактик использовались оптические данные в разных фильтрах для определения, насколько свет смещен в красную область электромагнитного спектра. Красное смещение далеких галактик вызвано ускоренным расширением Вселенной (длина волны света, испущенного источником в расширяющемся пространстве, также будет расширяться). Чем больше красное смещение галактики, тем дальше от Земли она находится. Совместно используя данные каталогов и оценки красных смещений (следовательно, и расстояний), ученые построили трехмерную карту распределения галактик в той части неба, где располагается холодное пятно.

Срезы Вселенной

Исследователи разделили трехмерную плотность распределения галактик на ряд срезов, показывающих, как меняется плотность галактик с расстоянием до наблюдателя. В каждом срезе (слева) цвет указывает плотность, где красные области соответствуют более плотным областям, содержащим много галактик, а голубые области соответствуют областям с малым количеством галактик. Срезы центрированы так, чтобы оказаться на одном луче зрения с холодным пятном на карте анизотропии реликтового излучения. Белыми кругами показаны радиусы 5 и 15 градусов вокруг центра холодного пятна (для сравнения: площадь Луны покрывает полградуса на небе). Черным контуром показан профиль холодного пятна. Красными контурами показаны другие структуры на карте анизотропии.

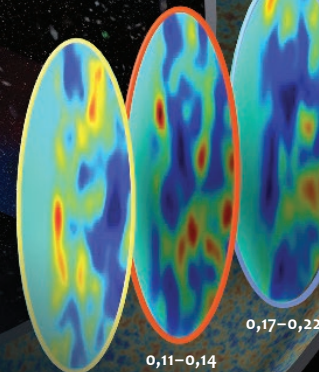


Повышенная плотность (красный)

Пониженная плотность (голубой)

Набор для объемных изображений

Исследователи создали три среза Вселенной, чтобы показать плотность распределения галактик на трех разных расстояниях: с красным смещением 0,09 (это соответствует расстояниям до 1,24 млрд световых лет); с красным смещением в интервале от 0,11 до 0,14 (это соответствует расстояниям от 1,5 млрд световых лет до 1,9 млрд световых лет); с красным смещением в интервале от 0,17 до 0,22 (что соответствует расстояниям в интервале от 2,3 млрд световых лет до 3 млрд световых лет). Ближайший срез не показывает наличие пустоты, а самый дальний, похоже, показывает небольшой войд, немного смещенный от центра среза для соответствия положению холодного пятна. Средний срез показывает большую пустую область, большей частью совпадающую с положением холодного пятна. Так был отождествлен сверхвойд.



Красное смещение 0,09

0,11–0,14

0,17–0,22

Не в масштабе

как бы слипшимися между собой, а другие, наоборот, широко отстоящими относительно луча зрения, что не соответствует реальным физическим расстояниям между ними. Для того чтобы установить относительное расположение галактик в пространстве и оценить расстояние до них, астрономы должны собрать дополнительную информацию о каждой галактике в отдельности. Это довольно трудоемкая задача. В 2007 г. группа ученых из Университета Миннесоты — Лоуренс Рудник (Lawrence Rudnick) и его коллеги — исследовали каталог галактик в радиодиапазоне, полученный в проекте обзора неба NRAO VLA. Было обнаружено, что область пространства, примерно совпадающая по расположению с холодным пятном на карте анизотропии реликтового излучения, содержит малое число галактик по сравнению со средним числом галактик в окружающих областях. Очень большое расстояние до этих галактик было априори известно из данных других каталогов. Собрав всю информацию воедино, ученые предположили,

что данная область представляет собой сверхвойд, ответственный за генерацию холодного пятна согласно механизму интегрального эффекта Сакса — Вольфа, и находится от нас на расстоянии около 11 млрд световых лет. Одна из трудностей такого предположения заключается в том, что свет, приходящий к нам сегодня, пересекал бы этот сверхвойд очень давно, примерно 8 млрд лет назад (именно восемь, а не 11, потому что с момента прохождения света через этот сверхвойд Вселенная успела расшириться почти в два раза). В те далекие времена влияние темной энергии еще не было так велико, как сегодня, и поэтому, вполне возможно, интегральный эффект Сакса — Вольфа был совсем незначительным для того, чтобы получить холодное пятно.

Работа группы Рудника не дала результатов, однако инициировала дальнейшие исследования в этой области. Вместе с молодыми исследователями Гавайского университета Беном Гранеттом (Ben Granett) и Марком Нейринком (Mark Neyrinck)

мы взялись проверить, насколько часто положение структурных особенностей карты анизотропии (областей повышенной и пониженной температуры, но не так ярко выраженных, как холодное пятно) коррелирует с положениями скоплений галактик и с открытыми ранее небольшими войдами. Статистический анализ выявил, что такая корреляция встречается довольно часто. Хотя ни одна из исследованных структурных особенностей не в состоянии объяснить большое холодное пятно, однако наличие корреляций на более мелких масштабах побудило исследователей работать дальше.

Была составлена программа наблюдений для международного телескопа (Канада — Франция — Гавайи), в ходе которой было снято несколько небольших полей, совпадающих с положением холодного пятна, и посчитано количество галактик в них. Увы, никаких указаний на наличие сверхвойда в месте, предсказанном группой Рудника, обнаружено не было. Существование сверхвойда на расстояниях свыше 3 млрд световых лет было исключено, что подтвердилось отрицательными результатами группы Малколма Бремера (Malcolm Bremer) из Бристольского университета.

В то же время статистическая значимость предсказаний Рудника была заново вычислена и оказалась ниже, чем полагали раньше. Другими словами, встал вопрос о целесообразности попыток объяснения холодного пятна с помощью интегрального эффекта Сакса — Вольфа. Но нет худа без добра: была найдена подсказка, как можно искать сверхвойд совсем рядом с нами.

Как ни парадоксально это звучит, поиск гигантской области пустоты вблизи нас оказался сложнее. Дело в том, что чем дальше наблюдаемое поле, тем больше его реальный физический размер и, следовательно, тем аккуратнее нужно подсчитывать количество галактик в этом поле. Близко же к нам, в меньших объемах, статистическая значимость низка. Таким образом, вероятность того, что малое число близких галактик указывает на наличие сверхвойда, составляет 75%. Это не слишком высокая вероятность, чтобы утверждать что-то наверняка. Необходимо иметь участки неба гораздо большей площади, охватывающие в совокупности фактически все холодное пятно. Доступные телескопы не давали нужного охвата.

Счастливый случай

Через несколько лет в наше распоряжение попали новые данные. В то время я распрощался со своими коллегами Гранеттом и Нейринком, с Гавайским астрономическим институтом и был занят работой над новым телескопом *PSI*, первой обсерваторией Обзорного панорамного телескопа и Системы быстрого реагирования (*Pan-STARRS*). Мы возлагали большие надежды на этот телескоп.

В обсерватории была установлена самая большая в мире камера с разрешением в 1,4 гигапикселя. Телескоп расположен на высоте около 3 км над уровнем моря на вулкане Халеакала на острове Мауи. В мае 2010 г. в ходе сотрудничества ряда университетов мы с коллегами начали картирование трех четвертей неба телескопом *PSI*. Мне припоминается разговор с Ником Кайзером (Nick Kaiser), который позже стал главой телескопа *PanSTARRS*, о том, что в первую очередь необходимо провести наблюдения области холодного пятна, — но, хотя положительного решения и не было принято, область холодного пятна попала в зону наблюдений, которые должны были вестись первые несколько лет. В ожидании данных, которые начали понемногу поступать, параллельно продолжались поиски сверхвойда в новых картах анизотропии реликтового излучения, полученных в результате работы космической миссии *Planck*, а также независимо по каталогам инфракрасных изображений галактик, полученных с помощью Глубокого инфракрасного обзора (*WISE*). Вместе со студентом Андрашем Ковачем (András Kovács) мы начали работу над этими данными. В частности, проводились поиски областей, содержащих небольшое число галактик, в каталоге *WISE* — и одна из найденных областей по расположению совпала с холодным пятном.

Ковач встречался со мной на Гавайях несколько раз. Летом я побывал в столице Венгрии, где Ковач учился в Университете им. Лоранда Этвеша. Кроме того, мы поддерживали ежедневные телемосты и вследствие 12-часовой задержки между Гонолулу и Будапештом наши диалоги часто продолжались далеко за полночь по европейскому времени. Во время одной из таких сессий я попросил Ковача поискать самую большую область низкой плотности галактик, другими словами, самый большой войд, в *WISE*-каталоге галактик. Спустя несколько дней Ковач прислал по электронной почте письмо с изображениями и координатами самых больших войдов каталога. Читая его сообщение, я сразу же понял, что положение одной из таких пустот совпало с областью холодного пятна на карте анизотропии реликтового излучения. До этого момента я не говорил Ковачу о своем поиске связей сверхвойда и холодного пятна, и открытие стало чрезвычайно воодушевляющим, потому что исследования Ковача оказались совершенно непредвзятыми — он не надеялся отыскать войд в определенной «желаемой» области. Поскольку все галактики *WISE*-каталога расположены в достаточной близости от нас, это было указанием на то, что сверхвойд, быть может, следует искать где-то рядом.

Открытие и первоначальные подсказки разделяли годы работы. Использовались данные *WISE*, *Pan-STARRS* и проекта двухмикронного Обзора всего неба (*2MASS*), но прежде всего нужно было определить расстояния до галактик. Один

из способов определения реального физического расстояния до некоторого объекта — измерить красное смещение этого объекта, то есть смещение электромагнитного спектра излучения в красную сторону. Чем дальше расположена галактика, тем быстрее она удаляется от нас и тем больше величина ее красного смещения. Несмотря на то что исследователи не могли измерить красное смещение интересующих их галактик, они смогли оценить его приблизительно, анализируя цвета галактик, сравнивая их с цветами галактик без красного смещения и используя разные цветные фильтры. Наконец в области холодного пятна все галактики были снабжены оценками расстояний, то есть была построена трехмерная карта этой области. Далее была сделана серия срезов — наборов плоских картинок, каждая из которых соответствовала некоторому расстоянию до наблюдателя. Первый набор изображений выглядел примерно как вертикальные ломтики яблока, в центре которого скрывался сверхвойд, который имел примерно сферическую форму. Оказывается, гигантская пустая область скрывалась совсем близко от нас, на расстоянии около 3 млрд световых лет, и именно поэтому ее было так трудно обнаружить. Исследование статистики данных показало, что существование сверхвойда подтверждается в подавляющем большинстве случаев. Другими словами, в месте расположения холодного пятна на карте анизотропии реликтового излучения с большой вероятностью существует огромная пустая область. Эта область действительно гигантская — ее поперечный размер составляет около 1,8 млрд световых лет. Возможно, это самая большая структура, найденная учеными в космосе. И область эта довольно редка — по оценкам, их должно быть всего несколько в пределах видимой Вселенной.

О природе холодного пятна

Итак, по мнению отдельных исследователей, в том числе и автора этой статьи, искомый сверхвойд найден. Скопления галактик и войды галактических масштабов коррелируют с пятнами повышенной и пониженной яркости на карте анизотропии реликтового излучения. Предположительно найденный сверхвойд совпадает в своем положении с большим холодным пятном на карте анизотропии. Решена ли задача? Не совсем, даже при самых оптимистических ожиданиях. Даже такое пространственное совпадение не доказывает, что одно обуславливает другое. Возможно, что совпадение случайно. Вероятность случайности, по оценкам автора статьи, мала: частота события, что сверхвойд послужил причиной появления холодного пятна, в 20 тыс. раз больше, чем частота случайного совпадения их положений. Есть и еще проблема, гораздо более серьезная. Совпадения положений недостаточно, важен и размер

сверхвойда. Для того чтобы объяснить пониженную температуру холодного пятна относительно средней анизотропии, размер сверхвойда должен быть даже больше, чем это предварительно оценено, в два, а быть может даже в четыре раза. Неопределенность настолько велика, что многие космологи еще более уверенно приписывают случайности совпадение положений сверхвойда и холодного пятна. Звучат предложения искать другие объяснения, например с помощью имитации интегрального эффекта Сакса — Вольфа меньшим против ожидаемого излучением галактик. Кроме того, хотя, по моему мнению, наблюдения доказывают существование сверхвойда, все равно необходимо более точно определить его пространственную геометрию. Если, например, сверхвойд вытянут по направлению луча зрения или несколько меньших войдов в проекции имитируют один большой (конструкция типа снеговика), то происхождение холодного пятна становится объяснить легче.

Трудностей много. Необходимо больше данных, чтобы сказать что-то определенное. Уже планируются новые наблюдения на *PSI* полного неба, а не только начальной частичной области. Большее количество наблюдательных данных позволит уменьшить неопределенность результата.

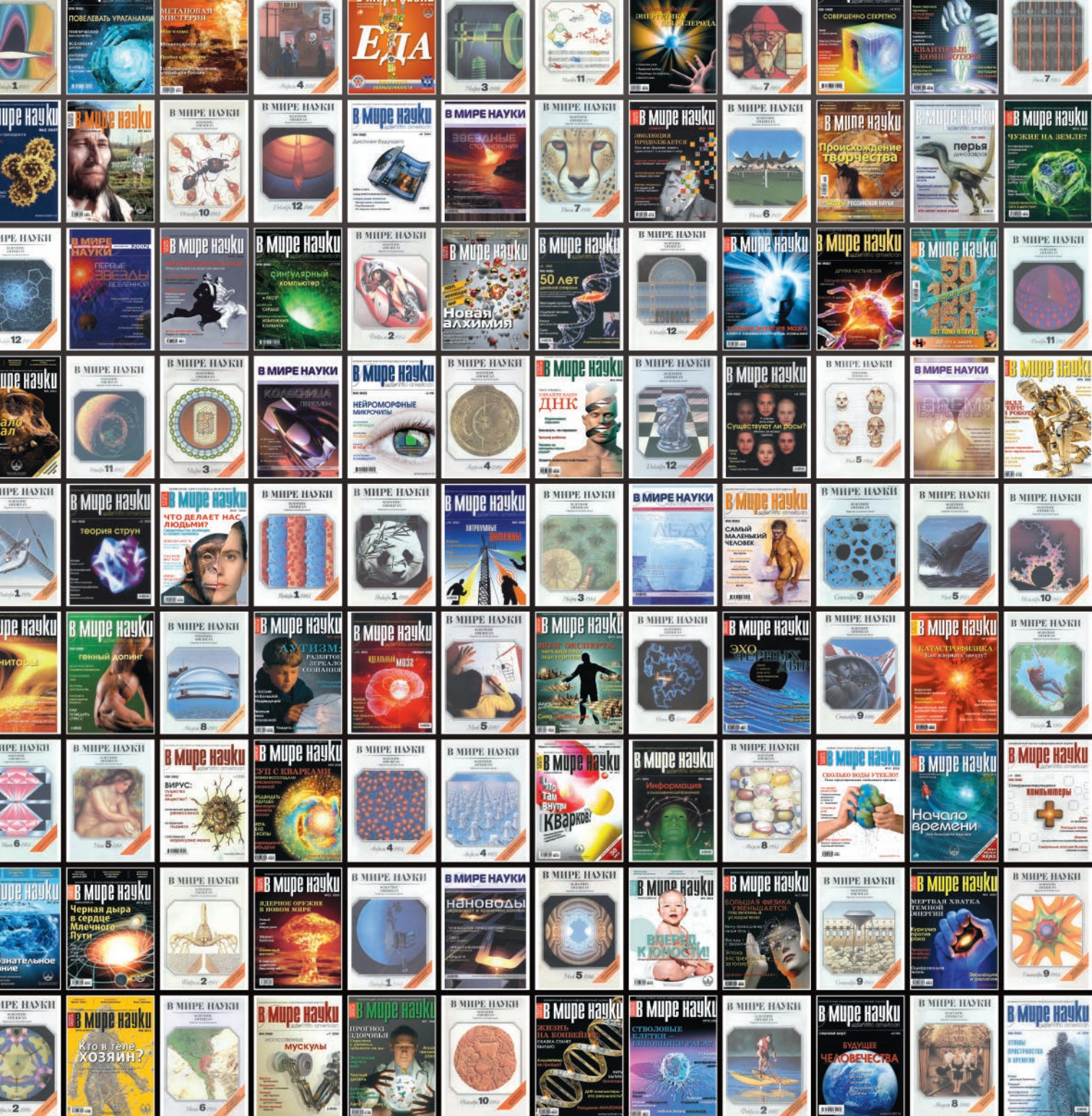
Кроме того, большая статистика данных поможет выявить расхождения в наблюдениях и теории, которая предсказывает размеры и формы таких сверхвойдов. Это может оказаться очень интересным для проверки альтернативных теорий гравитации, которые расходятся с теорией относительности на сверхбольших масштабах, — с этой точки зрения сверхвойд представляет собой уникальный объект для исследования альтернативных гравитационных теорий.

В любом случае открытие такого не имеющего аналогов объекта, как гигантская область пустоты, поможет космологам лучше понять крупномасштабную структуру Вселенной, а также, возможно, прольет свет на нерешенную проблему состава темной энергии, предоставит шанс вскрыть глубинные свойства гравитации. В ближайшие годы планируются новые наблюдения и новые исследования сверхвойда для понимания мира, в котором мы живем. ■

Перевод: О.С. Сажина

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Старкман Г., Шварц Д. Хорошо ли настроена Вселенная? // ВМН, № 11, 2005.
- Detection of a Supervoid Aligned with the Cold Spot of the Cosmic Microwave Background. István Szapudi et al. in Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 450, No. 1, pages 288–294; June 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



МИССИЯ ДЛИНОЙ В СЕМЬ ЛЕТ, ЧТОБЫ ДОБЫТЬ 60 ГРАММОВ АСТЕРОИДА



ПЛАНЕТОЛОГИЯ

Путешествие
зонда *OSIRIS-REx*
к астероиду Бенну
даст ответ на вопросы
о нашем самом
далеком прошлом
и возможном
будущем

Данте Лауретта

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

■ Астероиды — оставшиеся нетронутыми остатки строительного материала Солнечной системы, которые содержат ответы на давнишние вопросы о процессах формирования планет и, возможно, возникновения жизни.

■ Для нас они таят в себе как благоприятные возможности, так и опасности: в астероидах есть металлы, вода и органические соединения, которые можно было бы добывать. Но небольшое их число способны нанести удар по Земле.

■ Не только для науки и обеспечения безопасности, но и ради извлечения прибыли доставка образцов с астероидов на нашу планету для их последующего изучения откроет новую страницу в исследовании астероидов.

Как колибри, зависшая над цветком, в 2019 г. космический зонд OSIRIS-REx попытается извлечь образцы грунта с богатой углеродом поверхности Бенну. Эта экспедиция — самая многообещающая из всех попыток доставить образцы с астероида из когда-либо предпринимавшихся ранее и первая в США.



ОБ АВТОРЕ

Данте Лауретта (Dante S. Lauro) — профессор планетологии Аризонского университета. Его основные научные интересы включают формирование пригодных для жизни планет и вероятность возникновения жизни где-нибудь еще на просторах Вселенной. Он любит путешествовать вместе со своей семьей на горных велосипедах и наслаждаться естественной красотой пейзажей пустыни Сонора, которую называет своим домом.



Вероятно, самый опасный из известных человечеству астероидов был обнаружен в 1999 г. Он несется в космосе по нестабильной орбите, которая периодически пересекается с орбитой Земли, обращающейся вокруг Солнца. Вновь открытый космический объект размером с полкилометра астрономы назвали Бенну — по имени животворящего божества египетской мифологии (*птица Бенну олицетворяла собой воскресение из мертвых и была связана с Осирисом, богом возрождения и царем загробного мира; символизировала солнечное начало и стала прообразом птицы Феникс в мифах древних греков. — Примеч. пер.*).

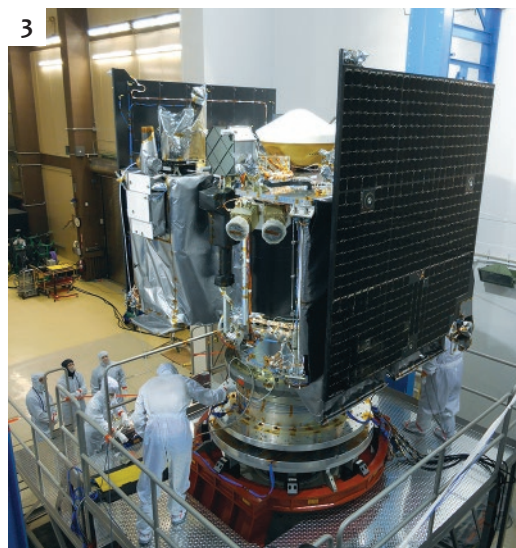
И в самом деле, если астероид Бенну, имеющий в своем составе органические соединения и богатые водой минералы, упадет на безжизненную планету, он, вероятно, посеет ростки жизни. И наоборот, не исключено, что ему суждено стать причиной колоссальных страданий и смерти. По прогнозам астрономов, в 2135 г. во время своего очередного пролета Бенну пройдет ближе к Земле, чем Луна, и это, возможно, так изменит траекторию астероида, что столкновение с нашей планетой в конце XXII столетия станет неизбежным.

Никто не может предсказать, куда именно на Землю он может упасть, хотя простая арифметика показывает, что в результате столкновения с ним выделится энергия, эквивалентная взрыву не менее чем 3 тыс. мегатонн тринитротолуола. Если пролет 2135 г. направит его на траекторию, ведущую к столкновению с Землей, лидеры мировых держав должны будут совершить выбор, по сути, из двух вариантов: эвакуировать население огромного региона планеты или же отправить космическую экспедицию с целью отклонить астероид с опасной траектории. Чтобы оценить, насколько грандиозной должна быть эвакуация или какого масштаба экспедиция потребуется для отклонения астероида, те будущие эксперты частично станут исходить из данных, полученных более чем за столетие до того космическим аппаратом NASA, запущенным в сентябре этого года. Космический зонд, получивший имя OSIRIS-REx, посетит Бенну с целью доставить на Землю образцы астероида.

Как рождался OSIRIS-REx

Будучи остатками, не использованными при формировании планет Солнечной системы, астероиды остаются посланниками из самых темных глубин нашей истории, неся в себе сведения о событиях, которые на сотни миллионов лет предшествовали процессам, зафиксированным геологической хронологией Земли, и которые невозможно изучить никаким иным образом. Образцы с астероида, вероятно, содержат ответы на давние вопросы происхождения Солнца, формирования планет и даже возникновения жизни на Земле. Добавьте ко всему этому необходимость защиты от катастрофических столкновений с астероидами, и станет понятно, почему ученые интересуются этими объектами.

Менее очевидно, почему нам следует посылать зонд в кругосветное путешествие с целью получить образцы астероида. В конце концов, обломки астероидов падают на Землю постоянно — мы



Путешествие зонда OSIRIS-REx к Бенну началось 12 годами ранее его запланированного запуска на сентябрь 2016 г. Сначала космический аппарат был собран (1), а затем прошел испытания в вакуумной камере (2) и акустических лабораториях (3) в Центре космических систем компании Lockheed Martin в Литлтоне, штат Колорадо.

называем их метеоритами. Проблема заключается в том, что мало какие из метеоритов — если вообще таковые имеются — сохранились в первоначальном виде. Все они должны были пройти огненное, с оплавлением поверхности, вхождение в атмосферу Земли, и большинство из них годами, столетиями и даже тысячелетиями томились в ожидании, пока их найдут, их нерассказанная история медленно стиралась в результате длительного воздействия ветра и дождей. В отличие от этого большинство астероидов остаются практически в неизменном состоянии в течение миллиардов лет в стерильной окружающей обстановке глубокого космоса. Единственный способ получить информацию, которую они хранят, — навестить их у них дома.

Но даже среди астероидов Бенну — случай особый. Большинство фрагментов метеоритов, которые хранятся в музеях на Земле, состоят из камня и металлов — материалов достаточно долговечных, чтобы пережить падение на поверхность

нашей планеты. Но, как оказалось, Бенну — это черная, как уголь, масса тонких органических соединений. Такие углеродистые соединения, вероятно, были предшественниками основанной на углероде биохимии нашей планеты. Даже если бы Бенну не представлял для нас потенциальной опасности, ученые все равно захотели бы узнать все его тайны. Но он действительно опасен, и именно

но потому, что Бенну подходит так угрожающе близко к нашей планете, экспедиция по доставке образцов астероида вполне осуществима. Повествование об астероиде Бенну можно начать с события, произошедшего по крайней мере миллиард лет назад, когда он только появился на свет в виде груды булыжников, выброшенных при разрушении в результате столкновения протопланеты, дрейфовавшей между Марсом и Юпитером. История же зонда OSIRIS-REx началась лишь в феврале 2004 г, когда шел третий год моей работы на должности доцента лаборатории по изучению Луны и планет в Аризонском университете. Аэрокосмическая компания Lockheed Martin предложила моему шефу Майклу Дрейку (Michael J. Drake) стать научным руководителем предложенной NASA экспедиции по доставке на Землю образцов астероида, а Дрейк, в свою очередь, предложил мне быть его заместителем.

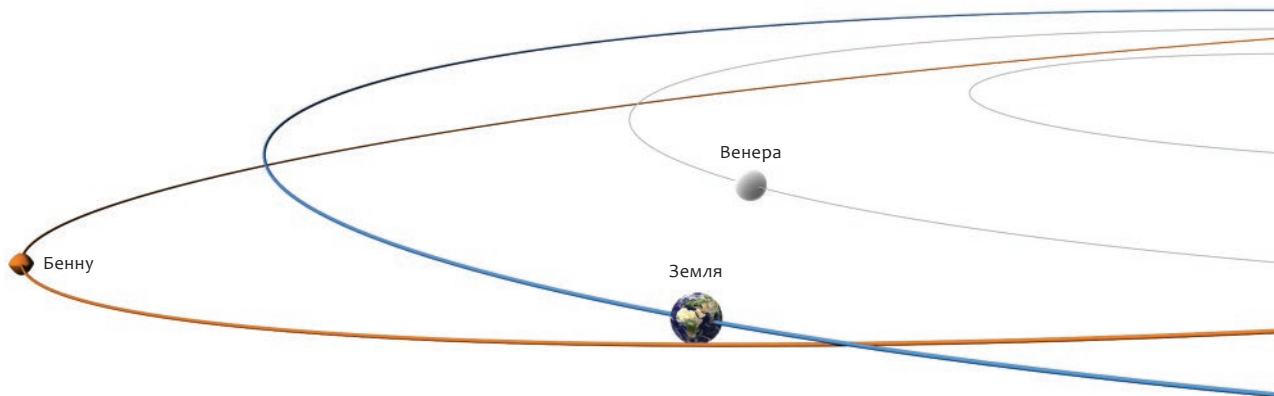
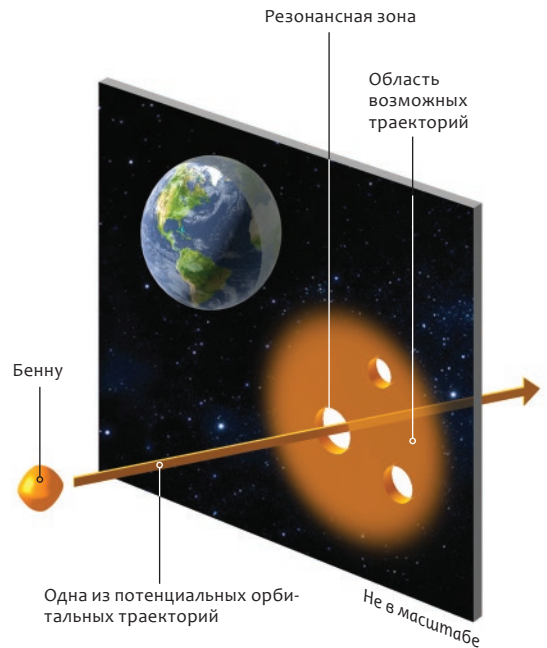
Моей первоначальной задачей в рамках подготовки экспедиции было сформулировать ее

Вблизи от зловещного астероида

В сентябре космический зонд OSIRIS-REx американского космического агентства отправляется в межпланетный вояж к Бенну, близкому к Земле астероиду размерами с полкилометра, который когда-нибудь, возможно, столкнется с нашей планетой **1**. Выяснив источники нестабильности орбиты Бенну, OSIRIS-REx, быть может, раскроет важные подробности о его будущем: действительно ли астероид когда-нибудь столкнется с Землей и как нам избежать подобного события **2**. Однако основная цель экспедиции — взять с древней, богатой органическими молекулами поверхности Бенну ничем не загрязненный образец грунта, который можно будет использовать для изучения самого глубокого темного прошлого Солнечной системы **3**.

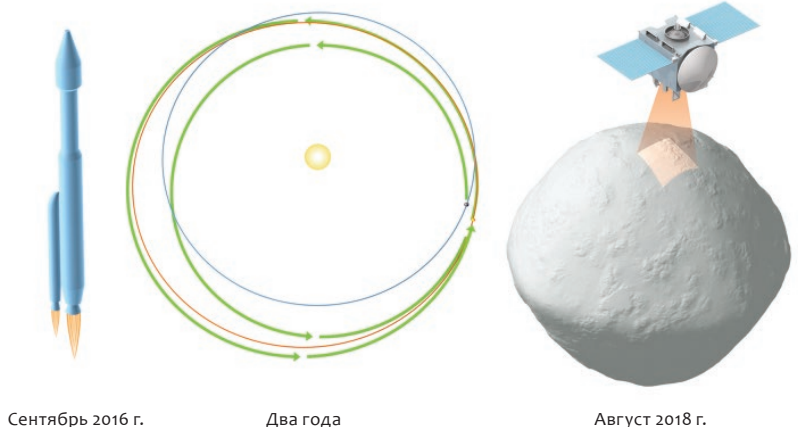
1 Слишком близко, чтобы чувствовать себя комфортно

В 2135 г. Бенну подойдет к Земле на расстояние ближе, чем Луна, промахнувшись мимо нашей планеты на какие-то 300 тыс. км. Во время этой близкой встречи астероид может пройти через одну из нескольких областей околоземного пространства, так называемых резонансных зон, в которых гравитация Земли изменит траекторию Бенну таким образом, что столкновение при будущих сближениях станет неизбежным. Если Бенну врежется в Землю, во время взрыва выделится энергия, равная энергии взрывов всех ядерных боеприпасов в арсенале США.



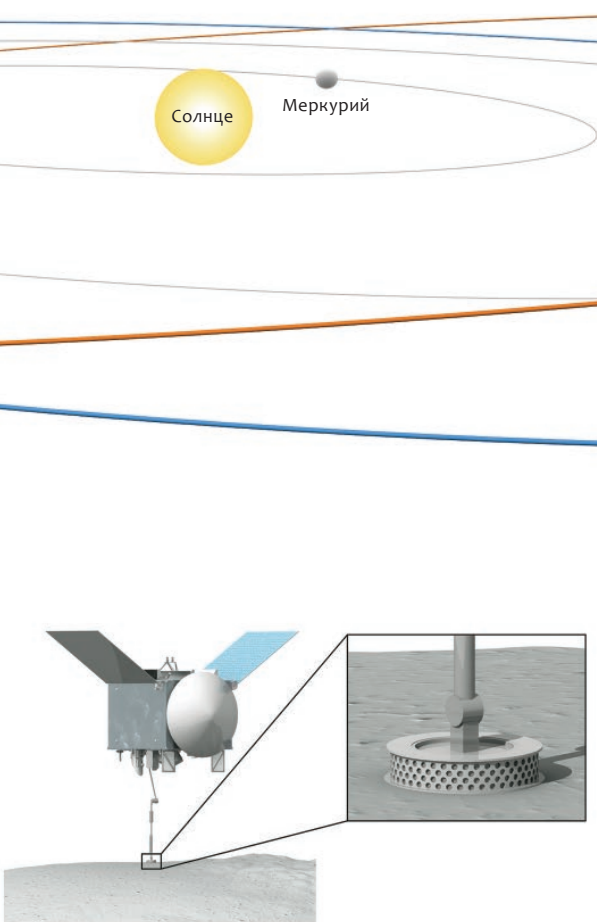
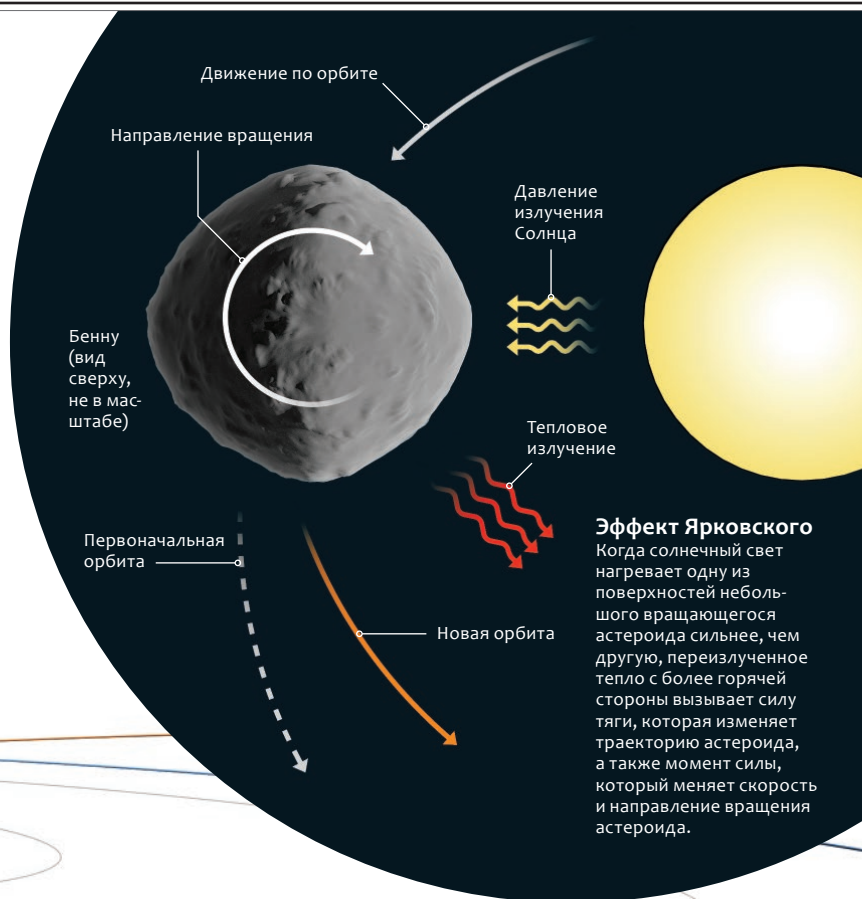
3 Путешествие зонда OSIRIS-REx

Наблюдение аппаратом OSIRIS-REx эффекта Ярковского естественным образом вытекает из хода экспедиции, в ходе которой он измеряет форму Бенну, его плотность и состав поверхности в поисках места забора образца. После запуска в сентябре космический аппарат в течение двух лет будет лететь к Бенну, обогнув один раз Землю, чтобы набрать дополнительную скорость. По прибытии к Бенну в 2018 г. OSIRIS-REx начнет картографировать астероид, чтобы определить оптимальные места для сбора образцов. Космический зонд, вероятно, посетит одно из таких мест уже в 2020 г. и извлечет образцы с помощью выдвижного манипулятора в ходе кратковременного маневра, который завершится пятисекундным касанием поверхности астероида. После путешествия домой, занимающего два с половиной года, OSIRIS-REx выбросит капсулу с образцом, которая войдет в атмосферу Земли и плавно опустится в пустыне в штате Юта, где ее подберут ученые.

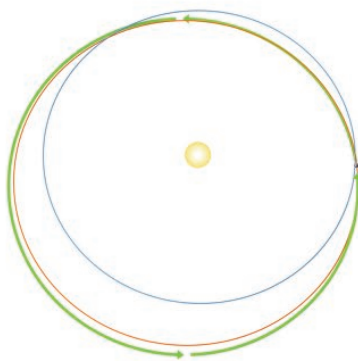


2 Дрейф астероида

Явление, называемое эффектом Ярковского, поможет определить, пройдет ли Бенну через резонансную зону в 2135 г., а если пройдет, куда направится после этого. Этот эффект заставляет астероид дрейфовать в направлении к Солнцу или от него и вызвал сдвиг орбиты Бенну примерно на 160 км с момента его открытия в 1999 г. Аналогичный этому эффект увеличил скорость вращения Бенну, придав астероиду форму волчка. OSIRIS-REx измерит факторы, определяющие подобные эффекты с беспрецедентной точностью.



Июль 2020 г.



Два с половиной года

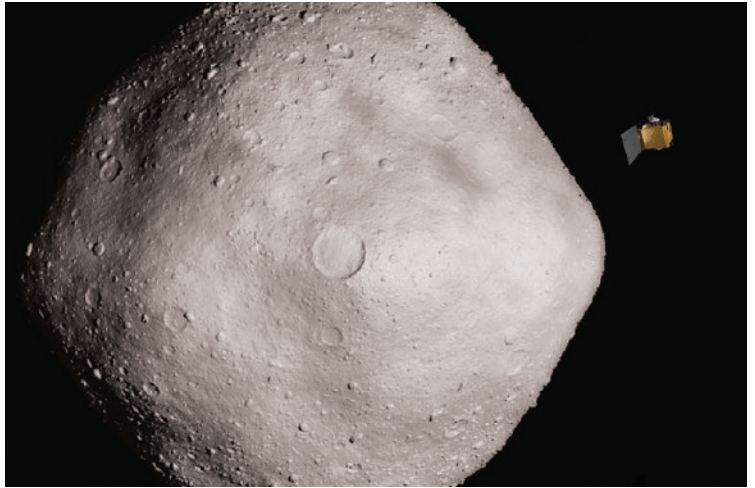


Конец 2023 г.

научное обоснование. Я изучал метеориты уже более десяти лет и знал все о вопросах, ответы на которые могла бы дать лишь доставка в лабораторию достаточных размеров куска первородного астероида. В то время единственный другой проект можно было сравнить с нашим: экспедицию «Хаябуса» (яп. «Сапсан») Японского агентства аэрокосмических исследований, в ходе которой космический зонд в 2005 г. встретился с астероидом Итокава и взял с него образцы грунта. Экспедиция японского «космического сокола» была успешной лишь отчасти: зонду удалось собрать всего 1,5 тыс. микроскопических зерен минералов, намного меньше, чем ожидалось. (Получить образцы астероида — задача не из легких!) Помимо всего прочего, Итокава — это яркий, каменный объект с совершенно другой историей и потенциалом для научных исследований, нежели темные углеродистые астероиды вроде Бенну. Мы вступили на неизведанную территорию.

Дома в один из вечеров я решил очертить контуры основных научных задач экспедиции и записал четыре слова: «происхождение», «спектроскопия», «ресурсы» и «безопасность». Не подверженные никакому внешнему воздействию образцы астероида, такого как Бенну, могли бы рассказать нам много нового о происхождении планет и даже самой жизни. Спектроскопические исследования реголита — грунта на его поверхности — повысили бы шансы на успешный выбор интересного в научном отношении образца и могли бы дать ответ на вопрос, обладает ли Бенну ценными ресурсами, которые когда-нибудь в будущем можно было бы добывать. Чем больше сведений об орбите, составе и других характеристиках Бенну мы сможем получить, тем больше у нас шансов выяснить, будет ли астероид представлять реальную угрозу Земле — и каким образом мы могли бы его отклонить. Не вдаваясь в детали, можно сказать, что высокая точность данных о фактической ситуации, полученных космическим аппаратом, отправленным к Бенну, позволила бы нам точно определить и нивелировать изъяны, которые, вероятно, существуют в данных, полученных с помощью телескопов и в теоретических моделях, стимулируя исследования более широкого множества астероидов нашей Солнечной системы.

Из этого наброска и родились основные задачи экспедиции, он же способствовал появлению невероятно витиеватого акронима: OSIRIS-REx. Название составлено из первых букв слов «происхождение», «расшифровка спектра», «качественное определение ресурса», «безопасность», «исследователь реголита» (англ. OSIRIS-Rex — *Origins, Spectral*



Размер Бенну, его состав, не изменившийся с момента образования Солнечной системы, и потенциально опасная орбита, пересекающаяся с Земной, делает его очень интересной и доступной целью для экспедиций с возвращением на Землю образцов, из которых вояж OSIRIS-REx, возможно, всего лишь первая ласточка

Interpretation, Resource Identification, Security, Regolith Explorer). NASA включило программу OSIRIS-REx в план подготовки к запуску 25 мая 2011 г., и наша группа собралась, чтобы отпраздновать успех. К сожалению, вскоре после этого, в сентябре 2011, Дрейк ушел от нас в мир иной. Я получил повышение с должности заместителя и заменил его в качестве научного руководителя. Группа проекта OSIRIS-REx каждый день работает, не забывая Майка и зная, что он гордился бы нами сейчас, когда мы готовимся открыть еще одну новую страницу в науке.

От происхождения жизни до внеземной экономики

Странствие OSIRIS-REx начнется в сентябре, когда космический аппарат будет запущен с мыса Канаверал во Флориде с помощью ракеты Atlas V. Его путешествие сквозь Солнечную систему продлится два года, прежде чем в августе 2018 г. он приблизится к Бенну. Затем в течение более трех лет он будет облетать Бенну, тщательно картографируя астероид, и, наконец, заберет образцы весом не менее 60 г.

В образцах, которые OSIRIS-REx принесет домой, будет запечатлена история событий, произошедших в огромный промежуток времени — от той поры, когда еще не существовало Солнечной системы, до наших дней. Самыми старыми минералами с Бенну будут микроскопические досолнечные зерна, которые образовались в потоках звездных ветров, истекающих с умирающих звезд. В конечном итоге эти зерна вошли в состав Солнца и его планет. Самые молодые компоненты Бенну — минералы и соединения, видоизмененные в результате метеоритных атак, воздействия космических лучей и солнечных вспышек. Изучение аппаратом

OSIRIS-REx воздействия этих процессов «космической эрозии» на углеродосодержащий астероид будет беспрецедентным в истории исследования космоса.

Однако, как и в случае других углеродосодержащих астероидов, значительная часть тела Бенну представляет собой органические молекулы и богатые водой глинистые минералы — именно такая субстанция, как полагают, послужила естественным исходным сырьем для молекул ДНК, РНК, белков и других строительных блоков жизни на Земле. Часть из запасов воды Бенну когда-то находилась в жидком состоянии, согреваясь в сердце астероида за счет радиоактивного распада короткоживущих изотопов, таких как алюминий-26 и железо-60. Несметное число углеродосодержащих астероидов, должно быть, упало на молодую, безжизненную Землю. Однако на вопрос, действительно ли эти астероиды принесли жизнь на нашу планету, ответить непросто — здесь в неизменном виде не сохранилось ни одного камня, который мог бы поведать о прошлом.

Но цель экспедиции OSIRIS-REx — не только выявить наши глубинные корни; в ее ходе будет также собрана информация, которая важна для нашего будущего. Несколько компаний и стран вполне серьезно изучают возможность добычи полезных ископаемых на астероидах как решение проблемы ограниченности ресурсов на Земле и в ее окрестностях, исследуя способы добычи драгоценных металлов для доставки на нашу планету или использования водяного льда для производства в космосе топлива для ракет. Наделенный нами способностью точно картографировать астероид и маневрировать вокруг него, OSIRIS-REx послужит первопроходцем для будущих экспедиций к астероидам с целью добычи полезных ископаемых.

Угроза, которую таит Бенну

Хотя это и не единственная цель экспедиции, значение аппарата OSIRIS-REx для повышения точности прогнозов столкновений с астероидами и совершенствования методов их предотвращения невозможно переоценить. Для того чтобы определить, столкнется тот или иной астероид с Землей, необходимо измерить орбиту объекта с чрезвычайной точностью. Чтобы оценить сложность этой задачи, рассмотрим расстояния и силы, участвующие в процессе. Бенну огибает Солнце раз в 1,2 года с орбитальной скоростью более чем 28 км/с и приближается к Земле каждые шесть лет. За один виток по орбите этот астероид пролетает более миллиарда километров и удаляется от Земли на максимальное расстояние более чем в 340 млн км.

Поскольку Бенну регулярно проходит относительно близко к Земле, астрономы смогли изучить его орбиту с минимально возможной погрешностью, так что данные о ней — на сегодня самые точные в каталоге астероидов. Погрешность в определении длины ее большой полуоси (радиус орбиты в двух максимально удаленных друг от друга точках) составляет всего лишь 6 м при полной длине 168 505 699,049 км. Это все равно что измерить расстояние от Нью-Йорка до Лос-Анджелеса с точностью примерно до одной трети миллиметра. Но одной лишь точности в определении орбиты недостаточно, поскольку множество внешних сил могут заставить астероид изменить свою орбиту.

Вблизи Бенну десятилетия нашей работы увенчаются спектаклем, который продлится какие-то пять секунд: быстрое прикосновение к астероиду — маневр, с помощью которого будут собраны образцы грунта с его поверхности

Чтобы проложить маршрут Бенну, группа OSIRIS-REx использует для вычислений высокоточную модель, учитывающую влияние множества сил на орбиту астероида. Такие модели должны брать во внимание гравитационное влияние Солнца, Луны и всех восьми планет, а также других крупных астероидов и планеты-карлика Плутона. Даже сплюснутость Земли играет здесь свою роль, поскольку она вызывает значительные изменения траектории пролетающего вблизи астероида. Модели эти предсказывают, что в 2135 г. Бенну пролетит на расстоянии 300 тыс. км от Земли. Что произойдет затем, прогнозировать трудно. Однако с определенностью можно утверждать: если во время своего очередного вояжа в 2135 г. Бенну пройдет через одну из так называемых резонансных зон — областей, расположенных в окрестности Земли, суммарный гравитационный эффект отклонит его и направит на путь, ведущий к столкновению с нашей планетой, где-то ближе к концу XXII столетия. (В отечественной литературе эти области иногда называют «гравитационными замочными скважинами» или просто «замочными скважинами», калькой с англ. *gravitational keyhole* — термина, придуманного в 1999 г. астрономом из Лаборатории реактивного движения Поллом Чодасом (Paul Wincheste Chodas) и с его легкой

руки получившего в англоязычных странах широкое распространение. У нас в ходу также такие синонимы, как «скважина для столкновения», «зона резонансного возврата» и др. — Примеч. пер.)

Просто мы не имеем достаточно сведений о Бенну, чтобы предсказать, действительно ли он пройдет через одну из этих «резонансных зон». На сегодня рассчитанная нами вероятность столкновения в 2196 г. — одна десяти тысячная; сведенные в таблицу все потенциальные угрозы столкновения с Землей в промежутке с 2175 по 2196 г. дают вероятность столкновения примерно 1/2700. Однако, по-видимому, Бенну с равной вероятностью может как врезаться в Землю, так и быть выброшенным из внутренней области Солнечной системы. Если он избежит и той и другой участи, то имеет почти равные шансы в конце концов упасть на Солнце или (с чуть меньшей вероятностью) угодить в Венеру. Другой вариант — хотя этот сценарий намного менее реален — он может столкнуться с Меркурием, Марсом или Юпитером. Улучшенные модели внутренней структуры, поверхности и орбитальных взаимодействий, данные для построения которых сможет предоставить OSIRIS-REx, позволят нам повысить точность прогнозов.

Но самым большим вкладом программы OSIRIS-REx в предсказания астероидной опасности будет исследование недавно открытого негравитационного явления, получившего название «эффект Ярковского» (эффект был предсказан в 1900 г. русским инженером Иваном Осиповичем Ярковским (1844–1902) и экспериментально подтвержден в 1991–2003 гг. группой американских ученых, измеривших изменение орбиты астероида 6489 Голевка с помощью радиотелескопа «Аресибо». — Примеч. пер.). Эффект Ярковского описывает силу, которая действует на небольшой астероид, когда он поглощает солнечный свет и излучает энергию обратно в космос в виде тепла. Когда это тепловое излучение исходит с поверхности небесного тела неравномерно, оно действует как миниатюрный реактивный двигатель, заставляя астероид дрейфовать и с течением времени изменять свою орбиту. Астероиды, вращающиеся в том же направлении, что и Солнце (с запада на восток, как, например, Земля) под действием этой силы постепенно удаляются от светила. Те же, что вращаются в противоположном направлении, такие как Бенну, наоборот дрейфуют в сторону Солнца.

Мы уже использовали наземные и космические телескопы для измерений эффекта Ярковского

у Бенну, и они показали, что со времени обнаружения в 1999 г. его положение сместилось более чем на 160 км. Эти измерения показали также, что Бенну, вероятно, родился намного дальше в поясе астероидов, где-то между Марсом и Юпитером, а потом уже мигрировал к своему настоящему местоположению. Неравномерное освещение Солнцем и тепловое излучение может влиять и на скорость вращения астероида, что хорошо объясняет форму Бенну, похожего на волчок. Такая форма сложилась в результате асимметричного падения солнечных лучей на поверхность Бенну, с течением времени заставив его вращаться все быстрее и постепенно перемещая материал поверхности с его полюсов к экватору. Произо-

Зонд OSIRIS-REx проведет детальное изучение эффекта Ярковского, измерив скорость вращения Бенну, площадь его поверхности и тепловое излучение. Эти измерения помогут уточнить теорию эффекта Ярковского и дадут нам возможность учитывать его влияние при оценке опасности столкновения для всех близких к Земле астероидов

шедшее в результате крупномасштабное перемещение поверхностных слоев, возможно, открыло лежавшие под ними в глубине и не подвергшиеся внешним воздействиям материалы Бенну — что идеально для получения образцов первозданного материала.

Зонд OSIRIS-REx проведет детальное изучение эффекта Ярковского, измерив скорость вращения Бенну, площадь его поверхности и тепловое излучение. Мы также непосредственно измерим обусловленное эффектом Ярковского ускорение во время совместного полета. Эти измерения помогут уточнить теорию эффекта Ярковского и дадут нам возможность учитывать его влияние при оценке опасности столкновения для всех близких к Земле астероидов. Кроме того, лучшее понимание эффекта Ярковского может оказаться жизненно важным для будущих экспедиций, имеющих целью отклонить астероиды с опасного курса, которые, быть может, смогут использовать этот эффект, чтобы помочь столкнуть опасную космическую глыбу на другую, менее угрожающую Земле траекторию.

Торжественный финал

С самого начала и до конца — с момента возникновения в середине 2000-х гг. до ее завершения в 2020-х гг. и далее, когда она станет нашим наследием для многих будущих поколений, — программа *OSIRIS-REx* предстанет как олицетворение десятилетий работы и сотен миллионов долларов инвестиций. Все наши усилия и затраты увенчаются действием, которое продлится какие-то пять секунд: быстрым прикосновением к астероиду — маневром, который космический аппарат должен выполнить, чтобы собрать образцы грунта с его поверхности.

OSIRIS-REx возьмет образцы материала астероида с помощью инструмента, получившего название «Механизм забора проб методом быстрого прикосновения», или *TAGSAM* (акроним от англ. *Touch-and-Go Sample Acquisition Mechanism*). *TAGSAM* состоит из двух основных частей — головки керноприемника и шарнирной консоли позиционера. Головка захватывает объемный образец, выбрасывая струю газообразного азота, который «разжижает» реголит и направляет его в сборную камеру. Шарнирная механическая рука помещает головку для изъятия пробы, возвращает ее для визуального подтверждения и укладывает в возвращаемую на Землю капсулу. В качестве дублирующей системы 24 отдельных контактных площадки на основании *TAGSAM* захватят мелкозернистый материал при контакте с поверхностью астероида.

Большую часть времени совместного трехлетнего путешествия аппарата *OSIRIS-REx* с Бенну займет подготовка к этому финальному маневру. С помощью своих камер, лазеров, радиоантенн и спектрометров зонд прорисует многопроходную глобальную карту высокого разрешения астероида. Взяв ее за основу, мы построим «карту сокровищ», с помощью которой будут выбраны места для основного и вспомогательного сбора образцов, с учетом безопасности, оценки трудности захвата образцов и ожидаемой научной ценности их материала. Самые безопасные области для посещения, скорее всего, будут выбраны в районе экватора, где космическому аппарату проще сравнять свою скорость со скоростью вращения астероида, чтобы опуститься на его поверхность. Наиболее ценные с научной точки зрения площадки должны содержать многообразие органических соединений, богатых водой минералов и других материалов, которые могли бы помочь нам выяснить, действительно ли астероиды способствовали зарождению жизни на Земле.

Когда группа *OSIRIS-REx* определится с первичным местом для сбора образцов и проведет всесторонние «генеральные репетиции», начнется реальный маневр с целью быстрого касания. В это время Бенну, вероятно, будет находиться на дальнем краю своей орбиты, на расстоянии более

18 световых минут от Земли. Только после того как мы отправим команду для начала маневра, мы сможем расслабиться и ждать, в то время как будет разворачиваться автоматическая процедура. В серии из трех запусков реактивных двигателей в течение нескольких часов *OSIRIS-REx* сойдет с орбиты, выровняется параллельно площадке для сбора образцов, а затем медленно начнет опускаться на поверхность астероида. Он коснется поверхности со скоростью максимум 10 см/с. У *TAGSAM* в распоряжении будет пять секунд, чтобы забрать образцы прежде, чем аппарат взмоет с поверхности Бенну и поднимется на высоту примерно 10 км над его поверхностью. Там он проведет серию тестов, чтобы удостовериться, что попытка сбора образцов прошла успешно. У *TAGSAM* достаточно азота для трех таких попыток: три соприкосновения — и наша работа будет закончена.

Если все пройдет успешно, в 2021 г. космический аппарат включит главные двигатели, чтобы доставить свой драгоценный груз на Землю. В конце 2023 г., сразу же после сбрасывания возвращаемой капсулы с образцами в земную атмосферу, *OSIRIS-REx* снова включит свои двигатели, чтобы перейти на стабильную погребальную орбиту вокруг Солнца. Возвращаемая капсула войдет в верхние слои атмосферы со скоростью, превышающей 45 тыс. км/ч, защищенная тепловым экраном, который поглотит более 99% ее кинетической энергии. На высоте 3 км капсула раскроет парашют, который снизит ее скорость для мягкой посадки в западной пустыне штата Юта через семь лет после начала космического путешествия. Группа специалистов извлечет образцы и переправит их в Космический центр им. Линдона Джонсона NASA для длительного хранения и передачи научным лабораториям, чтобы их могло изучать научное сообщество всей планеты, в том числе и будущие поколения. ■

Перевод: А.П. Кузнецов

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Лю Э., Хат П., Чапман К., Швейкарт Р. Космический буксир // ВМН, № 2, 2004.
- Рубин А. Тайны первичных метеоритов // ВМН, № 4, 2013.
- Джуитт Д., Янг Э. Океаны с небес // ВМН, № 5–6, 2015.
- *Meteorites and the Early Solar System II*. Edited by Dante S. Lauretta and Harry Y. McSween. University of Arizona Press, 2006.
- The OSIRIS-REx Target Asteroid (101955) Bennu: Constraints on Its Physical, Geological, and Dynamical Nature from Astronomical Observations. D.S. Lauretta et al. in *Meteoritics & Planetary Science*, Vol. 50, No. 4, pages 834–849; April 2015.



ФОРУМ

Сибирская академическая неделя

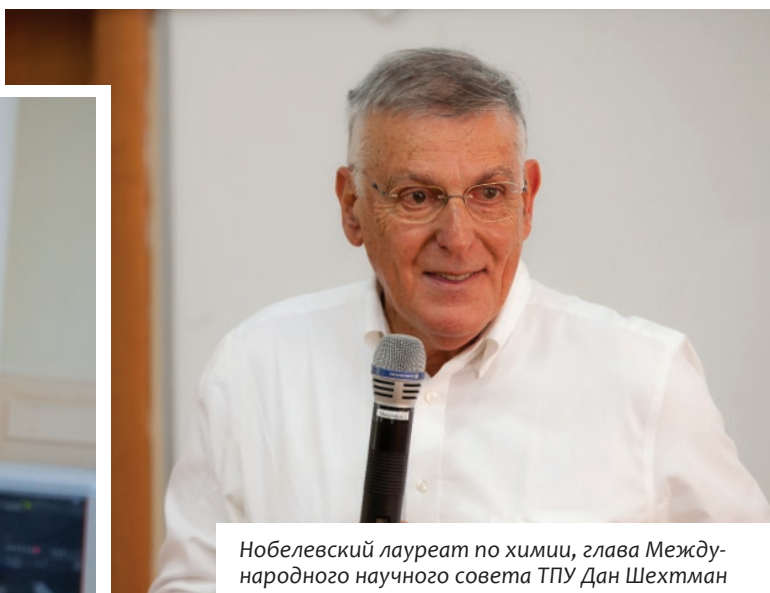
И вырастут кедровые рощи

Когда-то Томск был славен тем, что отсюда шло завоевание Сибири. Сегодня он в лидерах покорения вершин знания. Свидетельством тому — два события: Международный форум ресурсоэффективности и Сибирская академическая неделя. Они проходили одновременно, организовал их Томский политехнический университет.



раздника науки не случилось бы, если бы ровно 120 лет назад здесь не родился Томский политех. Это во-первых. А во-вторых, у руководства ТПУ и прежде всего у ректора Петра Савельевича Чубика хватило мудрости в полной мере использовать юбилей не только для пропаганды знаний, но и для решения принципиально важных проблем, стоящих перед высшей школой и наукой.

Академик, член президиума РАН,
почетный выпускник ТПУ Г.А. Месяц



Нобелевский лауреат по химии, глава Международного научного совета ТПУ Дан Шехтман



Ректор ТПУ П.С. Чубик



Молодые ученые могли пообщаться с ведущими учеными страны, задать им свои вопросы

На лекциях известных ученых не было свободного места



Писатель и журналист В.С. Губарев



Председатель СО РАН А.Л. Асеев

Термин «ресурсоэффективность» звучит не очень громко, но его содержание в данном случае не только актуально, но и нацелено на будущее. Об этом весьма точно сказал ректор: «Ресурсоэффективность — это получение быстрого, качественного и дешевого результата при меньших затратах ресурсов. Мы богатая страна, но зачем же тратить это богатство напрасно? Поколение будущего не простит нам такого расточительства. Вот почему наш университет выбрал для себя цель готовить специалистов, инженеров и ученых, которые исповедовали бы и применяли на практике культуру ресурсоэффективности. Мы стараемся стать образовательным и исследовательским центром в этой области. И первая международная конференция, проводимая в стенах ТПУ, показывает, что нам это удастся».

Организаторы конференции не смогли предусмотреть только одно — что будет так много желающих послушать лекцию нобелевского лауреата Дана Шехтмана. Известный ученый, председатель Международного научного совета ТПУ, не мог начать свое выступление, так как аудитория была переполнена, а студенты все прибывали

и прибывали. Срочно была открыта самая большая аудитория в главном корпусе, но и она не вместила всех желающих. Многим студентам пришлось сидеть на ступеньках.

Студенты и молодые ученые вместе с маститыми академиками чисто научные идеи превращали в изделия и материалы, которые уже можно использовать в реальности

Лекции в эти дни читали ведущие ученые Сибирского отделения РАН и гости из разных научных центров России, Израиля, Китая, а также именитые выпускники университета. Например, с воспоминаний о нем начал свой доклад «Взрывная электронная эмиссия: наука и приложения» академик Г.А. Месяц:



Заместитель губернатора
Томской области по экономике
А.А. Антонов



В ходе пленарного заседания эксперты отметили актуальность форума и необходимость сделать его ежегодным



— Безусловно, очень много дал мне мой научный руководитель профессор Александр Акимович Воробьев. Он был серьезным ученым, ректором Томского политеха, который при нем преобразовался в выдающийся институт. А.А. Воробьев поражал умением браться за большие дела и доводить их до конца. Он организовал физико-технический факультет, строил общежития, создал при ТПИ четыре института, в том числе НИИ ядерной физики, где было лучшее оснащение по его профилю. Мне кажется, нынешние времена похожи на те, когда я учился.

Обращение к прошлому не случайно прозвучало в этой аудитории. На трибуну поднимались выпускники ТПУ, которые стали директорами академических институтов, действительными членами РАН, руководителями лабораторий. Да и проблемы, о которых они рассказывали, были актуальными, волнующими научное сообщество не только России, но и мира. Это было открытие новых направлений, которые ждут своих исследователей. Потому и были переполнены студенческие аудитории.

Чтобы понять масштабы научного поиска, приведу несколько направлений, которые обсуждались на форуме: «Вулканизм и озоновый слой Земли», «Перспективы развития петротермальной энергетики», «Новые технологии. Роботы за людей», «Актуальные проблемы космических исследований с учетом прогрессивных технологий» и т.д.

Довелось и мне выступить перед студентами. В моем рассказе о начале космической эры и полете Юрия Гагарина — в этом году мы отметили 55-ю годовщину этого великого события — не было замысловатых терминов, таблиц и схем, но я в полной мере ощутил, как молодая аудитория жадно впитывает знания.

Каждому участнику форума был вручен сувенир — баночка с лаконичной надписью: «Посади кедр!»

Академик М.Я. Маров определил происходящее так: «Теперь я спокоен: наше будущее надежно обеспечено замечательными людьми». Михаил Яковлевич стоял у истоков космического прорыва. У студентов к нему было множество вопросов — как во время лекции, так и в процессе совместной работы в Научном парке ТПУ.

Крупные ученые приехали в Томск не только для того, чтобы прочесть лекции. Им надлежало вместе с победителями молодежного конкурса довести до ума их проекты. В результате тщательного отбора (а конкурсантов было несколько сотен) на заключительном этапе осталось 50 лучших

проектов. Студенты и молодые ученые вместе с маститыми академиками чисто научные идеи превращали в конкретные изделия и материалы, которые уже можно использовать в реальности. Ряд проектов был посвящен развитию Томской области. Речь, например, шла о комплексном развитии «интеллектуальной энергетики». Студенты обобщили мировой опыт в этой области, отобрали то, что можно использовать в Томске, и свои предложения вынесли на суд научной общественности.

С большим интересом были восприняты новые идеи по альтернативной энергетике (мало используем тепло недр), по зеленым технологиям (не помогаем природе восстанавливаться после выработки месторождений), по интеллектуальным материалам (мало новых технологий, пригодных для Арктики) и т.д. Безусловно, особое пристрастие было к робототехнике. Ею увлекаются многие молодые исследователи. Считается, что новая промышленная революция, на пороге которой мы стоим, связана именно с робототехническими комплексами. Развитию этой области науки и техники в ТПУ уделяется особое внимание: в Научном парке были представлены роботы, созданные студентами, а потом прошла дискуссия «Четвертая промышленная революция: место робототехнических комплексов и подготовка кадров в ее реализации».

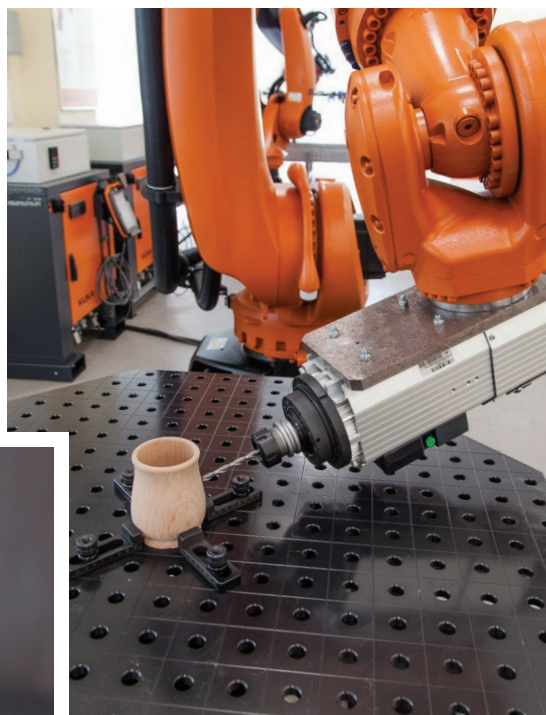
Будущее немыслимо без науки и современных технологий. У нас есть все возможности, чтобы первыми шагнуть в него. Форум ресурсоэффективности и Сибирская академическая неделя в Томске убедительно это доказали. В этом можно было убедиться, побывав в аудиториях и на научных площадках ТПУ. Но если Российская академия наук, ряд конструкторских и исследовательских организаций прислали своих представителей, о федеральных ведомствах этого сказать нельзя. К сожалению, в Томск не приехали чиновники Министерства образования и науки и ФАНО, а именно они в последнее время претендуют на руководство отечественной наукой.

Каждому участнику Международного форума ресурсоэффективности был вручен сувенир — баночка с лаконичной надписью: «Посади кедр!» Инструкция понятная, простая, и она подтверждает, что через месяц-другой при заботливом уходе появится саженец кедра. Не сомневаюсь, что все участники форума постараются вырастить эти прекрасные деревья. А значит, в разных уголках планеты появятся кедровые рощи. Так что идеи сохранения и приумножения ресурсов планеты, рождающиеся в Томском политехническом университете, постепенно завоевывают окружающий мир.

Подготовил Владимир Губарев



Во время работы форума на исследовательском ядерном реакторе ТПУ выпустили новый уникальный радиофармпрепарат



В Научном парке ТПУ гости форума познакомились с новыми лабораториями и центрами вуза



Необычный подарок приготовил университет всем участникам форума





ВСЕ ДЕТИ ПРОГРАММИСТЫ?



Отовсюду — и со стороны Белого дома, и из Кремниевой долины — все громче звучит призыв обучать всех школьников программированию. Однако противники этой идеи ссылаются на материально-технические сложности и беспокоятся, что бизнес навязывает изменение учебных программ. Реально ли обучать программированию всех подростков? И надо ли это американским школам?

Энни Мерфи Пол

ОБ АВТОРЕ

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



«Ура! Мы пришли первыми!»

Элли и Лорен, две шестиклассницы из Начальной школы Лойолы в калифорнийском городе Лос-Альтос, забегают в класс Шины Вайдьянатхан (Sheena Vaidyanathan) за несколько минут до начала пятого урока. Девочки давно уже соревнуются с двумя одноклассниками, Уильямом и Блейком, кто раньше придет в компьютерный класс.



Перед шеренгой новеньких персональных компьютеров *Apple* девочки занимают свои места и сразу же приступают к заданию, которое дала им Вайдьянатхан: найти и устранить ошибки в компьютерной программе. Это утомительное, но важное дело, которое занимает у профессиональных программистов большую часть рабочего времени.

Звенит звонок, и в класс вваливаются остальные ученики. Шина Вайдьянатхан, изящная женщина с теплыми и дружелюбными манерами, приветствует их с улыбкой.

Уроки информатики: Нэнси Сэ преподает в Школе им. Огастеса Хокинса в южной части Лос-Анджелеса, где 99% учеников — афроамериканцы или латиноамериканцы и 75% относятся к категории «экономически неблагополучных»

«Чем мы займемся сегодня, миссис Ви?» — заходя, спрашивает один из мальчиков. «Поиском ошибок в программе», — отвечает учитель. «Отлично!» — радуется ребенок и устремляется к компьютеру.

Сторонники всеобщего обучения программированию хотели бы, чтобы такие сцены повторялись в школах по всей стране. В этом заинтересованы

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Сторонники всеобщего обучения программированию верят, что преподавание информатики в государственных школах устранил разрыв между представителями разных слоев населения и поможет американским учащимся не отставать от школьников из других стран.
- Однако поголовное обучение программированию столкнется со значительными трудностями, такими как нехватка преподавателей и отсутствие согласованных программ. Кроме того, не все школьники имеют равную возможность пользоваться компьютерами.
- Некоторые противники идеи утверждают, что программирование — слишком узкая техническая область и что его навязывают школам руководители бизнеса в надежде получить прибыль.
- Одно из возможных решений — обучать школьников «вычислительному мышлению», то есть формировать у них навыки разбивать задачу на части, планировать методы решения и проводить небольшие эксперименты для выяснения, какие подходы удачны, а какие нет. В соответствии с инициативой президента США «Информатика для всех» (*Computer Science for All*) планируется обучать детей и вычислительному мышлению, и программированию.



руководители предприятий, которым нужны новые поколения инженеров и программистов, и правительство, стремящееся обеспечить конкурентоспособность США в мировой экономике. В начале текущего года Билл Гейтс, один из создателей компании *Microsoft*, заявил: «В XXI в. этот навык обязателен, и каждому школьнику нужно дать шанс его освоить». Гейтс и другие сторонники подобного подхода утверждают, что умение программировать стало теперь такой же характеристикой грамотности, как и умение читать и считать. Писатель и лектор Марк Пренски (Marc Prensky), автор термина «цифровое поколение» (*digital native*), в 2008 г. писал в своем эссе: «Я считаю, что умение программировать — это тот навык, по которому будет легче всего узнать грамотного человека».

Сторонники этой концепции говорят о высоком спросе на программистов и хороших перспективах для развития в данной области, причем в ближайшие годы возможностей должно стать еще больше.

Администрация президента Барака Обамы обрисовала многообещающие перспективы преподавания информатики в США. Нужно, чтобы американские школьники не отставали от учащихся в других странах. В Великобритании, например, с 2014 г. каждый школьник должен изучать программирование. Кроме того, существующий в Америке разрыв между белыми богатыми учениками,

с одной стороны, и представителями меньшинств и неблагополучных слоев населения, с другой, может быть преодолен с помощью всеобщего обучения программированию.

Реализовать такой замысел будет нелегко. Если ввести обучение программированию для всех школьников США, то возникнут серьезные проблемы с материально-техническим обеспечением начиная с нехватки квалифицированных преподавателей и заканчивая отсутствием учебных материалов. В США нет централизованного руководства всей школьной системой, что дополнительно затрудняет проведение общегосударственной реформы, — об этом многое могли бы рассказать разработчики единого комплекса государственных образовательных стандартов. Для того чтобы соответствовать информационной эпохе, большинству школ еще только предстоит поменять нормативы и правила (например, от выпускников, специализирующихся в области математики или естественных наук, сейчас обычно не требуют изучения информатики). В то же время ученики из разных этнических и социально-экономических слоев приходят в школу с разным уровнем компьютерной грамотности. Как показывают исследования, школы часто только закрепляют подобные различия, обеспечивая глубокое и содержательное обучение для белых детей

из состоятельных семей и более поверхностное для представителей меньшинств и малоимущих.

Кроме того, становится все понятнее, что навыки программирования — только часть необходимой американским школьникам подготовки к жизни и работе в XXI в. Программирование — лишь практическая часть информатики, но школьникам нужна и теория: им требуется понимать основные принципы работы компьютеров. Чтобы сформировать такое «вычислительное мышление» у многих учеников, понадобится большое количество усилий как за пределами школы (внеклассные программы и ресурсы), так и в ее стенах (подготовка учителей, обновление курсов, внедрение компьютерных технологий в другие школьные предметы и изменение требований к выпускникам).

Обучение программированию

У Вайдьянатхан степень магистра по информатике, и свой предмет она преподает уже семь лет. Она давно считает, что каждый школьник должен учиться программированию. «Я действительно имею в виду каждого — девочек, мальчиков, детей со специальными образовательными потребностями, тех, кто не интересуется математикой или естественными науками», — говорит Вайдьянатхан. Но в отличие от некоторых других сторонников тотального программирования, она точно соотносит свои желания с реальностью. Когда мы беседовали между уроками, она перечислила некоторые препятствия на пути к этой заманчивой цели. Она говорит, что «прежде всего, сейчас недостаточно учителей информатики, чтобы удовлетворить тот огромный спрос, который возникнет».

По данным, опубликованным организацией *College Board*, в 2015 г. только в 4310 школах США (это 12% от общего числа старших школ) старшеклассникам предлагали экзамен по информатике углубленного уровня (*Advanced Placement*). Кроме того, в 2014 г. была проанализирована информация об экзаменах 2013 г. и оказалось, что в трех штатах среди школьников, сдававших экзамен, не было ни одной девушки, в восьми штатах —

Научить профессоров преподаванию

Среди молодых преподавателей мало тех, кто умеет учить. Это будет исправлено с помощью новых программ

Дженнифер Фредерик

Пока молодые ученые проходят путь через магистратуру и аспирантуру, написание заявок на гранты и создание исследовательской лаборатории для них важнее, чем преподавание. Когда они наконец получают преподавательскую должность, редко у кого из них есть опыт разработки и преподавания собственных курсов, однако они сразу должны приступить к делу. Такого не могло бы быть в школе. Почему же это допустимо в университете?

Обучение аспирантов преподаванию позволит создать у будущих профессоров представление о том, что работает, а что нет в учебной аудитории. Например, многие профессора в колледжах по-прежнему считают лекции основным способом обучения, хотя доказано, что студенты учатся лучше, когда активно участвуют в дискуссиях и других классных мероприятиях.

Лучшие стратегии обучения выявляются с помощью научно-исследовательского подхода. Преподаватель выдвигает гипотезу, какое упражнение поможет студентам освоить концепцию, и оценивает, насколько успешно произошло обучение. Так же как и при проведении научного исследования, результаты такого педагогического эксперимента учитываются преподавателем при подготовке к следующим занятиям. Это отличается от традиционных лекционных курсов с небольшим количеством важных экзаменов, после которых и преподаватель, и студенты могут остаться в неведении о том, кто знает отлично, а кто с трудом справился.

Научно обоснованные стратегии преподавания способствуют повышению успеваемости, а использование активного обучения может сократить отставание студентов из недостаточно представленных групп населения и тех, чьи родители не имеют высшего образования. В 2014 г. Скотт Фриман (Scott Freeman) с коллегами из Вашингтонского университета проанализировали сотни исследований и выяснили, что при активном обучении студенты на 6% лучше сдают экзамены и шансов на провал у них в 1,5 раза меньше по сравнению с теми, кто слушал традиционные лекционные курсы. В других исследованиях выяснилось, что использование активного обучения помогает на 45% сократить разрыв в успеваемости у студентов из разных социальных групп. Не вполне понятно, почему этот метод обучения столь эффективен для некоторых учащихся. Может быть, положительно влияет повышенное внимание к регулярному выполнению домашних заданий и частое получение обратной связи, помогающее студентам осознать, что они знают, а что нет. Все это означает, что правильно организованное

ни одного латиноамериканца, в 11 штатах — ни одного афроамериканца. (Во многих из этих штатах никто или почти никто не выбрал данный экзамен.) Помимо этого, обученных и подготовленных преподавателей просто нет.

Не хватает не только учителей информатики — нет и согласованной программы по этому предмету. Ассоциация учителей информатики (*CSTA*) разработала стандарты для учеников всех возрастов, от детского сада до 12-го класса, но в них

преподавание в колледжах может побудить учеников из недостаточно представленных групп заняться наукой.

Общество все чаще признает, что важно дать возможность аспирантам и недавно защитившим диссертацию сотрудникам научиться преподаванию. Например, Национальные институты здравоохранения выдают стипендии для развития исследовательской и академической карьеры, чтобы обеспечить молодым ученым полноценную подготовку и опыт преподавания в вузах, где обучаются в основном представители меньшинств. Центр интеграции исследований, преподавания и обучения нацеливает аспирантов и молодых ученых на преподавание в будущем и приглашает их в университетские и виртуальные учебные сообщества, дающие возможность получить навыки преподавания.

Официальные преподавательские программы для молодых ученых — явление редкое, но возглавляемый мною Центр преподавания и обучения в Йельском университете недавно запустил уникальную программу для преподавателей. Первые два года они учатся и работают наставниками, на третий год — преподают и выполняют связанные с этим функции в местном учебном заведении — партнере программы. Сотрудничество с муниципальным колледжем и частным учебным заведением, где обучаются представители недостаточно представленных групп населения и дети, родители которых не имели высшего образования, обеспечивает молодым ученым получение практических навыков преподавания для разной аудитории.

В научной литературе по педагогике сообщается о том, что существование программ повышения квалификации для преподавателей сильно влияет на учебные результаты студентов бакалавриата. Но в недавних исследованиях выяснилось, что студенты магистратуры, имеющие более 55 часов педагогической практики, увереннее чувствуют себя в классе и гораздо успешнее добиваются получения преподавательской должности. Последующие исследования покажут, как педагогическая подготовка влияет на молодых ученых и в конечном счете на их учеников.

Освоение молодыми учеными научно обоснованных стратегий преподавания сделает обучение более эффективным и доступным для разных групп студентов. От использования методов активного обучения выиграют все, а для недостаточно представленных групп населения и детей, чьи родители не имели высшего образования, это важнейший фактор, способствующий попаданию в науку.

Дженнифер Фредерик (Jennifer Frederick) — директор Центра преподавания и обучения в Йельском университете. Она курирует проекты, способствующие повышению уровня преподавания и помогающие учиться всем студентам. Химик по образованию, Фредерик руководит также Летними институтами преподавания естественных наук — это государственная обучающая программа для естественно-научных факультетов колледжей.

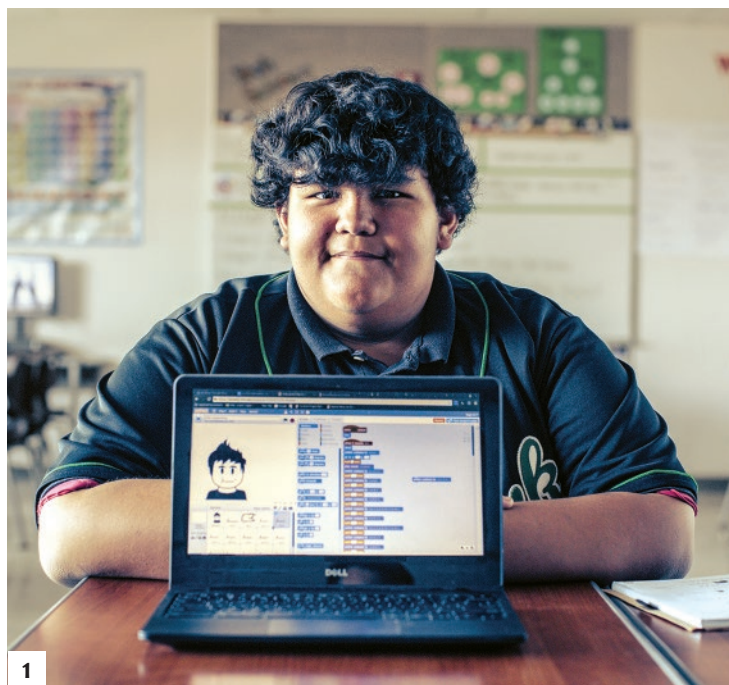
содержатся только общие фразы (ученики с шестого по девятый класс должны «осознавать, как широко распространено использование компьютеров и каким образом информатика обеспечивает взаимодействие и сотрудничество»). Это означает, что такие учителя, как Вайдьянатхан, сами решают, чему и как учить детей. В эпоху, когда высоко ценятся результаты тестов по математике и чтению, информатика оказывается вовсе вытесненной из учебного процесса. «На предметы, которые

не считаются обязательными, выделяется меньше времени в расписании и меньше средств из школьного бюджета», — поясняет Вайдьянатхан.

До того как Вайдьянатхан стала учителем информатики и окружным методистом в области науки, технологии, инженерии и математики (*STEM*) в школьном округе Лос-Альтоса, она работала инженером-программистом в гигантской компьютерной корпорации *Unisys* и в двух новых предприятиях в Кремниевой долине. Благодаря опыту работы в технической сфере она остро понимает еще одну проблему, препятствующую превращению каждого ученика в готового программиста: «Научиться основам программирования и освоить его на профессиональном уровне — совершенно не одно и то же». Между новичками и специалистами в этой области огромная пропасть, поэтому в своем округе Вайдьянатхан продвигает обучение программированию с подготовительного класса. Она объясняет: «Освоение программирования — это как освоение иностранного языка: мы не ожидаем, что школьники будут свободно говорить на французском или испанском, после того как изучали языки семестр-другой в старших классах».

Особенно сложно будет распространить обучение программированию за пределы богатых районов с белым или азиатским населением, таких как Лос-Альтос. Ученики Вайдьянатхан с самого начала обучения имеют огромное количество преимуществ. Они приходят в класс, уже зная, как работают компьютеры; некоторые начали учиться программированию дома или во время внешкольных занятий. Компьютерный класс в госу-

дарственной школе существует на средства фонда, получающего добровольные пожертвования от родителей учащихся. Местные школы полностью укомплектованы планшетными и настольными компьютерами. Этот школьный округ расположен в сердце Кремниевой долины, и у многих учеников мамы и папы работают в расположенных неподалеку штаб-квартирах компаний *Google*, *Apple* или *Facebook*. Взрослые мягко, но настойчиво подталкивают детей пойти по определенному пути,



который открывает им много возможностей. У этих учеников изначально есть преимущество, сначала во время учебы в компьютерном классе, а потом во время работы в технологической отрасли или в сфере информатики, хотя обычно считается, что они успешны благодаря природным склонностям и выдающимся способностям.

Существует предубеждение, что бедные и цветные школьники не хотят учиться программированию. Джейн Марголис (Jane Margolis) знакома с таким утверждением и его последствиями. Марголис — старший научный сотрудник в Высшей школе образования и информационных исследований Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе. Она подробно изучила, как преподают информатику в старших классах трех разных государственных школ Лос-Анджелеса. В результате в 2008 г. вышла книга «Застывшие на мелководье: образование, раса и информатика» (*Stuck in the Shallow End: Education, Race, and Computing*), где с тревогой описывается явление, которое Марголис с коллегами назвали «виртуальное неравенство» (*virtual segregation*). Оказалось, что дети, идущие в школу в богатых районах, скорее получают доступ к большому разнообразию интересных, творческих и поощряющих сотрудничество курсов обучения информатике. И наоборот: малообеспеченных и цветных школьников обычно учат только самым простым навыкам вроде копирования и вставки информации, зачастую используя неподходящее оборудование.

По словам Марголис, даже если такие школы располагают достаточными техническими средствами, там может быть «богатое оборудование,



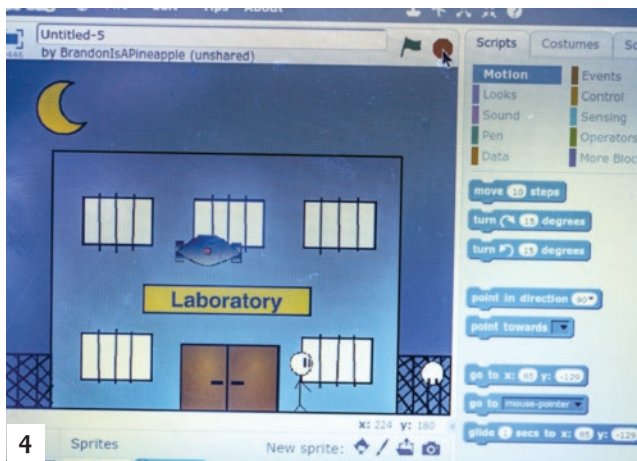
Школьники показывают анимацию (1), раскадровку (2–3) и рисунок (4) для проектов, над которыми они работают. Их педагог Нэнси Сэ говорит, что ее ученики не просто занимаются программированием, они меняют свое восприятие.



но бедный учебный план», то есть может отсутствовать необходимое для полноценного освоения информатики «серьезное последовательное обучение на протяжении нескольких классов» в сочетании с «годами внимательного компетентного руководства и поддержки». Марголис с соавторами поясняют, что один учебный план не может одинаково подходить всем, необходимо учитывать доступность технологий и обучения для

представителей разных расовых и этнических групп. «Различия так велики, условия настолько неравны, пропасть так широка и глубока, как будто люди живут в двух разных мирах». Само собой разумеется, что состоятельные студенты хотя бы поверхностно знакомы с компьютерами, но у их сверстников из менее привилегированных слоев такого знакомства может не быть. Марголис говорит, что обеспечение равного доступа к образованию в сфере информатики — это «проблема гражданских прав в XXI в.».

Марголис рассказывает, что после того, как было выявлено значительное неравенство, «мы поняли, что обязаны что-то с этим сделать». Так они с коллегами создали программу сотрудничества школы и университета «Изучение информатики» (*Exploring Computer Science, ECS*). Благодаря этой программе был разработан учебный план для старшеклассников, только начинающих осваивать информатику. Кроме того, *ECS* занимается профессиональной подготовкой учителей в объединенном школьном округе Лос-Анджелеса, а теперь и почти в 20 других округах США. Педагогов учат, как сделать практические занятия по информатике интенсивными и в то же время увлекательными, учителя объединяются в общую энергичную и развивающуюся систему. Другие организации, такие как *Black Girls Code* и *Hack the Hood*, специализируются в основном на внешкольных занятиях, например интенсивных курсах по выходным и летних лагерях. В отличие от них команда Марголис старается помочь бедным ученикам прямо в школах,



поскольку известно, что по финансовым и техническим причинам такие дети зачастую не могут воспользоваться возможностями внешкольных занятий.

Такого же подхода придерживается Нэнси Сэ (Nancy Se). В 2013 г. она занималась по программе *ECS*, а затем стала там «руководителем учителей» и помогает им научиться заинтересовывать школьников информатикой. Сэ преподает в Школе

им. Огастеса Хокинса в южном Лос-Анджелесе, где в 2013–2014 учебном году 99% учеников были афроамериканцами или латиноамериканцами и 75% относились к категории «экономически неблагополучных» по данным журнала *U.S. News & World Report*. Сэ ежедневно наблюдает проблемы, с которыми сталкивается движение за всеобщую доступность программирования. Она рассказывает: «У многих моих учеников дома нет компьютеров. Доступ в интернет у них есть только с телефонов, и они используют его для игр и переписки». Из-за того что знакомство таких школьников с компьютерными технологиями столь ограничено, им нужно узнать очень многое — не только про многообразие функций компьютеров, но даже про то, что именно человек создает такие машины и пишет для них программы. Самое сложное для учеников Сэ — преодолеть стереотип, что информатика не для них. Сэ поясняет: «Работа на компьютерах и умение программировать чужды той самоидентичности, которая сформировалась у них к старшим классам. На наших уроках мы со школьниками не только изучаем предмет, мы перестраиваем их восприятие самих себя, несмотря на мощное давление среды».

Просматривая тексты, написанные ее двенадцатиклассниками, Сэ показывает эссе, в котором ученица пишет, что надеется на стабильный доход для себя и своего малыша. «До изучения курса информатики мне никогда не приходило в голову, что я могу этим заниматься и даже чего-то достичь в данной области», — пишет школьница. Другой ученик пишет: «Всю жизнь я сталкивался с экономическими трудностями. Но я не позволю недостатку ресурсов сломить меня. Наоборот, это мотивирует меня использовать образование и добиться успеха в жизни. Я мечтаю однажды получить должность [компьютерного] аниматора со средней зарплатой \$50 281 в год, положить конец моим нынешним финансовым трудностям и обеспечивать себя и свою семью».

Действительно, один из частых аргументов в пользу расширения обучения программированию, особенно в бедных районах, — то, что без овладения им молодые люди лишаются доступа в прибыльную отрасль. Однако многие оппоненты возражают, что подобные узкие технические навыки не обеспечивают стабильного дохода. Ларри Кьюбан (Larry Cuban), почетный профессор образования Стэнфордского университета, напоминает про государственный эксперимент 1970–1980-х гг., когда детей обучали языку *Logo*. Кьюбан рассказывает, что попытка научить школьников данному языку, возглавленная профессором Массачусетского технологического института Сеймуром Пейпертом (Seymour Papert), вспыхнула и угасла, поскольку при этом не обучали сложным навыкам и необходимым знаниям. Он

предполагает, что такая же судьба постигнет движение за всеобщую доступность программирования, что это движение навязали школам крупные предприниматели ради своих собственных финансовых интересов и что эта реформа — как бумажная салфетка, которая «после одного-двух применений рвется в клочья и ее выбрасывают».

Если обучение программированию не поможет или его недостаточно, что же тогда нужно? Жаннетт Уинг (Jeannette Wing) считает, что знает ответ: вычислительное мышление. Уинг — профессор-консультант по информатике в Университете Карнеги — Меллона и корпоративный вице-президент *Microsoft Research*. В 2006 г. В малоизвестном журнале она опубликовала статью, которая быстро стала классикой. Она смело заявляла, что «вычислительное мышление — навык, очень важный для всех, а не только для программистов». Уинг объясняла, что этот тип мышления «нужен для решения задач, проектирования систем и понимания человеческого поведения с помощью основных понятий информатики».

«Вычислительное мышление — это способность к абстрагированию, к использованию логики и символов, умение взять большую задачу и разбить ее на много мелких, — объясняет Уинг. — Это навыки, которыми может пользоваться каждый независимо от того, работает ли он за компьютером».

В своей статье она написала: «К чтению, письму и арифметике мы должны добавить вычислительное мышление для развития аналитических способностей каждого ребенка». Эйлин Оуэнс (Aileen Owens) была одним из педагогов, откликнувшихся на призыв Уинг. Используя ее идеи, Оуэнс сделала обучение вычислительному мышлению важной частью учебного плана в школьном округе Саут-Файетт-Тауншип, где она работает директором по технологиям и инновациям. Она считает, что обучение вычислительному мышлению должно начинаться в раннем возрасте и постепенно усложняться и углубляться с помощью последовательности взаимосвязанных программ разного уровня.

В Саут-Файетт-Тауншип дети от нулевого до второго классов с помощью программы, состоящей из графических блоков, начинают осваивать понятия, лежащие в основе программирования. В программе *Scratch* они перемещают блоки, содержащие определенные команды: «Пройди десять шагов», «Жди пять секунд», «Поверни налево на 90 градусов». Выстраивая команды в определенном порядке, школьники организуют какие-то события на экранах (нарисованный персонаж

перемещается, останавливается, поворачивает налево) и приобретают общее представление о том как давать команды компьютеру. В третьем-пятом классах ученики программируют двигательные и сенсорные элементы, строят роботов из *Lego* и управляют их перемещениями. В шестом-девятом классах они изучают компьютерное проектирование, используя программу, чтобы сконструировать собственное изобретение, а затем изготовить макет с помощью 3D-принтера. К седьмому классу ученики переходят от визуального программирования к текстовому: теперь они используют более сложный язык, который дает больше возможностей и применяется профессиональными программистами.

Вычислительное мышление формирует те качества, которые не развиваются при простом обучении программированию: серьезное и глубокое осмысление, универсальный набор мыслительных приемов, совокупность знаний и навыков, по-настоящему полезных в школе, на работе и в жизни

«Задача каждого этапа — сформировать новый уровень вычислительного мышления на основе того, что уже было освоено ранее, — объясняет Оуэнс. — Это гораздо больше, чем просто программирование. Это формирование стиля мышления, который может пригодиться при решении задач в любой области, — привычки разделять большую задачу на маленькие фрагменты, проводить небольшие эксперименты, чтобы выяснить, какой подход удачен, а какой нет, и совместно работать с другими людьми для поиска и применения наилучшего варианта». Используя данную стратегию в различных ситуациях, школьники узнают, что вычислительное мышление полезно и далеко за пределами мира компьютеров.

Даже очень маленькие дети могут освоить такой подход. «Мы учим их решать задачи, логически рассуждать, абстрактно мыслить, находить закономерности и замечать альтернативные варианты», — говорит Мелисса Унгер (Melissa Unger), преподаватель естествознания, технологии, инженерии, искусств и математики (*STEAM*) в нулевом-втором классах в Саут-Файетт-Тауншип. — Мы начинаем с вопросов вроде "Что такое команды?", "Как можно

дать команду компьютеру, чтобы он понял, чего вы от него хотите?" Ученики создают "программу" для одноклассников, которая проводит их по лабиринту с помощью карточек со стрелками.

Подобно Лос-Альтосу, Саут-Файетт-Тауншип — район, где живут состоятельные, хорошо образованные люди, профессора из многих окрестных университетов и специалисты, работающие в активно развивающемся технологическом секторе Питтсбурга. Но, как показал опыт Общественной чартерной школы *Excel* в Кенте, штат Вашингтон, вычислительному мышлению можно учить любых детей. В этой школе 37% учащихся — афроамериканцы и 19% — латиноамериканцы, более половины детей получают обеды бесплатно или по льготной цене. Хотя школа расположена менее чем в 20 милях от пригородов Сиэтла, где базируются такие гиганты, как *Amazon* и *Microsoft*, ученики часто ощущают себя отрезанными от мира компьютеров.

Ситуацию старается изменить Эли Шелдон (Eli Sheldon), который руководит в школе программой вычислительного мышления. «Я работаю с учителями, пытаюсь научить их использовать вычислительное мышление в тех предметах, которые они преподают, будь то английский, математика или биология, — рассказывает Шелдон. — Поскольку школьники сталкиваются с одинаковыми приемами в самых разных курсах, они понимают, что эти приемы универсальны и их можно применять в том числе и за пределами школы». Шелдон сотрудничал с учителем математики, чтобы создать устройство, которое анализировало бы данные о движениях профессионального баскетболиста, и с преподавателем обществознания, чтобы разработать интерактивную систему изучения случаев из уголовной судебной практики.

Сторонники обучения вычислительному мышлению считают, что оно формирует те качества, которые не развиваются при простом обучении программированию: серьезное и глубокое осмысление, универсальный набор мыслительных приемов, которые можно использовать в большом количестве различных ситуаций, совокупность знаний и навыков, по-настоящему полезных в школе, на работе и в жизни.

До приезда в школу *Excel* Шелдон четыре года работал руководителем проекта в *Microsoft* и наблюдал там использование вычислительного мышления на практике. «Я снова и снова видел, как инженеры берут невероятно сложную задачу и решают ее с помощью вычислительного мышления, — рассказывает Шелдон. — Они действительно здорово разбирали задачу, выстраивали части в логическом порядке, за один раз проверяли один элемент, чтобы увидеть, как одно маленькое изменение повлияет на результат. Я смотрел на них и думал, что это должен уметь каждый».

Государственный подход к обучению информатике еще только формируется. Среди тех, кто определяет направление усилий, — помощник директора по обучению и инновациям в Бюро по определению научно-технической политики Белого дома США Кумар Гарг (Kumar Garg). Он отмечает некоторые успехи: «Когда президент Обама вступил в должность, только в 11 штатах курсы информатики могли быть засчитаны как выпускные. С тех пор произошли кардинальные изменения: в 28 штатах и в Вашингтоне сейчас информатику включили в набор математических и естественнонаучных курсов». Кроме того, Гарг хвалит изменения во вступительных экзаменах по углубленному курсу информатики. Новые курс и экзамен содержат не только программирование, но и вычислительное мышление. Гарг одобряет такой подход. Он объясняет, что «школьникам надо научиться основам информатики, а программирование — способ показать детям, зачем это все нужно».

Гард отмечает, что в рамках программы «Информатика для всех» администрация президента предложила школьным округам представить пятилетний план того, как они предполагают увеличить доступность обучения информатике. Округа, продемонстрировавшие хорошо разработанный план, получают финансирование для его реализации. Конечно, некоторые школы уже меняют обучение информатике, не дожидаясь, пока правительство медленно раскатается, чтобы начать что-то делать, но другие школы еще только начинают думать в этом направлении. Сложившаяся ситуация заставляет вспомнить афоризм, приписываемый фантасту Уильяму Гибсону, который писал про взаимодействие человека и техники: «Будущее уже здесь. Просто оно еще неравномерно распределено».

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Флетчер С. Машинное обучение // ВМН, № 10, 2013.
- Computational Thinking. Jeannette M. Wing in Communications of the Association for Computing Machinery. Vol. 49, No. 3, pages 33–35; March 2006.
- Stuck in the Shallow End: Education, Race and Computing. Jane Margolis. MIT Press, 2008.
- Об инициативе президента Барака Обамы «Информатика для всех», предлагающего для расширения возможностей американских школьников дать им навыки информатики, необходимые, чтобы преуспеть в цифровой экономике, см. по адресу: www.whitehouse.gov/blog/2016/01/30/computer-science-all

НАУКА И ОБЩЕСТВО

Некоторые подростки вместо того, чтобы зависать в соцсетях, читают книги по высшей математике, программированию, генетике и квантовой физике. Потенциал у ребят огромный!





Курчатовцы

В «Сириусе»

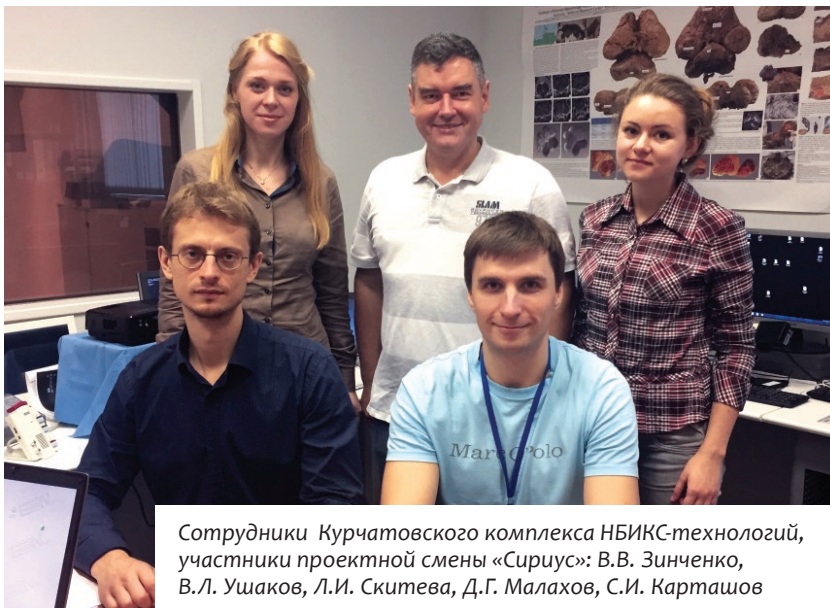
**В Курчатовском институте всегда придавали
большое значение подготовке кадров**

В последнее десятилетие эта деятельность постоянно набирала обороты. Итогом всех усилий руководства НИЦ «Курчатовский институт» стало создание действительно мощной образовательной базы. Это 27 базовых кафедр в МГУ, СПбГУ, МИФИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МИРЭА, уникальный факультет конвергентных НБИКС-технологий в МФТИ. В лабораториях Курчатовского института одновременно проводят исследования около 500 студентов и порядка 300 аспирантов. Кроме этого научные кадры здесь выращивают начиная уже со средней школы. Пять лет назад совместно с департаментом образования правительства Москвы был запущен «Курчатовский проект» непрерывного междисциплинарного образования. Начинаясь он на базе школы № 2030, а сегодня в этом проекте участвуют уже 37 московских школ.

Еще одним шагом в этом направлении стало сотрудничество НИЦ «Курчатовский институт» с образовательным центром для одаренных детей «Сириус». Он был создан в 2015 г. образовательным фондом «Талант и успех» и выдающимися российскими деятелями науки, спорта и искусства по инициативе президента РФ В.В. Путина на базе олимпийской инфраструктуры Сочи. Центр открылся в начале лета прошлого года, и Курчатовский институт стал одним из первых участников и партнеров этого проекта. Сотрудники Курчатовского института открыли в главном корпусе центра «Сириус» выставку «От атомного проекта к конвергенции». В течение двух месяцев перед участниками естественно-научной смены, а затем и юными спортсменами, музыкантами, с лекциями и практическими занятиями выступали молодые ученые-курчатовцы. Они рассказывали ребятам о ядерных источниках энергии и биоэнергетике, регенеративной медицине, исследованиях на курчатовском синхротронном и нейтронном источниках, последних достижениях нейробиологии и генетики. Благодаря этому приехавшие в «Сириус» школьники из самых разных городов нашей страны смогли узнать обо всем разнообразии междисциплинарных исследований Курчатовского института, его уникальной экспериментальной базе, пообщаться с молодыми сотрудниками института, узнать из первых рук об их пути в науку, перспективах их научной карьеры. Помимо этого, лекции ребятам читали и маститые ученые института, признанные авторитеты в своих научных сферах. Неоднократно с лекциями перед школьниками выступал президент НИЦ «Курчатовский институт» М.В. Ковальчук, декан НБИКС-факультета МФТИ П.К. Кашкаров.

В этом году сотрудничество НИЦ «Курчатовский институт» и центра «Сириус» продолжилось. Институт курировал одно из направлений проектной смены и принимал участие в организации выставки — полигона научных проектов. О том, насколько успешно шли работа и общение с талантливыми детьми, рассказал кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Курчатовского комплекса НБИКС-технологий **Вадим Леонидович Ушаков**.

— В древние времена человечество обожествляло Сириус, считало его «мудрейшей из звезд». И это естественно: на нашем небосклоне эта звезда — самая яркая. Сегодня мы знаем, что она еще и одна



Сотрудники Курчатовского комплекса НБИКС-технологий, участники проектной смены «Сириус»: В.В. Зинченко, В.Л. Ушаков, Л.И. Скитева, Д.Г. Малахов, С.И. Карташов

из самых близких к Земле: свет от нее доходит до нас всего за каких-то восемь с небольшим лет. По астрономическим меркам — почти мгновенно. Поэтому решение назвать главный российский образовательный центр для юных талантов в честь этой звезды выглядит красиво и логично.

На смену, а это 24 дня, из самых разных регионов России приезжают около 600 детей в возрасте от десяти до 17 лет, проявивших себя в науке, искусстве или спорте. Их сопровождают более 100 преподавателей и тренеров. Обучение идет бесплатно, проводят его ведущие педагоги физико-математических, химико-биологических, спортивных школ, выдающиеся деятели российского искусства: художники, танцоры, музыканты и т.д.

В июле в «Сириусе» впервые организовали специальную смену для «наукоемких» детей. Отобрали 400 учащихся из восьмых-десятых классов, победителей всевозможных олимпиад, конкурсов, соревнований самых разных масштабов: от городских до мировых. Мы с коллегами просто поражались уровню их подготовки! Многие владеют языками программирования, такими как C++, навыками работы с различными

Работа шла по принципам, очень похожим на те, по которым работает наш Курчатовский комплекс НБИКС-технологий. Вы изучаете в живой природе взаимодействие нейронов, каким образом мозг формирует и использует связи между ними, и пытаетесь это перенести в робототехнику, чтобы создать искусственный интеллект. Примерно так же были подобраны проекты «Сириуса» по нашему направлению. Все они логически связаны.

аппаратно-программными средствами для построения систем автоматики и робототехники, как, например, *Arduino*, системами автоматизированного проектирования и *3D*-моделирования. Они знают так много важных и серьезных вещей, которые даже для студентов пятого курса не всегда доступны. На вопрос, зачем они это изучают, ведь в школе этого не требуют, отвечают, что стало интересно, попросили преподавателя рассказать, позанимались — получилось, тогда продолжили. И это же подработка! Вместо того чтобы зависать в соцсетях, читают книги по высшей математике, программированию, генетике и квантовой физике. Потенциал у ребят огромный.

Но если есть потенциал, его обязательно нужно употреблять в дело. Вы можете гениально писать работы по теоретической физике, но без приложения к конкретным вещам ваши знания провисают и оказываются никому не нужными. Поэтому мы постарались организовать работу так, чтобы дети получали от своих умений конкретный, осязаемый выход. Вся проектная смена была поделена на семь направлений:

- приспособливаем космос для жизни человека;
- конструируем доступный электромобиль для МЧС;
- создаем умную среду обитания;
- контролируем среду обитания;
- делаем жизнь человека безопасной;
- извлекаем пользу из больших данных;
- совершенствуем человека и конструируем функциональную замену человека.

НИЦ «Курчатовский институт» курировал последнее в списке направление. Конкурс был — несколько человек на место. Отбирали из 400 школьников. Все они — победители олимпиад, призеры, медалисты, лауреаты. В первую очередь обращали внимание на самые значимые олимпиады — международные и всероссийские, потом прошли по дальним городам, чтобы не одна только Москва участвовала. Вместе с методистом нашего направления инженером-исследователем Курчатовского комплекса НБИКС-технологий С.И. Карташовым отобрали 90 ребят — по десять человек на девять проектов:

- «Реконструкция нейронных сетей мозга»;
- «Функциональная замена органов слуха на основе волоконно-оптического микрофона»;
- «Даем человеку новые чувства»;
- «Нейроинтерфейс "глаз — мозг — компьютер"»;
- «Робот "Старший брат"»;
- «Робот "Помощник"»;
- «Киберводитель»;
- проект «ОСКАР»;
- «Автоматическая парковка».

Работа шла по принципам, очень похожим на те, по которым работает наш Курчатовский комплекс НБИКС-технологий: вы изучаете в живой природе взаимодействие нейронов, каким образом мозг формирует и использует связи между ними, и пытаетесь это перенести в робототехнику, чтобы создать искусственный интеллект. Примерно так же были подобраны проекты «Сириуса» по нашему направлению. Все они логически связаны: от изучения фундаментальных основ работы головного мозга тематика плавно переходит в программирование управления различными механическими объектами с помощью нейроинтерфейсов, а затем и в создание иерархических систем управления роботизированными устройствами, перенесение в робототехнику отдельных элементов системы искусственного интеллекта, применение автоматических роботизированных механизмов с многокомпонентными сенсорными входами в контроле работы промышленных объектов. Выполнение

Многие дети в «Сириусе» владеют языками программирования, такими как C++, навыками автоматизированного проектирования и 3D-моделирования

проектов курировали специалисты из НИЦ «Курчатовский институт», НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина РАН, Университета ИТМО (Санкт-Петербург), Университета «Дубна», ПАО «РусГидро», ООО «КиберТех Лабс».

Чувство шестое с половиной

Проект «Реконструкция нейронных сетей мозга» был направлен на исследование фундаментальных принципов работы головного мозга. Новизна заключалась в особом интересе к морфологии и послойному распределению астроцитов и нейронов, которые преимущественно вовлекаются в формирование памяти. Кроме того, в ходе выполнения проекта проводилась разработка нового метода исследования когнитивной архитектуры — трехмерная реконструкция целого мозга мыши для последующей оценки активности каждого нейрона с помощью молекулярного картирования в объеме целого мозга. Данное направление интенсивно развивается в Курчатовском комплексе НБИКС-технологий в отделе нейронаук, и его сотрудники О.И. Ефимова, А.В. Короткова и В.С. Солодовников возглавили выполнение проекта.

Ребята сами «красили» срезы мозга, анализировали, какие нейроны активны, какие — пассивны. Школьники ставили эксперименты, вычисляли, какие клетки активируются в том или ином когнитивном процессе, в каком эпизоде деятельности задействованы. Эта работа была тесно связана с пониманием основ нейробиологии. Но в экспериментах участвовали победители олимпиад по физике, математике, химии. Они понимают, что науки взаимосвязаны, что физические или математические знания можно и нужно применять и в биологии. Но при этом надо, чтобы и в биологии был

какой-то бэкграунд. Для этого в каждом проекте были организованы вводные лекции по тематикам проектов, и способные дети быстро улавливали научные основы каждого направления.

Зная нейрофизиологические принципы работы головного мозга, можно разработать устройства для расширения сенсорного восприятия окружающего мира людьми — создать протезы для улучшения слуха. Этим занимались участники проекта «Функциональная замена органов слуха на основе амплитудного волоконно-оптического микрофона». Школьники сами сделали в 3D Max и распечатали на 3D-принтере макет ушной раковины. Среди моих студентов таких единицы, а школьники взяли и сделали! Дальше — программирование микроконтроллеров, создание микрофона на основе оптоволокон, сборка платы контроллера, оптика, а в итоге — настоящая модель функциональной замены уха. И все это за 24 дня смены!

Проект «Даем человеку новые чувства» был направлен на создание технологии вывода информации, в основе которой лежат свойства нейропластичности, сенсорного замещения и сенсibilизации.

Нейропластичность — свойство человеческого мозга изменяться под действием опыта и восстанавливать утраченные связи после повреждения — была открыта относительно недавно. Раньше считалось, что мозг формируется в детстве и дальше остается неизменным, может только разрушаться. Помните расхожую фразу «Нервные



Технологии управления инвалидной коляской силой мысли, разработанные компанией Toyota



Умное многофункциональное кресло для людей с ограниченными возможностями, созданное в проектной смене «Сириус»

клетки не восстанавливаются»? Сегодня нейропластичность активно используется в реабилитационной медицине для компенсации сенсорных нарушений. Но технология может быть использована и для расширения сенсорного диапазона нашего восприятия. Участники разрабатывали программно-аппаратный комплекс, включающий в себя носимое устройство, программное обеспечение и методику обучения пользователей.

Идея такая: вам на руку вешается браслет с датчиками, на который можно передавать любую информацию: ситуацию на бирже, прогноз погоды или силу сигнала Wi-Fi. Например, вы идете, у вас завибрировал браслет — значит, в этом месте хороший Wi-Fi — и у вас появляется новое ощущение зон с хорошим сигналом Wi-Fi. Это пока игрушка, но она может быть и полезной — такому браслету можно придать много других функций.

Только глазом моргни

Особой популярностью пользовался проект «Интерфейс "глаз — мозг — компьютер"», основанный на разработке управляемого взглядом и электроэнцефалограммой мозга умного многофункционального кресла для людей с ограниченными возможностями, чтобы они взглядом, словом и мыслью могли управлять его движением, набирать текст, вызывать скорую помощь и т.д. Данное направление развивается в НИЦ «Курчатовский институт» в отделе нейрокогнитивных технологий, тем не менее руководство проектом и его выполнение —

сугубо заслуга сотрудников группы нейровизуализации В.В. Зинченко, С.И. Карташова, Д.Г. Маляхова, Л.И. Скитевой и М.Г. Шараева.

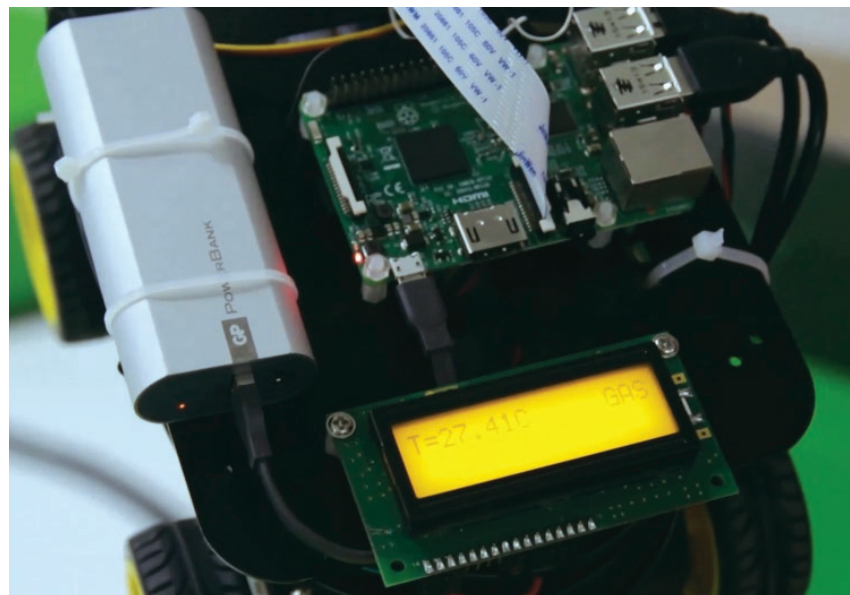
Школьники, как и в других проектах, разделились на команды, одни занимались программированием, другие — пайкой, третьи — материальной частью: корпусом, колесами, электроприводом для кресла-коляски. Ее с нуля выпилили, собрали, поставили айтрекер для отслеживания направления взгляда человека. Человек «калибрует» взгляд на неподвижных ориентировочных точках и дальше только с его помощью может выбирать, скажем, направление движения. Можно настроить коляску так, чтобы команды набирались на клавиатуре или отдавались голосом. И это не какой-то конструктор, который требуется просто собрать. Наши школьники за 24 дня самостоятельно выпилили, спаяли, собрали, написали программное обеспечение, настроили и обкатали совершенно фантастическое кресло. Обездвиженный человек с его помощью выходит не просто на новый качественный уровень жизни, он именно начинает новую жизнь. И это не концепт и не мечта, а реальная вещь! Конечно, педагоги помогали: разбирали программы, подсказывали, работали с данными.

Любой желающий в конце смены мог сесть в готовую коляску и, управляя взглядом, ехать в любом направлении.

Хочется, чтобы у нашего умного кресла было продолжение. Есть планы получить грант на его доработку и внедрение. Кроме практической пользы полезно показать детям, что сплоченной одной идеей командой возможно с нуля сделать очень многое.

Сто законов робототехники

Следующий цикл проектов был связан с робототехникой. Школьники собирали реально действующих роботов. Проект «Робот "Старший брат"» — это, по сути, блочный конструктор-трансформер. У него есть «глаза», которыми он следит за человеком и за другими роботами. Это, конечно, не зрение в привычном смысле, а его технический вариант, когда происходят локализация и навигация роботов в рабочем пространстве, определение предметов для захвата или ориентации. Робот может поддерживать беседу. Спросите его, допустим, как зовут президента Российской Федерации, он ответит правильно. Но не потому, что ответ заложен программистами, и даже не потому, что он «думает» или «помнит». Робот анализирует речь, посылает информацию в систему распознавания голоса в компьютер, связанный с интернетом (технология *Yandex Speechkit*), там формируется ответ, возвращается к нему и он отвечает. Сама идея красивая: вы не перегружаете машину, не закладываете в нее базу «все обо всем», а используете



Робот ОСКАР на испытательном стенде, испытание проводит сотрудник НИЦ «Курчатовский институт» В.С. Круткин



Всемирную паутину. Голосом подаем команды: «Возьми», «Дай», «Принеси», робот выполняет. Мало того, он еще и управляет «Младшим братом», «Помощником». Это уже целая иерархия.

Разработка иерархического интерфейса «человек — робот "Старший брат" — робот "Помощник"» позволила создать роботизированную систему, помогающую, например, учителю контролировать состояние маркерной доски. Преподавателю стоит только приказать: «Сотри с доски», и «Старший брат» улавливает приказ и активирует маленького специализированного помощника, который при поддержке магнитов ездит по доске и стирает с нее следы маркера. Был создан и робот «Помощник» для уборки пола. В проекте затрагивалась значительная часть теории автоматического управле-

«Старший брат» помогает припарковать автомобиль. Только представьте: вы приехали, скажем, в театр, выходите из машины и даете команду стационарному «Старшему брату — автопарковщику». Он подключается к вашей машине и, управляя ею, доводит до ближайшего свободного места. Все компоненты напечатаны на 3D-принтере, даже сервомотор ребята сами собирали. Если эти проекты объединить, можно просто творить чудеса.

Мне снизу видно все

В проекте «ОСКАР» была поставлена задача мониторинга состояния оборудования объектов малой гидроэнергетики, ассистентом проекта был сотрудник НИЦ «Курчатовский институт» В.С. Круткин. Команда должна была разработать и собрать

действующую модель робота ОСКАР (аббревиатура от «Оперативно-служебный комплекс по анализу режима». — Примеч. ред.), способного частично заменить работника оперативной службы гидроэлектростанции, и тестовый стенд с реализацией основных критических узлов на объектах гидроэнергетики. Здесь дети работали с «Автокадом», программировали, монтировали, ставили датчики. И сделали робота, который следит за сложными агрегатами. Он не спит, не ест, а кругло-

Проект «Даем человеку новые чувства» был направлен на создание технологии вывода информации, в основе которой лежат свойства нейропластичности — способности человеческого мозга изменяться под действием опыта и восстанавливать утраченные связи после повреждения

ния, были сконструированы платформы для различных типов движения и три двухстепенных манипулятора для движения глаз и рук робота. И все это тоже за 24 дня.

Еще один оригинальный инженерный проект — тоже наш, курчатовский — «Киберводитель», выполненный под руководством сотрудников лаборатории робототехники Курчатовского комплекса НБИКС-технологий П.С. Сорокоумова и Д.В. Рудова. Из готовых компонентов с некоторой модификацией были собраны робот-манипулятор, модель автомобиля с видеокамерой и универсальный роботизированный комплекс, моделирующий управление машиной. Траектория движения автомобиля выбирается роботом с учетом препятствий, дорожных знаков и разметки, определяемых при помощи той же системы технического зрения. Возможна модернизация манипулятора для управления разными типами транспортных средств: автомобилем, трактором, грузовиком, автобусом или такси. В перспективе планируется усилить биоподобие системы, применять для манипулирования и обработки изображений методы, подобные природным системам. Такой робот-манипулятор можно научить управлять и самолетом, и поездом, и даже подводной лодкой. Парковочный робот

суточно объезжает по заданной территории подконтрольную территорию, ищет отклонения от нормы. Если обнаруживает, скажем, повышение температуры, то дает сигнал оператору, где неполадка. Такой робот может ездить по технологическим станциям, отслеживать влажность, температуру, контролировать, нет ли протечки масла, насколько все агрегаты хорошо работают. Если что-то не так, сразу подает сигнал SOS.

Нашли? Не потерять!

Кроме практической части во время смены была возможность посетить и общие лекции, и специализированные по направлениям. Идея — дать детям возможность более широко взглянуть на науки. Если они выбрали нейробиологию или что-то, связанное с робототехникой, это можно связать и с генетикой, и с медициной, и даже с астрофизикой — там есть не менее интересные проблемы. Руководители проектной смены «Сириуса» хотели дать слушателям представление о различных направлениях в науке. Для этого они пригласили хороших спикеров, чтобы дети слушали людей, которые живут наукой. Параллельно были организованы выставки-полигоны с демонстрацией работы уникальных технических систем. Некоторые

экспонаты полигона были сделаны сотрудниками КК НБИКС-НИИЦ «Курчатовский институт»: видеоматериалы по современным неинвазивным исследованиям функционирования головного мозга человека с помощью полифункциональных синхронизированных методов нейровизуализации, таких как магнитно-резонансная томография, электроэнцефалография, айтрекер и экспонат «Коснуться взглядом: игровая демонстрация новых технологичей человеко-машинного взаимодействия».

Спасибо нашим ученым за то, что они общались со школьниками на равных. А ведь это даже не студенты, не выпускники школ с медалями, это дети, которые еще и физику не до конца изучили, — напомним, что среди участников были ученики в основном с восьмого по десятый классов. Доктора или кандидаты наук, даже академики на пальцах объясняли детям сложные научные концепции. Кто-то из ребят благодаря самообразованию задавал серьезные вопросы, кто-то знал меньше, но все интересовались и ответственно подходили к общему делу. В конце смены дети сами выступали в роли спикеров, защищая свои научные проекты на итоговых конференциях: делали презентацию проектов, отвечали на вопросы экспертов и других участников проектной смены.

Возникли крепкие межгрупповые связи, на научные лекции приходили и музыканты, и художники, и спортсмены. Ребята сдружились, думаю, они продолжат общаться и за пределами центра «Сириус», несмотря на огромную географию участников: кроме Москвы и Санкт-Петербурга — Курская, Калининградская, Ростовская, Свердловская, Нижегородская, Ульяновская, Красноярская, Пензенская, Кемеровская области, Тыва, Забайкальский край, Ингушетия, Северная Осетия и др.

Не только дети, но и ученые были счастливы прожить смену в образовательном центре. Оборудование и оснащение — на высшем уровне. Приходишь работать — все уже подготовлено, необходимое оборудование и материалы заказаны, куплены, установлены. Особая благодарность за это руководителям лабораторий, одну из которых по направлению «схемотехника и микроэлектроника» возглавил инженер-исследователь Курчатовского комплекса НБИКС-технологий Д.Г. Малахов.

Нашу смену посетила делегация во главе с В.В. Путиным, который высоко оценил успехи «Сириуса». Все проекты по нашему направлению были заслуженно отмечены дипломами, в том числе проекты от НИИЦ «Курчатовский институт»: наше умное многофункциональное кресло стало победителем смены в номинации «Самый перспективный проект в области нано-, био-, инфо-, когно- и социотехнологий», «Киберводитель» победил в номинации «Самый оригинальный инженерный проект в области робототехники и беспилотного автомобилестроения», а «Реконструкция нейронных сетей



Ведущий научный сотрудник КК НБИКС-НИИЦ «Курчатовский институт» В.Л. Ушаков

мозга» — в номинации «Самый наукоемкий проект в области исследования мозга». По каждому проекту сняли фильм, чтобы результат увидели за пределами центра. Ведь это очень важно — «забросить» такой научный «невод», который даже в самом далеком селе сможет «выловить» мальчишку или девчонку, которыми потом будет гордиться страна.

Вопрос — как теперь не потерять, не упустить уникальных детей, которые прошли через смену. Есть идея пригласить их после окончания школы в МФТИ на наш курчатовский НБИКС-факультет, предложив им дополнительные баллы для поступления. Еще есть задумка создать реестр одаренных детей России — в этом наше настоящее богатство и наше будущее! ■

Подготовил Валерий Чумаков

СПРАВКА

Вадим Леонидович Ушаков

- Ведущий научный сотрудник Курчатовского комплекса НБИКС-технологий НИИЦ «Курчатовский институт», кандидат биологических наук, доцент.
- Область научных интересов: нейробиология, молекулярная биология, когнитивные функции.

БИОМЕХАНИКА

СЕКРЕТ СКОРОСТИ

Благодаря новому
взгляду на биомеханику
бега на короткие
дистанции олимпийцы
смогут улучшить свои
результаты

Дина Файн Марон



ОБ АВТОРЕ

Дина Файн Марон (Dina Fine Maron) — помощник редактора журнала *Scientific American*.



В пятницу утром в феврале этого года одного из лучших спринтеров США Майка Роджерса пристегнули системой страховочных ремней, подвешенной к потолку над специально оборудованной беговой дорожкой. «Никто здесь никогда не падал, но вы можете оказаться первым», — сказали ему. Роджерс усмехнулся и приготовился к бегу. Он усиленно тренировался, чтобы попасть в олимпийскую сборную. Но этот день закончился для него совсем не так, как обычно, — дополнительными тренировками на стадионе или силовыми упражнениями в спортивном зале. Вместо этого Роджерс оказался в небольшом белом здании в Далласе, на двери которого красовалась рельефная надпись *Locomotor Performance Laboratory*.

Снаружи это было ничем не примечательное строение напротив ветеринарной клиники для собак и студии йоги, переоборудованное из типографии. Но в последние годы десятки таких, как Роджерс, спринтеров приезжают в это здание, принадлежащее Южному методистскому университету, чтобы получить рекомендации по технике бега от специалиста в области физической культуры и спорта Питера Уэйенда (Peter G. Weyand) или помочь ему в его научных изысканиях. Они считаются лучшими на сегодня в области биомеханики спринтерского бега и посвящены выявлению причин, по которым спортсмены мирового уровня развивают рекордные скорости. Полученные сведения использовались при подготовке лучших американских спринтеров к летним Олимпийским играм 2016 г. в Рио-де-Жанейро.

Ключевой инструмент конструкции Уэйенда — беговая дорожка, хитрое изобретение стоимостью



примерно \$250 тыс., оснащенное специальными пластинами для измерения силы, с которой спортсмен отталкивается от земли во время бега. Три камеры, установленные вокруг устройства, позволяют получать мгновенные трехмерные снимки движения спортсмена. Уэйенд надеется, что все полученные им данные помогут найти способ корректировки техники бега, позволяющий выигрывать решающие сотые доли секунды в забеге на 100 м.

Экипированный точно так же, как все подопечные Уэйенда (кроссовки определенной модели, футболка и спортивные трусы из спандекса, светоотражающие наклейки), Роджерс для разогрева мышц начинает неторопливый бег со скоростью чуть выше 10 км/ч. Вскоре он разгоняется до 37 км/ч. При таком темпе татуировка на его правой икре — мультипликационный персонаж Скорострел с надписью под ним «Догони меня» — становится размытым пятном. Данные измерений тут же заносятся в компьютер, где с помощью специальной программы строятся диаграммы параметров движений спортсмена.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

■ Согласно общепринятому мнению, спринтеры мирового уровня отличаются от обычных бегунов тем, что при каждом шаге переставляют ноги в воздухе быстрее.

■ Полученные в последнее время данные говорят о том, что в действительности ключевую роль в технике бега играет сила, с которой спортсмен отталкивается от беговой дорожки.

■ В результате биомеханического анализа выявлены факторы, влияющие на эту силу, и способы, с помощью которых спортсмены могут развивать более высокую скорость.



2

По ходу движения. Исследователи из Южного методистского университета в своей лаборатории готовят к забегу Майка Роджерса, одного из лучших американских спринтеров (1). Чтобы отслеживать движения спортсмена, аспирант Эндрю Юдофа (Andrew Udofa) наклеивает ему на ноги светоотражающие полоски (2). Информация сразу поступает в компьютер и обрабатывается с помощью специальных программ, что позволяет команде исследователей детально анализировать процесс (3).

Уэйнсд обсле­довал более 120 бегунов, в том числе 12 спринтеров мирового уровня; это серьезные данные наблюдений, которые позволили заполнить давний пробел в понимании биомеханики высокоскоростного бега. Ранее считалось, что величайшие спринтеры очень быстро переставляют ноги для следующего шага, находясь в воздухе, в чем и состоит их главное преимущество. Однако это было лишь предположение, основанное на интуиции и не имеющее теоретической базы. Уэйнсд был первым, кто применил к этой идее научный подход, и результаты его исследований свидетельствовали о ее ошибочности. Похоже, ключ к высокой скорости лежит в другом месте и, найдя его, можно будет, как утверждает Уэйнсд, помочь спринтерам улучшить свои результаты.

На старт!

Бег как вид спорта появился в 776 г. до н.э., когда состоялись первые Олимпийские игры. В их программе была всего одна дисциплина — бег на 192,23 м (один стадий). Вероятно, самые первые попытки разобраться в механике бега предпринял британский лауреат Нобелевской премии Арчибалд Хилл (Archibald Hill): в 1927 г. он провел эксперимент, когда спортсмены с закрепленными на теле магнитами быстро бежали вдоль больших катушек проволоки, которые реагировали на эти магниты. Зная расстояние между катушками, Хилл мог вычислить скорость и ускорение легкоатлета.



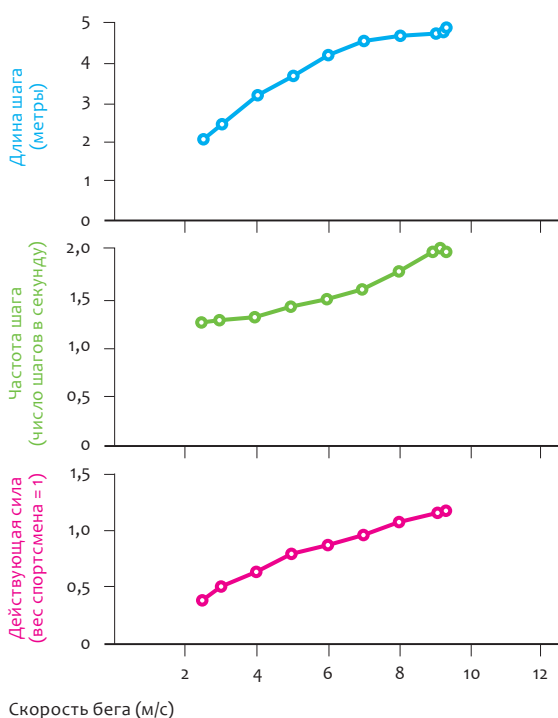
3

Разработанные в 1950-х гг. силоизмерительные плиты позволили заняться исследованием другого аспекта бега. Эти похожие на весы устройства регистрируют приложенное к ним усилие и его изменение во время шага спортсмена. С их помощью ученые могут отслеживать изменение усилия, совершаемого бегуном при разных скоростях, или сравнивать усилия при разных видах поступи — например, между бегунами, которые при шаге вначале ставят ногу на пятку, и теми, которые бегут на носках. В 1970-х гг. итальянский исследователь Джованни Каванья (Giovanni Cavagna) получал данные о прикладываемых бегунами усилиях, используя установленные на беговой дорожке силоизмерительные плиты. Но поскольку эти плиты стоили очень дорого, у него было их всего несколько штук, что позволяло получать информацию лишь с небольшого участка дистанции. Чтобы охватить всю трассу, понадобилось множество забегов, после каждого из которых Каванья вручную переносил плиты вперед и получал запись лишь нескольких шагов спортсменов, постепенно складывая полную картину.

«Основываясь на этих и других, более ранних исследованиях, специалисты по изучению техники спринтерского бега сосредоточились на том, что снижает скорость спортсменов, — сопротивление воздуха», — говорит Джим Ашервуд (Jim Usherwood), эксперт по исследованию локомоции животных из Лондонского университета. В целом эта работа мало что дала для понимания того, как повысить результативность бегуна.

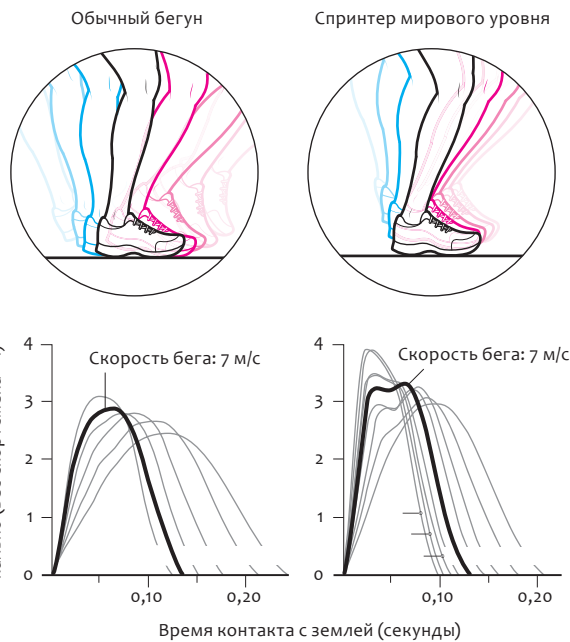
С опорой на Землю

Что требуется, чтобы стать спринтером мирового уровня? Несомненно, важную роль играют безупречная генетика и физическая подготовка, но не только. Исследования, проведенные в последние годы с использованием передовых технологий, позволили по-новому взглянуть на биомеханику спринтерского бега. Это поможет существенно повысить свои спортивные показатели как профессиональным спринтерам, так и любителям.



Сила как ключевой фактор

Давно известно, что скорость бега напрямую зависит от длины и частоты шагов (верхний и средний графики). В 2000 г. Питер Уэйенд из Южного методистского университета и его коллеги продемонстрировали, что лучшие спринтеры с большей силой отталкиваются от земли (нижний график). Оказалось, что именно благодаря этому шаги становятся длиннее и чаще.



Зависимость силы от техники бега

Ноги обычного бегуна двигаются пассивно, наподобие тренажера-кузнечика, — они упираются в землю, а затем, как пружина, снова подбрасывают его в воздух. График зависимости силы от времени контакта с землей представляет собой гладкую кривую без особенностей (слева). В 2014 г. группа исследователей во главе с Уэйендом показала, что ноги спринтеров мирового класса работают наподобие поршней, совершающих сильное толкательное движение, что уменьшает время контакта с землей. График такого движения имеет вид более крутой кривой (справа). Чтобы с силой оттолкнуться от беговой дорожки, голеностоп спортсмена должен быть напряжен — в расслабленном состоянии сильного отскока не получится, поскольку в этом случае голеностоп поглощает часть энергии удара о землю.

Работы Уэйенда повернули исследования в другую сторону и подсказали, как должны действовать легкоатлеты. Однако он не был первым, кто догадывался о новых возможностях продвижения вперед. Поскольку скорость — это результат умножения длины шага на его частоту, считалось, что чем меньше времени нога касается земли при каждом шаге, тем выше скорость. В 2000 г. Уэйенд с коллегами опубликовал знаменательную статью, демонстрирующую, как это происходит на самом деле. Он привлек 33 бегуна разной степени подготовки для забега на беговой дорожке более ранней модификации, оборудованной силоизмерительными плитами. Результаты оказались поразительными. Уэйенд ожидал, что «быстрые» спортсмены будут тратить меньше времени на контактирование с землей и, следовательно, дольше оставаться в воздухе, чем их «медленные» коллеги. Однако он

не предусмотрел, что независимо от способностей бегуна проходит одинаковое количество времени между тем, когда нога отрывается от земли и тем, когда она вновь касается ее при следующем шаге.

Но, как выяснил Уэйенд со своими коллегами, чем действительно великие спринтеры отличаются от остальных — так это силой, с которой они отталкиваются от земли. В ходе дальнейших исследований он обнаружил, что на самых высоких скоростях сила толчка лучших спортсменов превышает их собственный вес до пяти раз. Для сравнения — у обычных бегунов этот показатель составляет примерно 3,5. Как мячик-попрыгунчик подскакивает тем выше, чем сильнее его швырнули о землю, так и бегун, отталкивающийся от земли с большей силой, обладает большей энергией при приземлении, и в результате перемещается дальше, быстрее и более длинными шагами. Кроме



Исследуя скорость: биомеханик Питер Уэйенд потратил 20 лет на то, чтобы выяснить, благодаря чему лучшим спринтерам удастся бежать так быстро

того, при сильном толчке бегун быстрее подскакивает, в результате время контакта с землей уменьшается, а частота шага увеличивается. У лучших бегунов шаги длиннее и чаще.

Достичь цели

Недавно команда Уэйенда выяснила, каким образом лучшим спринтерам удастся развивать такую мощную силу. Результатом стал пересмотр еще одного важного принципа техники бега. Согласно широко известной модели «пружина — масса», предложенной в конце 1980-х гг., которая описывает механику перемещения на двух конечностях, ноги спринтера ведут себя относительно пассивно; наподобие тренажера-кузнечика, они подхватывают тело и не дают ему упасть, а затем, как пружина, снова подбрасывают его в воздух. Графическое представление сил при такой поступи имеет вид плавной симметричной кривой.

Однако эта модель предполагает, что спортсмен бежит не очень быстро. Когда Уэйенд вместе с физиком из Южного методистского университета Лоренсом Райаном (Laurence Ryan) и специалистом по биомеханике Кеном Кларком (Ken Clark), ныне работающим в Уэст-Честерском университете, просматривали и анализировали видеозапись

такого бега и данные о силах, то увидели, что эта модель не подходит для самых быстрых спринтеров. Их ноги сгибались и разгибались не плавно, а рывками, как поршни, совершая резкие мощные толчки. Графическое представление сил демонстрировало высокие максимумы.

Тщательное изучение поведения нижних конечностей самых быстрых бегунов выявило едва различимые факторы, благодаря которым спортсменам удастся развивать такую большую силу: непосредственно перед тем как коснуться земли, они напрягают мышцы голеностопного сустава, что после удара ноги о землю на доли секунды замедляет стопу и голеностопный сустав. Это замедление максимизирует воздействие на тело со стороны земли в ответ на удар и предотвращает его потерю. Кроме того, лучшие спринтеры стараются как можно выше поднимать колени, что дает им время и пространство для того, чтобы ноги двигались с наибольшей скоростью и в итоге в момент соприкосновения с землей давили на нее с максимальной силой. Результаты исследований были опубликованы в 2014 г. Для ясности Уэйенд использует следующий пример: если вы наносите удар расслабленной кистью, то он получается не слишком сильным — в отличие от удара крепко сжатым кулаком.

Эти рассуждения лежат в основе рекомендаций, которые дает команда Уэйенда бегунам и тренерам. «Речь идет о простых вещах. Мы не говорим: "Тормозите!", а советуем как можно сильнее давить на землю, и тогда произойдет то самое замедление, — говорит Уэйенд. — Бегун, который последует этому совету, почувствует, что с каждым шагом он отталкивается от земли все сильнее. Кроме того, важно, как ведут себя остальные части тела — голеностопный сустав, колени, бедра, туловище и шея, которые тоже должны быть напряжены».

Полученные Уэйендом данные не были новостью. Ральф Манн (Ralph Mann), специалист по биомеханике, бывший барьерист, участник Олимпийских игр, а сегодня работающий с бегунами и тренерами в общественной организации *USA Track & Field*, уже указывал на этот вид обратной связи, замечает Даррил Вудсон (Darryl Woodson) из *USA Track & Field*, тренирующий восемь спринтеров, в том числе и Роджерса. Однако Вудсон говорит при этом, что достоверная информация, подтверждающая догадки Манна, «позволяет рекомендациям, которые наставники дают своим подопечным, стать более весомыми».

Вперед!

При попечительстве Уэйенда ведущие легкоатлеты улучшили свои показатели. Барьерист-олимпиец Дэвид Оливер (David Oliver), бронзовый призер Олимпийских игр 2008 г., желая достичь

большого, в 2012 г. по совету своего тренера по физической подготовке обратился к Уэйенду. Тот выявил две слабые стороны Оливера: когда спортсмен отталкивался от земли, его стопа находилась слишком далеко от центра масс, а колено отставало, вместо того чтобы быть вровень или опережать другое колено, что уменьшало силу толчка. Во время тренировок и занятий по физической подготовке Оливер сосредоточился на этих моментах и уже через несколько месяцев заметил прогресс. На следующий год он выиграл золотую медаль в беге на 110 м с барьерами на чемпионате мира в Москве и сейчас все еще занимает четвертую строчку в списке самых быстрых спортсменов на этой дистанции.

К сожалению, не считая эпизодических докладов, на сегодня в печати нет никаких публикаций по поводу результатов, достигнутых спортсменами, которые придерживались методики Уэйенда. В то же время его рекомендации могут оказать-

Ноги спринтера сгибаются и разгибаются не плавно, как тренажер-кузнечик, а движутся наподобие поршней

ся чрезвычайно полезными, о чем свидетельствуют проводимые в настоящее время исследования. Мэтт Бандл (Matt Bundle) из Университета штата Монтана проанализировал, как рекомендации Уэйенда влияют на результаты спринтеров-добровольцев, и обнаружил улучшения, сходные с теми, какие дает прием стимулирующих препаратов. «Какие еще нужны доказательства?!» — восклицает он.

Однако Уэйенд признает, что дело не только в биомеханике. «Остается много факторов, на которые бегун не может повлиять, — говорит он. — Например, очень велика роль генетики». Если вы не очень хорошо сложены, а мышцы от природы недостаточно сильны, вы никогда не станете выдающимся спринтером». Но в некоторых случаях спортсмен может компенсировать биомеханические недочеты: по его мнению, самому быстрому спринтеру в мире Усейну Болту (Usain Bolt) с Ямайки, который не реализует весь свой биомеханический потенциал, помогают побеждать другие факторы — в первую очередь его рост и физическая сила.

Рекомендации Уэйенда применимы не только к спортсменам мирового уровня, но и к спринтерам-любителям. Поддерживать голеностопный сустав в напряжении, высоко поднимать колени

и как можно сильнее отталкиваться от земли — все это не сделает большинство из них олимпийцами, зато поможет установить личные рекорды. Конечно, такие сильные толчки не слишком полезны для людей, занимающихся оздоровительным бегом. Если, например, человек находится в неважной физической форме, он может получить травму или у него появятся боли в коленях и своде стопы, в мышцах передней части голени. Что еще хуже — может развиваться болезнь Мортон, которая характеризуется болью в передней части стопы в области головок плюсневых костей. Французский исследователь Жан-Бенуа Морен (Jean-Benoît Morin) из Университета Ниццы — Софии Антиполис рекомендует бег вниз по склону как упражнение для выработки привычки ставить голеностоп прямо. Кроме того, для отработки навыка быстрого толчка он советует прыгать со скакалкой. (Методика Уэйенда подходит исключительно для спринтеров. Бегуны на длинные дистанции (стайеры) не могут бежать таким образом слишком долго, поскольку им необходимо сохранять силы в течение длительного времени.)

Что касается Роджерса, то у Уэйенда есть для него хорошие новости. По его сведениям, лучшие спринтеры действительно «атакуют землю», что Роджерс и делает. Хотя его вес составляет всего около 75 кг, он отталкивается от беговой дорожки с силой, превышающей 700 фунтов (374 кг), — и это после усталости мышц от предшествующих тренировок. Никаких гарантий насчет Олимпиады быть не может, но если Роджерс попадет в сборную команду, то у него есть все шансы на победу. ■

Перевод: С.Э. Шафрановский

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Faster Top Running Speeds Are Achieved with Greater Ground Forces Not More Rapid Leg Movements. Peter G. Weyand et al. in Journal of Applied Physiology, Vol. 89, No. 5, pages 1991–1999; November 1, 2000.
- Foot Speed, Foot-Strike and Footwear: Linking Gait Mechanics and Running Ground Reaction Forces. Kenneth P. Clark, Laurence J. Ryan and Peter G. Weyand in Journal of Experimental Biology, Vol. 217, No. 12, pages 2037–2040; June 15, 2014.
- Are Running Speeds Maximized with Simple-Spring Stance Mechanics? Kenneth P. Clark and Peter G. Weyand in Journal of Applied Physiology, Vol. 117, No. 6, pages 604–615; September 15, 2014.
- Видеоролик об исследованиях, посвященных спринтерскому бегу, которые проводятся в лаборатории Питера Уэйенда, см. по адресу: ScientificAmerican.com/jul2016/sprinting



ОКТАБРЬ 1966

От ДНК к белкам. «Гипотезе о том, что гены живой клетки содержат всю информацию, необходимую для ее воспроизводства, сегодня более 50 лет. Она подразумевает, что гены содержат в закодированном виде подробные инструкции по синтезу тысяч видов белковых молекул, необходимых клетке для существования: для извлечения энергии из молекул, усвоенных в качестве пищи, для самолечения и для репликации. Однако представление о химической природе генетического материала и о том, как его молекулярная структура может воплощать в себе закодированные инструкции, которые могут "считываться" механизмами клетки, отвечающими за синтез белковых молекул, удалось получить лишь за последние 15 лет». — Фрэнсис Крик (Francis H.C. Crick).

Примечание: в 1962 г. Крик стал одним из лауреатов Нобелевской премии, присвоенной за его работу по ДНК.

Шпионаж и холодная война. Свидетельства двух ученых, тесно связанных с разработкой атомной бомбы в Лос-Аламосе во время Второй мировой войны, — Генри Линшица (Henry Linschitz), профессора физики в Брандейском университете, и Филиппа Моррисона (Philip Morrison), профессора физики Массачусетского технологического института, — показывают, что секретный «набросок эффективного сечения», в передаче которого Советскому Союзу обвиняли на процессе 1951 г. Джулиуса и Этель Розенбергов (Julius & Ethel Rosenberg) и Мортон Собелла (Morton Sobell), не имел никакой ценности в качестве описания атомной бомбы. По просьбе Собелла, отбывающего 30-летний срок в тюрьме Алькатрас, секретная часть материалов процесса была открыта для публичного ознакомления. Линшиц заявил: «Нет никакой технической возможности

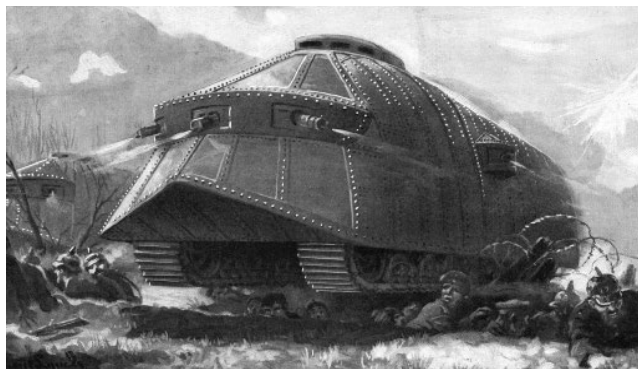


Рисунок новой боевой машины — танка, созданный воображением художника на основе скудной информации, доступной на тот момент, 1916 г.

сконцентрировать результаты исследования, обошедшегося в \$2 млрд, в чертеже, нарисованном выпускником средней школы на одном листке бумаги».

Примечание: в 2008 г. 91-летний Мортон Собелл сказал, что допускает возможность передачи Советскому Союзу военной информации.



ОКТАБРЬ 1916

Танки. Новейшей и самой впечатляющей особенностью успешного наступления французских и британских войск на Сомме было использование нескольких танков — бронированных и вооруженных тракторов (на илл.), которые, как можно судить по сообщениям

прессы, показали удивительную эффективность при сопровождении наступления пехоты. О роли, которую эти машины смогут сыграть на последующих этапах войны, говорить пока рано. Британцы говорят об их применении как о большом успехе, а немцы, естественно, описывают их как неуклюжие, медленные и уязвимые.

Энергия от Солнца. Похоже, что, хотя паровые котлы, отапливаемые каменным углем, и были усовершенствованы, солнечные котлы можно будет довести до значительно более высокого КПД. Эта точка зрения подтверждается результатами недавних экспериментов, проводившихся в течение двух лет в Маади на Ниле, в 11 км южнее Каира. Установка состояла из пяти котлов длиной по 62,5 м, установленных в фокусах желобообразных отражателей общей площадью 1234 м². Максимальное количество получаемого пара соответствовало мощности 156 л.с. на гектар площади, занимаемой установкой. Эти результаты говорят о высокой эффективности солнечных котлов, особенно в условиях нехватки угля и обилия солнечной энергии.



ОКТАБРЬ 1866

Нашествие саранчи. Фермеры графства Браун в штате Канзас и прилегающих земель подверглись недавно бедствию, похожему на одну из казней египетских. Появились полчища саранчи, движущиеся полосой шириной в 20 км, пожирая практически всю растительность на своем пути. Газета города Мэрисвилла Enterprise пишет: «Саранча опустилась на поля, сады и вообще на всю съедобную зелень, пожирая все, к чему прикасалась. Она оккупировала всю территорию, и фермеры всерьез опасаются, что их кукуруза будет полностью погублена».

Ученые выяснили, каким образом яд, введенный таракану крошечной осой, превращает насекомое в безвольную марионетку и в идеальный источник пропитания для ее потомства

Кристи Уилкоккс

БИОЛОГИЯ

НЕЙРОБИОЛОГИЯ ЗОМБИРОВАНИЯ

Н е знаю, снятся ли тараканам сны, но будь так на самом деле, главными персонажами их кошмаров наверняка были бы изумрудные тараканьи осы. Людям эти маленькие тропические насекомые, ведущие одиночный образ жизни, особых неудобств не доставляют; во всяком случае, они не способны манипулировать нашими психикой и рассудком, превращая нас в добровольный источник пищи для своих детенышей, — так, как они поступают с ничего не подозревающими тараканами. Настоящий сюжет для душераздирающего фильма ужасов в духе серии фантастических триллеров «Чужой». История проста до абсурда: самка осы устанавливает полный контроль над рефлексам и поведением таракана, которого она решает

скормить своему потомству, напрочь лишая его чувства страха и желания избежать трагической судьбы. Но в отличие от кинофильмов, в реальной жизни здоровых тараканов превращает в бездумных зомби не некая неизлечимая вирусная инфекция, а всего-навсего яд — хотя и не простой: он действует как фармакологический препарат, специфическим образом поражающий тараканий мозг.

Адаптированный отрывок из книги Кристи Уилкоккс «Ядовитые животные: как самые опасные существа планеты совершенствовали свою биохимию» (Venomous: How Earth's Deadliest Creatures Mastered Biochemistry), печатается с разрешения издательского дома Scientific American / Farrar, Straus and Giroux, LLC (США), Bungeishunju Ltd. (Япония). © Кристи Уилкоккс, 2016 г.



Изумрудная тараканья оса — удивительный продукт эволюции: ее необычный яд способен изменять поведение других насекомых

Мозг любого животного, будь то человек или насекомое, по сути дела представляет собой скопление нервных клеток (нейронов). Существует несметное множество ядовитых соединений, способных активировать деятельность нейронов или, напротив, угнетать ее. А потому неудивительно, что яды некоторых живых существ целенаправленно воздействуют на тщательно защищенную в организме центральную нервную систему и ее главный отдел — головной мозг. Одни из этих ядов впрыскиваются жертвам в кровь и, чтобы проникнуть в их мозг, вынуждены преодолевать гематоэнцефалический барьер. Другие — как, например, в нашем случае тараканьих ос и зомбируемых ими тараканов — вводятся жертвам непосредственно в мозг.

Зомбирование

Изумрудная тараканья оса — наглядный пример того, что действие нейротоксичных ядов (нейротоксинов) отнюдь не ограничивается парализацией (обездвижением) жертвы. Оса, нередко в несколько раз уступающая размерами своей жертве, нападает на таракана с воздуха. Она пикирует сверху и, вонзив в него челюсти, направляет жало (видоизмененный яйцеклад) в участок груди (среднего отдела туловища таракана), расположенный между точками прикрепления к ней первой пары ног. Укол жала и впрыскивание яда занимают всего несколько секунд. Ядовитые соединения действуют очень быстро и вызывают временное обездвижение таракана, что позволяет осе ужалить жертву с большей точностью. На сей раз она впрыскивает яд в область тела, где у таракана находится пара головных ганглиев (аналог головного мозга у насекомых).

Строение жала тараканьей осы настолько тонко подогнано к анатомическим особенностям жертвы, что она с легкостью может точно вводить яд в нужные отделы мозга. Руководствуясь механическими и химическими сигналами, оса пронзает жалом ганглионарную оболочку (эквивалент гематоэнцефалического барьера у насекомых) и вводит яд в надлежащие нервные структуры. Особую важность для нее представляют две области тараканьего мозга. После их экспериментального удаления у таракана ученые наблюдали, как оса подолгу сидит на своей обездвиженной жертве с погруженным в ее голову жалом, тщетно пытаясь нащупать им отсутствующие нервные структуры.

ОБ АВТОРЕ

Кристи Уилкоккс (Christie Wilcox) — специалист в области клеточной и молекулярной биологии; работает в Гавайском университете, где изучает яды животных. Принимает участие в работе нескольких научных блогов.



А затем таракан приходит в себя и превращается в зомби. Первым делом он приводит себя в порядок. Когда действие осинового яда, вызвавшего временный паралич насекомого, прекращается и передние ноги жертвы мало-помалу восстанавливают двигательную активность, она приступает к совершению причудливого ритуала груминга (чистки тела), продолжающегося примерно полчаса. Ученые показали, что такое поведение всецело обусловлено действием осинового яда: ни прокол покрова головы таракана, обычно провоцирующий сильный стресс, ни простой контакт насекомого с осой, не сопровождавшийся укусом и инъекцией яда, не вызвали у него никакого желания заниматься личной гигиеной. Поскольку этот внезапный приступ чистоплотности может быть связан с повышением уровня дофамина в мозге таракана, мы полагаем, что «микробобное» поведение насекомого, возможно, инициирует некий дофаминоподобный компонент осинового яда. Вопрос о том, представляет ли собой такой груминг выгодную для осы поведенческую реакцию жертвы или же это просто побочный эффект действия яда, во многом остается спорным. По мнению одних исследователей, подобное поведение гарантирует возможность уязвимым личинкам осы кормиться безопасной пищей, очищенной от болезнетворных грибов и бактерий; по мнению других, вынуждая таракана заниматься грумингом, оса попросту получает больше времени на обустройство «могилы» для своей жертвы.

Дофамин — одно из наиболее удивительных соединений, присутствующий в мозге самых разных животных, от насекомых до человека. И у всех этих существ его эффекты имеют жизненно важное значение. У человека дофамин выступает неотъемлемым компонентом так называемой мозговой системы вознаграждения; приятные переживания сопровождаются повышением его уровня в мозговой ткани. Но хотя это вещество и делает нашу жизнь радостнее, оно тесно связано с аддиктивными (зависимыми) формами поведения и эйфорией,

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Тараканьи осы используют живых тараканов в качестве источника пищи для своих личинок.
- Для этого они вводят в мозг (головные ганглии) своих жертв особую смесь химических соединений, изменяющую их поведение и метаболизм.
- Многие другие виды ос и наездников также используют яды сложного состава, позволяющие их личинкам паразитировать на пауках, гусеницах и даже личинках других перепончатокрылых, а иногда и превращать их в зомбированных защитников своего потомства.



Съев внутренности своего хозяина-таракана, личинка тараканьей осы превращается внутри его тела во взрослое крылатое насекомое и выбирается наружу

вызываемой, например, кокаином и другими наркотиками. Нам никогда не узнать, испытывает ли таракан что-либо вроде эйфории, когда его мозг наводнен дофамином. Хотелось бы верить, что дело обстоит именно так: было бы слишком жестоко, если бы живое существо, обреченное на гибель, не вкусило хотя бы толику радости перед своим ужасным концом.

Пока таракан предается грумингу, оса оставляет свою жертву в покое и отправляется на поиск подходящего места для обустройства гнезда. Ей нужна темная норка, где она смогла бы отложить яйцо и разместить запас корма для вылупившейся личинки — зомбированного таракана. Поиск и обустройство такого логова занимают у осы примерно полчаса. Когда после этого она возвращается к жертве, та уже полностью находится во власти яда, лишенная какого-либо желания спасти свою жизнь бегством. В принципе, такое состояние таракана преходяще: если отравленное насекомое изолировать до того, как его тканями начнет кормиться вылупившаяся личинка осы, примерно через неделю эффект зомбирования исчезает. К несчастью для ужаленного осой таракана, этот отрезок времени слишком долг. Прежде чем мозг жертвы получит шанс вернуться в нормальное состояние, она уже будет убита личинкой осы.

Пораженный ядом таракан в полной мере сохраняет двигательные функции, но насекомое, похоже, попросту не имеет желания воспользоваться ими для спасения жизни. Яд не ухудшает и работу органов чувств жертвы — он просто изменяет реакции ее мозга на сенсорные стимулы. Ученые показали даже, что раздражители, обычно побуждающие тараканов спасаться бегством (такие, например, как прикосновения к их крыльям или ногам), порождают у отравленных жертв нервные сигналы, достигающие мозга, но каких-либо

поведенческих реакций они при этом не вызывают. Объясняется это тем, что осиный яд подавляет активность определенных нейронов мозга, что приводит к внезапной утрате жертвой чувства страха перед предстоящей ей перспективой быть заживо съеденной личинкой осы. Такой эффект яда обусловлен наличием в нем токсинов, воздействующих на ГАМК-зависимые хлоридные каналы.

ГАМК (гамма-аминомасляная кислота) — один из важнейших нейротрансмиттеров (нейромедиаторов) мозга и насекомых, и людей. ГАМК угнетает работу нейронов, снижая их способность генерировать электрические разряды под влиянием активации натриевых каналов в клеточной мембране. Когда ГАМК связывается с соответствующими рецепторами мембраны, хлоридные каналы открываются и отрицательно заряженные ионы хлора проникают внутрь клетки. Это приводит к увеличению отрицательного заряда на внутренней стороне мембраны и снижению возбудимости нейрона. ГАМК, однако, — не «абсолютный» ингибитор нейронной активности: достаточно сильные стимулы способны преодолеть ее угнетающее действие на работу нервных клеток. С помощью этой одурманивающей нейромедиаторной системы оса и заставляет таракана исполнять все свои приказы. Ее яд насыщен ГАМК и двумя другими соединениями, которые также активируют хлоридные каналы, — бета-аланином и таурином. Кроме того, эти вещества препятствуют обратному захвату ГАМК нейронами, тем самым пролонгируя действие нейротрансмиттера.

Несмотря на то что все эти компоненты яда и подавляют активность мозга, которая смогла бы обратить таракана в спасительное бегство, сами собой достичь надлежащих нервных структур они не могут. Вот почему осе приходится инъектировать их непосредственно в головные ганглии таракана. Справиться с такой сложной задачей осе помогает изобретательность природы: яд, зомбирующий мозг таракана, способен также вызывать и преходящую парализацию насекомого, позволяющую осе точно вводить его в надлежащие нервные структуры. ГАМК, бета-аланин и таурин на какое-то время отключают двигательные нейроны тараканьего мозга, так что для достижения двух различных целей осе требуется всего один яд.

Неподвижную, не способную сопротивляться жертву оса использует и для пополнения собственных сил: иногда она съедает ее антенны (усики) и пьет ее сладковатую питательную кровь (кровенную жидкость). А затем, подобно всаднику, ведущему под узду своего коня, она хватается зомбированного таракана за остатки его антенн и отводит его к месту последнего упокоения. Затолкав жертву в норку, она прикрепляет к одной из его ног отложенное яйцо и закупоривает вход в логово.

Свежая пища

И, наконец, яд тараканьей осы способен еще на один фокус. Пока таракан обреченно ожидает своего печального конца, яд снижает уровень метаболизма в его теле, продлевая тем самым время, в течение которого его ткани, обеспечивающие кормом личинку, будут сохранять свежесть. Скорость (интенсивность) метаболизма можно оценить, например, измеряя количество кислорода, потребляемое организмом за единицу времени, поскольку все животные, включая и людей, используют кислород для извлечения энергии из пищи или отложенных в теле запасов жира. Ученые обнаружили, что потребление кислорода тараканами, ужаленными осой, гораздо ниже, чем их здоровыми сородичами. Вначале они предположили, что этот эффект обусловлен пониженной двигательной активностью жертв, но впоследствии было показано, что тараканы, отравленные осиным ядом, жили даже дольше своих сородичей, полностью обездвиженных лекарственными препаратами или в результате разрушения двигательных нейронов. Похоже, причина их живучести связана с гидратацией тканей. Ученым пока не известно, как именно яд тараканьей осы заставляет ткани задерживать воду, но к тому времени, когда из отложенного яйца вылупляется личинка осы, они остаются вполне пригодными для ее питания. А вскоре после этого на поверхность земли выползает молодая взрослая оса, оставляя после себя в норке лишь шкурку съеденного таракана.

Род *Ampulex*, к которому принадлежит описанная в этой статье изумрудная тараканья оса, насчитывает свыше 130 видов насекомых, включая открытый недавно *A. dementor* (названный в честь фантастических существ, охранявших тюрьму для волшебников Азкабан в книгах о Гарри Поттере). В свою очередь, род *Ampulex* относится к многочисленной и разнообразной группе ос, объединяющей несколько тысяч видов перепончатокрылых, которые славятся своими способностями манипулировать сознанием и поведением других существ. Жизненный цикл всех этих насекомых отличается одной зловещей особенностью: их взрослые особи, подобно пчелам и обычным осам, кормятся соками растений, цветочным нектаром, пылью, но пищу их личинок составляют другие животные. Настоящими паразитами их нельзя назвать, поскольку они ведут паразитический образ жизни лишь на личиночной стадии; ученые называют таких существ паразитоидами.

Тараканы — далеко не единственные жертвы паразитоидных ос и их близких родичей наездников; многие их виды откладывают яйца на пауков, гусениц, муравьев и других животных. Наездник *Agriotypus*, обитающий в умеренной зоне Северного полушария, ныряет в воду и прикрепляет свои яйца к телу личинок ручейников. Чтобы

выполнить эту сложную задачу, ему приходится оставаться под водой до 15 минут. Живущие в Европе и Африке наездники из рода *Lasiochalcidia* бесстрашно бросаются прямо в жуткую пасть личинок муравьиных львов; они размыкают челюсти хищников и откладывают яйца вглубь их глотки. Существуют даже перепончатокрылые-гиперпаразитоиды, паразитирующие на родственниках им паразитоидах. К их числу относятся, например, различные европейские и азиатские виды *Lysibia*. Эти наездники по запаху отыскивают гусениц, на которых паразитируют личинки наездников-паразитоидов из рода *Cotesia*, и откладывают свои яйца на только что окукливавшихся личинок *Cotesia*.

Для того чтобы обеспечить безопасное превращение своих личинок во взрослых насекомых, паразитоидные осы и наездники нередко используют своих хозяев не только в качестве источника пищи. Некоторые из них, съев внутренности своих хозяев-гусениц, превращают останки их тела в убежище, надежно защищающее окукливающихся насекомых от врагов. Личинки других видов паразитоидных перепончатокрылых непосредственно перед окукливанием заставляют своих хозяев пауков сплести прочные паутинные сети, защищающие их от хищников до превращения во взрослых ос, и сразу же после этого убивают своих благодетелей.

Помимо перепончатокрылых умением контролировать психику и поведение животных обладают и некоторые другие ядовитые существа. Есть среди них и такие, чьи нейротоксины способны проникать даже через гематоэнцефалический барьер человека, чего не может делать ни один осиный яд. Люди, однако, отличаются от тараканов странным пристрастием к веществам, изменяющим их сознание и психику. Если угроза стать жертвой такого вещества обращает таракана в паническое бегство, то некоторые представители *Homo sapiens* охотно отдают за дозу подобного яда и возможность испытать соответствующие ощущения большие деньги. ■

Перевод: В.В. Свечников

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

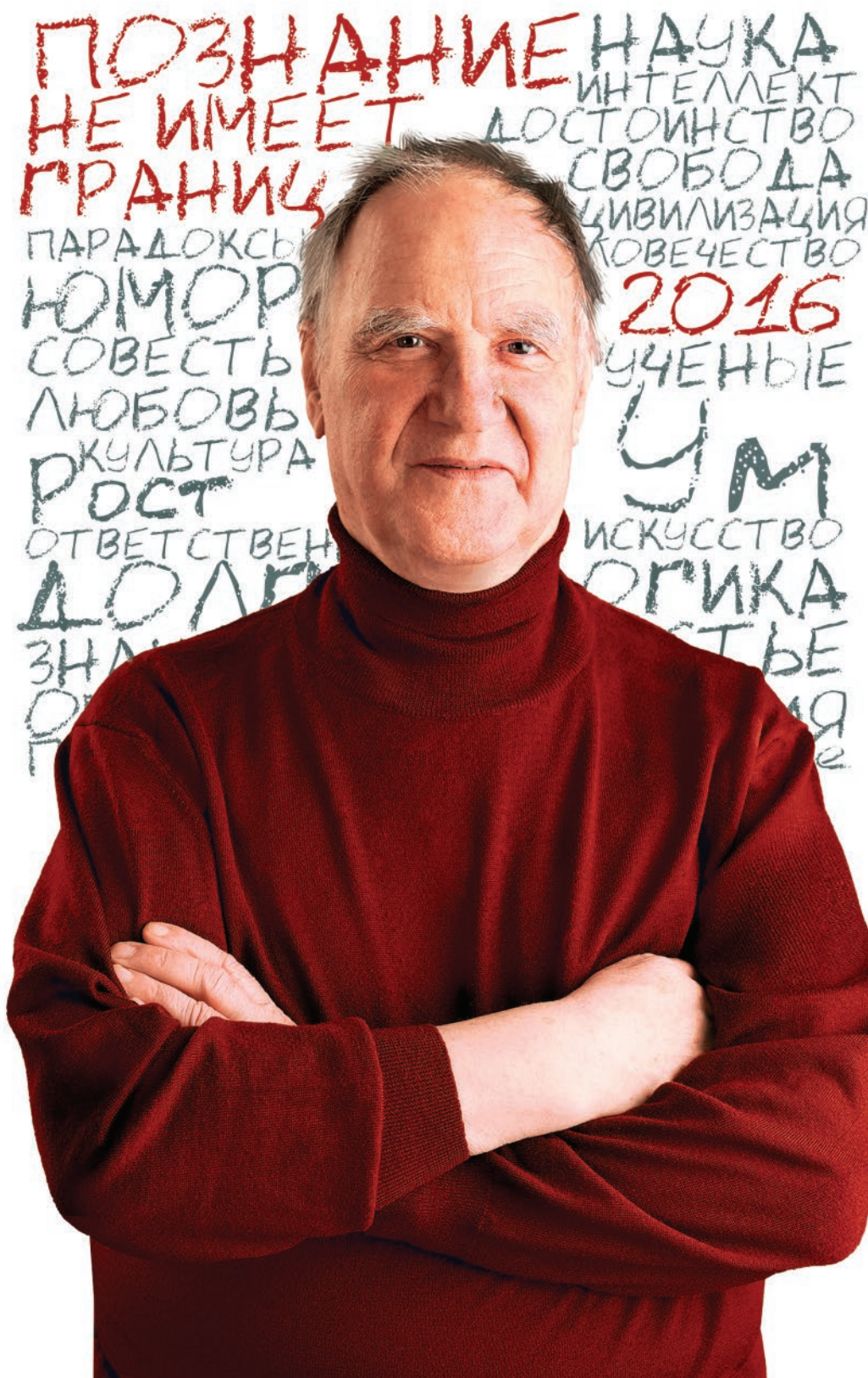
- Сапольски Р. Тараканы в голове // ВМН, № 6, 2003.
- A Wasp Manipulates Neuronal Activity in the Sub-Esophageal Ganglion to Decrease the Drive for Walking in Its Cockroach Prey. Ram Gal and Frederic Libersat in PLOS ONE, Vol. 5, No. 4, Article No. e10019; April 7, 2010.
- The Soul-Sucking Wasp by Popular Acclaim—Museum Visitor Participation in Biodiversity Discovery and Taxonomy. Michael Ohl et al. in PLOS ONE, Vol. 9, No. 4, Article No. e95068; April 22, 2014.
- The Role of the Cerebral Ganglia in the Venom-Induced Behavioral Manipulation of Cockroaches Stung by the Parasitoid Jewel Wasp. Maayan Kaiser and Frederic Libersat in Journal of Experimental Biology, Vol. 218, No. 7, pages 1022–1027; April 1, 2015.



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия

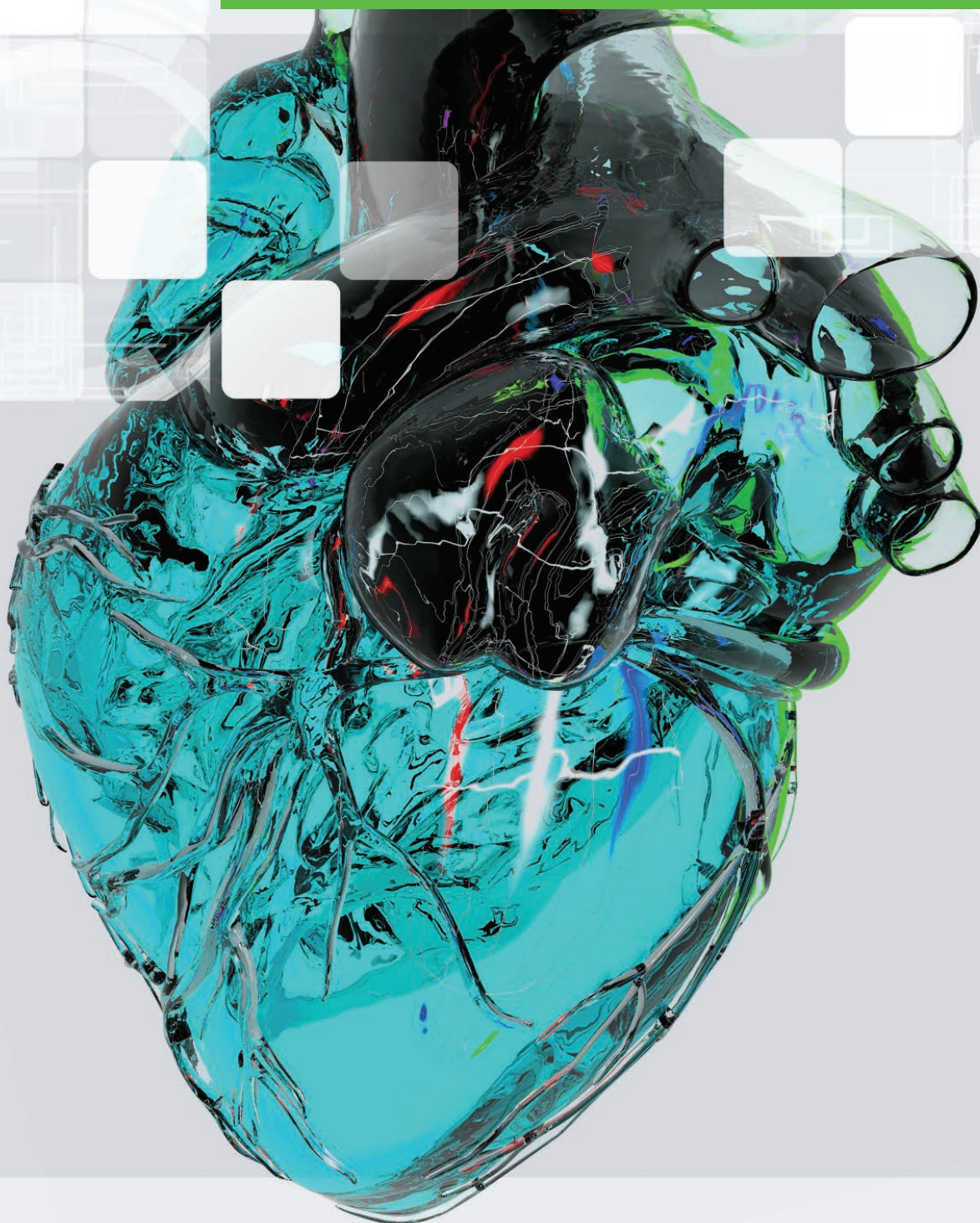
<http://scientificrussia.ru>



На чем

сердце

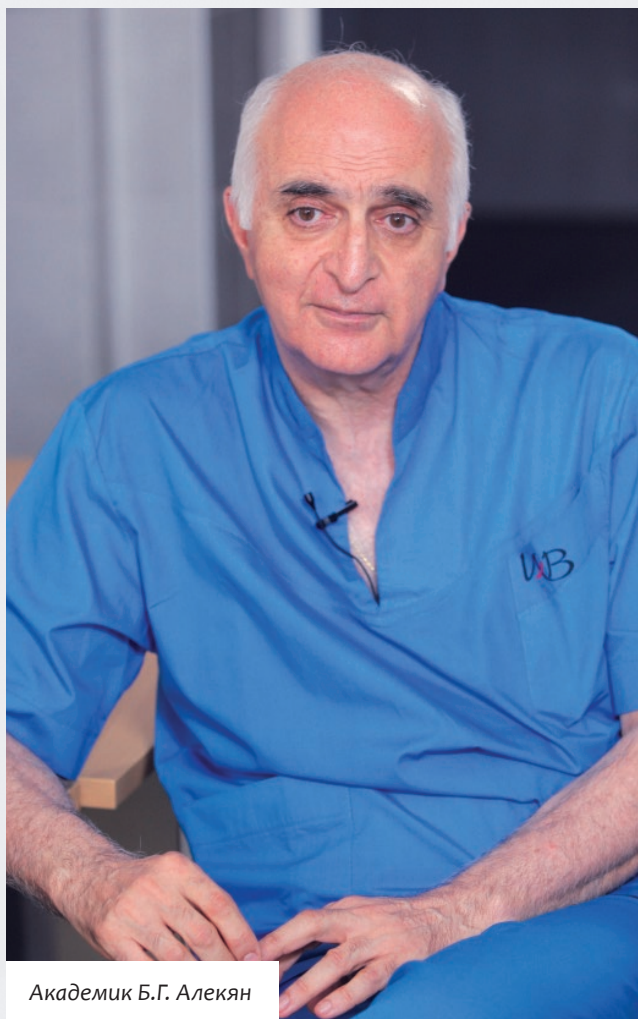
УСПОКОИТСЯ



29

МЕДИЦИНА

сентября отмечается Всемирный день сердца. О новых, инновационных и прогрессивных методах ремонта главного человеческого мотора мы поговорили с известным кардиохирургом, заместителем директора по научной работе ФГБУ «Институт хирургии им. А.В. Вишневского» МЗ РФ, главным специалистом Минздрава России по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению академиком **Багратором Гегамовичем Алекяном**.



Академик Б.Г. Алекян

— **Баграт Гегамович, ваш отец был видным партийным и государственным деятелем Армянской ССР. Что вас подвигло избрать своим путем медицину?**

— У нас в роду врачей не было, я первый и пока единственный. Но нашим соседом по дому был известный профессор-терапевт, который мне с пятого-шестого класса говорил: «Ты будешь моим помощником». Возможно, из-за этого я принял решение после окончания школы поступить в медицинский институт.

— **А когда вы начали заниматься эндоваскулярной хирургией?**

— С первого дня работы в Институте сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева, куда попал практически сразу по окончании Ереванского мединститута, в 1975 г. Тогда эндоваскулярное направление касалось только диагностики заболеваний сердца и сосудов, 100% больных оперировали открытым хирургически доступом. Для лечения больных с ишемической болезнью сердца (ИБС) применяли только таблетки и открытую операцию — аорто-коронарное шунтирование (АКШ). Но в 1977 г. впервые в мире выполнили эндоваскулярную операцию по расширению коронарных сосудов у больных с ИБС. Андреас Грюнциг, замечательный швейцарский кардиолог, создал своими руками практически на кухонном столе первый баллонный катетер, который провел в коронарную артерию и выполнил ее расширение. Так началась настоящая революция в кардиохирургии, плоды которой мы сейчас пожинаем. Появились баллоны, потом стенты... Сегодня большинство операций на коронарных артериях

выполняются эндоваскулярным методом (стентированием). Конечно, есть ситуации, когда таким способом не помочь. Например, если больной переносит инфаркт миокарда и у него образуется аневризма левого желудочка. Тут не поможешь никакими стентами. Тогда на первое место выходит традиционная хирургия. Каждый метод имеет свои показания, однако общее соотношение этих методов в России и в мире примерно одинаковое: 80% больным с ИБС выполняется эндоваскулярная операция (стентирование), а 20% — операция АКШ.

— **Но начало направлению катетерных технологий было ведь положено раньше?**

— Значительно раньше. В 1929 г. в Германии выпускник-интерн медицинского факультета берлинского Университета Фридриха Вильгельма Вернер Форсман заперся в отделении рентгенологии с операционной сестрой, обнажил себе локтевую вену и сам провел мочеточниковый катетер в свое сердце, зафиксировав картинку на рентгенограмме. Это был первый случай

проведения катетера в сердце человека. Через два года он повторил этот эксперимент на себе и ввел через катетер контрастное вещество в полость сердца.

— **Подвиг, достойный Нобелевской премии.**

— Да, это так. Однако тогда его «наградили» весьма своеобразно: уволили из клиники и отстранили от кардиологии. Всю оставшуюся жизнь он проработал в урологии, правда, урологом стал известным. Но Нобелевская премия его стороной не обошла. В 1956 г. американские ученые Андре Курнан и Дикинсон Ричардс были номинированы на премию за достижения, полученные именно благодаря катетеризации сердца. Они обратились в Нобелевский комитет и сказали, что все это стало возможным благодаря тому, что 27 лет назад Вернер Форсман провел катетер в свое сердце. Он был включен в список номинантов, и они получили Нобелевскую премию. В 1979 г., когда Форсман умер, клинику, где он провел свой эксперимент на себе, назвали его именем. Вот такая история длиной в полвека.

— **Тем не менее вас в институте эндоваскулярной хирургии не учили. Как вы к ней пришли?**

— Я был немного знаком с кардиохирургией. Но мои учителя академик РАМН Владимир Иванович Бураковский и профессор Юрий Самуилович Петросян (основоположник эндоваскулярной хирургии в СССР) взяли меня на работу в Бакулевский институт, и я начал работать в этом направлении.

Лучше больше, но лучше

— **Какова сейчас ситуация с кардиологией и эндоваскулярной хирургией в нашей стране?**

— Многие говорят, что все плохо, но это не так. После развала СССР первое время был ужасный период, когда все только рушилось. Новые технологии к нам начали приходить только после 1995 г., ближе к 2000 г. За последние десятилетия в нашей медицине, особенно в области кардиологии, кардиохирургии и эндоваскулярной хирургии, произошли революционные изменения. С 2008 г. государство начало выделять серьезные деньги на Национальный проект «Здоровье», который проходит под эгидой Министерства здравоохранения РФ. Тогда же в стране заработала программа лечения больных с острыми сосудистыми заболеваниями:



В операционной Института хирургии им. А.В. Вишневского МЗ РФ

острым инфарктом и острым инсультом, идея создания которой принадлежит министру здравоохранения РФ В.И. Скворцовой. Она проводится по сей день, я вместе со своими коллегами принимаю участие в этой программе.

За прошедшие всего восемь лет в стране мы создали около 140 региональных сосудистых центров в 85 субъектах Российской Федерации по лечению больных с острым инфарктом миокарда и острым инсультом. В каждый центр вложено около €10 млн. Там стоит самое современное оборудование: компьютерные томографы, магнитно-резонансные томографы, ангиокардиографы (для проведения эндоваскулярных операций). По данным 2015 г., в эндоваскулярных центрах страны мы провели обследование и лечение 550 тыс. пациентов.

— Полмиллиона — это серьезно.

— Да, такое количество больных было обследовано и пролечено в 300 центрах по эндоваскулярной хирургии. Из 550 тыс. больных 202 тыс. прооперированы эндоваскулярными технологиями. 155 тыс. (76%) операций стентирования было выполнено на коронарных сосудах у больных с ишемической болезнью сердца. Это не только лечение, но и профилактика инфаркта миокарда. Более 30 тыс. операций проведено у больных с сосудистой патологией, по 5,5 тыс. операций — у детей с врожденными пороками сердца и онкологическими заболеваниями. Щадящие эндоваскулярные технологии позволяют проводить эндоваскулярные инструменты через сосуды диаметром 2–3 мм без анестезии. Через маленький сосуд в области лучевой или бедренной артерии проводится необходимое устройство для выполнения операции.

— Соответственно, и опасность такой операции по сравнению с открытой хирургией снижается в разы.

— Естественно, открытая операция на сердце более травматична, проводится при общем наркозе, больному требуется дольше находиться в клинике и проходить курс реабилитации. Но сегодня многие вопросы в кардиохирургии также претерпели серьезные изменения: это использование мини-инвазивных доступов и проведение операций без искусственного кровообращения, что позволяет укоротить пребывание пациента в больнице даже при открытой операции.

Главное в эндоваскулярной хирургии заключается в том, что операция проводится без наркоза, без разрезов (пункционно). Вы разговариваете с пациентом во время операции, он может видеть весь ход операции на мониторе. Как

правило, пациентов, даже новорожденных детей, после этого выписывают домой на второй-третий день.

Конвейер

— Сколько продолжается эндоваскулярная операция по времени и сколько вы делаете операций в день?

— В отличие от кардиохирургов, у которых операции большей частью длительные, наша хирургия быстрая. Средняя продолжительность операции — 60–90 минут. Я ежедневно оперирую четыре-пять больных и крайне редко — восемь больных.

— Восемь? Это же поток, конвейер!

— В какой-то степени — да. Хорошо отлаженный конвейер, на котором каждый член команды (хирург, анестезиолог, сестры) досконально знает свой участок работы, — вещь очень полезная и прогрессивная. Восемь операций в день — это когда вы имеете несколько операционных, в каж-

Щадящие эндоваскулярные технологии позволяют проводить эндоваскулярные инструменты через сосуды диаметром 2–3 мм без анестезии. Через маленький сосуд в области лучевой или бедренной артерии проводится необходимое устройство для выполнения операции

дой из которых лежит больной, уже подготовленный к основному этапу; к нему подходит хирург, делает свое дело, после чего переходит к следующему пациенту.

— То есть для самого больного операция длится, скажем, до 90 минут, а для основного хирурга — 30–45 минут?

— Именно так. При хорошей организации можно и десять операций за день сделать. В 2001 г. на 1 млн населения в стране выполняли 21 операцию коронарного стентирования, а к 2015 г. увеличили число до 1,1 тыс. операций на миллион.

— В 50 раз?

— Да. Ежегодный прирост операций стентирования в стране сейчас составляет 30 тыс. операций. С каждым годом мы увеличиваем количество таких операций на 20–25%.

— Но как эти цифры выглядят на мировом фоне?

— В США сегодня на 320 млн населения выполняется 1,1 млн стентирований в год.

— 3,5 тыс. на миллион, почти в три с половиной раза больше, чем у нас.

— В Европейском союзе на 1 млн населения выполняется 2,1 тыс. стентирований в год. Отставание от ЕС менее чем в два раза, а от США — в три раза. Нам для обеспечения страны этим видом лечения необходимо выполнять 400 тыс. операций в год, то есть увеличить их количество примерно в 2,5 раза. Если в стране будет стабильная экономическая ситуация, если финансирование не уменьшится, при ежегодном росте 20–25% на эту цифру мы сможем выйти уже в течение ближайших семи-восьми лет.

В начале 2000-х гг. появились стенты с лекарственным покрытием. Мы начали применять стенты с лекарствами, которые использовались в онкологии для приостановки опухолевого процесса. Результаты превзошли все ожидания: число осложнений сократилось в несколько раз, с 30% до 5%

— Но ведь стентированием весь диапазон кардиоопераций не исчерпывается...

— Стентирование — самая распространенная сердечная операция. Больше всего больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями (75%) нуждаются в стентировании коронарных артерий. Это пациенты с ишемической болезнью, с инфарктом миокарда, где самая высокая летальность. Дальше идут пороки сердца и заболевания сосудов, но их значительно меньше.

Запчасти

— Что представляет собой стент?

— Это трубка, состоящая из высококачественной стали, изготовленная по самым современным технологиям, включая специальную лазерную обработку. Изначально стенты были чисто металлические, но результаты они давали не очень хорошие: каждый третий пациент возвращался с проблемами внутри стента. В начале 2000-х гг. появились стенты с лекарственным покрытием. Мы начали применять стенты с лекарствами, которые использовались в онкологии для

приостановки опухолевого процесса. Результаты превзошли все ожидания: число осложнений сократилось в несколько раз, с 30% до 5%.

Кроме чисто металлических стентов сегодня существуют кобальт-хромовые, нитиноловые (сплав титана и никеля). Существует около 40 типов сосудистых стентов, различающихся не только материалом, но и длиной, формой отверстий, покрытием поверхности, контактирующей с кровью, системой доставки в сосуды. Бывают самораскрывающиеся стенты и раскрываемые баллоном.

Сегодня появилось новое поколение — биорастворимые каркасы (в народе их называют растворимыми стентами). Мы их имплантируем, они выполняют свою функцию и в течение двух лет полностью растворяются.

— Металл растворяется?

— Это не металл. Каркас состоит из воды и молочной кислоты. Это очень интересная технология. После имплантации в сосуд он выполняет функцию стента, а в течение двух лет каркас биodeградирует, растворяется и в организме ничего не остается. Сегодня это «последний писк».

— Но стоит такой стент...

— Несколько дороже стентов с лекарственным покрытием. Однако сегодня ситуация в стране меняется. У нас уже появились первые российские устройства. Пока мы проводим испытания, сравниваем с лучшими импортными образцами. Скоро подытожим годовые результаты, надеюсь,

они будут положительными.

— То, к чему движется вся страна, — импортозамещение?

— Импортозамещение, в котором мы не имеем права на ошибку. Ее цена слишком высока — жизнь человека.

Замена клапанов

— Вы говорили про количество центров в стране, но все равно основное число операций делается в Москве?

— Вы ошибаетесь. Москва — огромный мегаполис, здесь функционирует почти 50 эндоваскулярных центров, из них 27 — в городских больницах. За два последних года столица показала фантастические результаты в лечении больных с острым инфарктом миокарда: летальность по городу упала с 17% чуть ли не до 7–8%. Именно благодаря созданию этих центров. В Москве очень хорошая скорая помощь: больного с инфарктом после поступления в клинику доставляют в операционную за 20–30 минут. Моментально открывается сосуд, ставится стент — и человек



Здание ФГБУ «Институт хирургии им. А.В. Вишневского» МЗ РФ

выживает. Мы получаем здесь революционные результаты. Но у нас прекрасные результаты и, например, по Красноярскому краю, по Кемерову, по Самаре, особенно в лечении больных с острым инфарктом миокарда. Там впервые на территории страны начали выполнять эти операции в таком большом объеме.

Сегодня острый инфаркт миокарда — почти на 100% проблема эндоваскулярной хирургии. Спасая таких больных, мы снижаем смертность, ведь самые высокие показатели летальности были в этой группе.

— Чего нам еще ждать в будущем, какие сейчас зарождаются прогрессивные методы и технологии?

— Одна из важнейших проблем — лечение больных с нарушением кровообращения нижних конечностей. Повреждаются артерии, в результате начинается гангрена. В России ежегодно делают 30 тыс. ампутаций у больных с этой патологией. Ее лечение дорогостоящее, и у эндоваскулярной хирургии здесь также лидирующие позиции, но, к сожалению, денег в этой области пока не хватает.

— И из-за этой нехватки человеку вместо оказания эндоваскулярной помощи просто ампутируют ногу, делают его малоподвижным нерабочим инвалидом?

— Мы можем спасти огромное количество людей, которым сейчас ампутируют конечности. Даже если ампутация неизбежна, она может быть не высокая, а низкая.

— Например, ниже колена, а не выше, а может и вообще одну ступню?

— Конечно. Мы сейчас с Министерством здравоохранения РФ, Эндокринологическим научным центром МЗ РФ и Федеральным фондом обязательного медицинского страхования разрабатываем программу в этой области. Надеюсь, через год соответствующие операции будут включены в список бесплатных.

— Что есть сейчас нового в эндоваскулярных технологиях в мире?

— Что касается абсолютно нового, то сегодня революционные технологии связаны с лечением больных с клапанной патологией сердца. До недавнего времени здесь выполнялась открытая операция с протезированием клапана. Эта хирургия имеет давнюю историю, и проводят ее давно. Но в 2002 г. был создан клапан, который стало возможным имплантировать эндоваскулярно

через сосуд. Это касается аортального клапана — главного клапана у человека. Сегодня это направление в мире самое прогрессивное. В Америке в прошлом году сделали 25 тыс. таких операций. Серьезный прорыв произошел в Германии: там в 2015 г. имплантировали всего 20 тыс. клапанов. Немцы умудрились почти 12 тыс. имплантировать эндоваскулярно, не вскрывая грудную клетку. В мире уже существуют три клапана, которые мы можем имплантировать эндоваскулярно, в ближайшие два-три года появятся еще восемь-десять.

— Для лечения надо ехать в Германию?

— К счастью, нет. Первые 15 операций в нашей стране были сделаны мною в Бакулевском центре еще в 2009 г. Это дорогостоящее лечение (стоимость операции — 1,4 млн руб), но государство нашло деньги. В прошлом году по госзаданию в РФ были имплантированы 409 клапанов.

— И здесь тоже больной через двое суток может уйти домой?

— Да. Кроме того, в этой группе велик процент пожилых людей в возрасте от 70 лет и выше, которые могут просто не выдержать открытую операцию. Так что это направление очень перспективное, и мы в нем сейчас успешно работаем.

— Но сами клапаны пока используем импортные?

— У нас есть два или три предприятия, которые начали делать отечественные клапаны. Но их пока не имплантируют, идут клинические испытания. Мы ожидаем, что российский клапан появится в ближайшие годы, и будем надеяться, что стоит будет при сравнимом качестве примерно в два-три раза дешевле импортного.

— Но просто получить такой клапан, даже по сверхнизкой цене и при высочайшем качестве — половина дела. Нужен еще специалист, который умеет именно такой, новый, маленький клапан имплантировать, используя эндоваскулярные методы.

— До 2009 г. у нас в стране не было специальности «эндоваскулярная хирургия». Создавали ее с большим трудом. Нас очень сильно поддержали известные академики: В.С. Савельев, Л.А. Бокерия и Е.И. Чазов. Сегодня у нас есть специальные образовательные программы: обучение в клинической ординатуре, профилированные курсы на 500 часов и т.д. Восемь лет назад у нас по стране было 258 специалистов, а в 2015 г. — уже 1551.

— Шестикратный прирост — это хорошо.

— И число это увеличивается со скоростью роста числа операций: 25% за год.

Во время первых эндоваскулярных операций по типу *da Vinci* хирург сидел за столом и удаленно управлял движением катетера через сосуд. Заканчивалось всегда тем, что он бросал компьютер и завершал операцию сам

Техника без опасности

— Как я понимаю, эндоваскулярные операции проходят под постоянным рентгеном. Пациент 60 минут полежал — и в палату. А как же хирург: каждый день по несколько часов облучения?

— Действительно, мы работаем в зоне ионизирующего облучения. Всем известно, что это вещь опасная. У нас определяется допустимая доза на каждого пациента, на каждого врача, на медицинских сестер, на анестезиолога, который с нами работает. Современные ангиографические установки очень хорошо защищены, а значит, защищены медицинский персонал и пациенты. Мы работаем в специальных свинцовых фартуках, защищаем щитовидную железу, глаза. Сегодня созданы все условия. Тем не менее расслабляться здесь нельзя.

— Но, может, лучше такие операции доверить автоматам, таким как робот-хирург *da Vinci*?

— Первые эндоваскулярные операции по типу *da Vinci* были проведены еще восемь лет назад.

Хирург сидит за столом и удаленно управляет движением катетера через сосуд. Я был в двух центрах, где такое делали. Заканчивалось всегда тем, что хирург бросал компьютер, подходил к пациенту и завершал операцию сам.

Но что касается *da Vinci*, это очень серьезная вещь. Он был создан как раз для операций на сердце. У нас есть несколько центров в России, которые используют *da Vinci* в том числе в кардиохирургии. Сегодня он блестяще работает в урологии, в удалении предстательной железы. Там просто фантастические результаты! Но многие хирурги, которые привыкли работать традиционно, которым уже за 50, часто говорят: «Это не мое. На *da Vinci* молодых надо учить». На нем должны работать люди с определенной ментальностью. Пока хирургу проще сделать разрез и все провести традиционно. Но технологии *da Vinci* обязательно надо осваивать.

Сервис

— У нас до сих пор распространено мнение, что для хорошего лечения надо ехать в Израиль, Америку, Германию... Как считаете, это неправильно?

— Этот вопрос поднимается во всех дискуссиях. Что касается ишемической болезни сердца, думаю, проблема решена. У нас есть центры, которые выполняют по 5 тыс. таких операций в год. В Европе и Америке центров, которые проводят такое количество операций, — считанные единицы. Но хорошо, что у людей есть выбор. Если человек хочет поехать лечиться за границу, это его право. Я лично этого делать не рекомендую, но решать пациенту.

— Но есть более редкие операции.

— Протезирование клапанов. Мы сделали в 2015 г. 409 операций в стране — по общему числу это несколько больше, чем в предыдущем году. Но, возможно, пациент хочет лечиться у хирурга, который таких операций сделал тысячу. И это тоже его право. Думаю, через три-четыре года эта операция будет рутинной в нашей стране.

Что касается детских операций — и кардиохирургических, и эндоваскулярных, — мы в России имеем колоссальный опыт. Тут вообще не нужно куда-то уезжать. Но еще раз говорю: право выбора есть у каждого, если человек непременно хочет лечиться за границей, мы не имеем права его останавливать. Однако таких пациентов становится все меньше и меньше.

Техосмотр

— Читатели мне не простят, если я не спрошу у знаменитого кардиолога, как сделать, чтобы сердце работало подольше.

— Замечательный вопрос. Верный, злободневный. Честно говоря, мы к себе очень плохо относимся. У нас нет культуры здоровья. И это относится даже к тем, кто эту культуру должен в первую очередь пропагандировать, — к врачам.

Самый тяжелый контингент — это молодые люди до 40 лет. Хотя у нас сегодня встречаются пациенты с инфарктом миокарда уже в 19–20 лет. Но к 40 годам всем, особенно мужчинам, надо научиться понимать, что за собой и своим здоровьем надо следить. Постепенно такое осознание приходит. Сегодня мы все чаще видим достойных молодых ребят, которые осознанно идут на медицинское обследование, интересуются своим здоровьем. Они понимают, что могут быть очень богатыми, но жизнь обрывается даже у самого богатого человека.

— Это следствие пропаганды здорового образа жизни?

— Не только. Люди слышат и понимают, что появились новые медицинские технологии. Сегодня обследоваться очень легко. В любом субъекте Российской Федерации есть томографы, эхокардиография, коронарография — все есть. Нет никаких особенных проблем. Мы делаем в стране 350 тыс. коронарографий в год, и это число тоже постоянно растет.

— Раньше люди часто боялись обследоваться потому, что представляли сложность лечения. Тянули до последнего в надежде, что как-нибудь само пройдет.

— Сегодня ситуация намного проще. Эндovasкулярная операция длится час-полтора, проводится через маленькое отверстие на коже. Она уже стала рутинной процедурой.

— Очень важно, что люди это начали понимать.

— К сожалению, не все. У нас серьезный пласт людей, которые просто не хотят идти к врачу: «Не пойду в поликлинику, там очереди». Много изменилось в стране, но, к сожалению, ментальность наша еще осталась... Здесь телевидение, радио, пресса могут оказать обществу существенную помощь, рассказывая о новых технологиях, операциях, приемах, приводя конкретные примеры. Об этом надо много говорить, только тогда можно ожидать серьезных результатов.

Личное

— Какой у вас был самый молодой пациент и какой самый старый?

— Самому молодому было три часа от роду. Есть новорожденные дети, которые умирают от критических пороков сердца. Ребенок начинает умирать, как только рождается. Иногда их успевают привезти из родильных домов к нам. В Институте сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева

мы таких очень много прооперировали, более тысячи грудных детей в год, из них 250–300 были новорожденными. А самому старшему моему пациенту было 94 года.

— Помните свою первую операцию?

— Конечно. Это была операция у ребенка четырех лет с клапанным стенозом легочной артерии. Но тогда у нас не было таких высоких технологий, как сейчас. Был один баллон, кто-то нам подарил. Сейчас все изменилось.

— Сколько человек вы спасли?

— Я работаю 42 года, но именно хирургией занимаюсь 27 лет, с 1989 г. В последние годы оперирую по 800–900 больных в год, до этого было меньше. Думаю, около 15 тыс. прооперировал. Такой не большой городок...

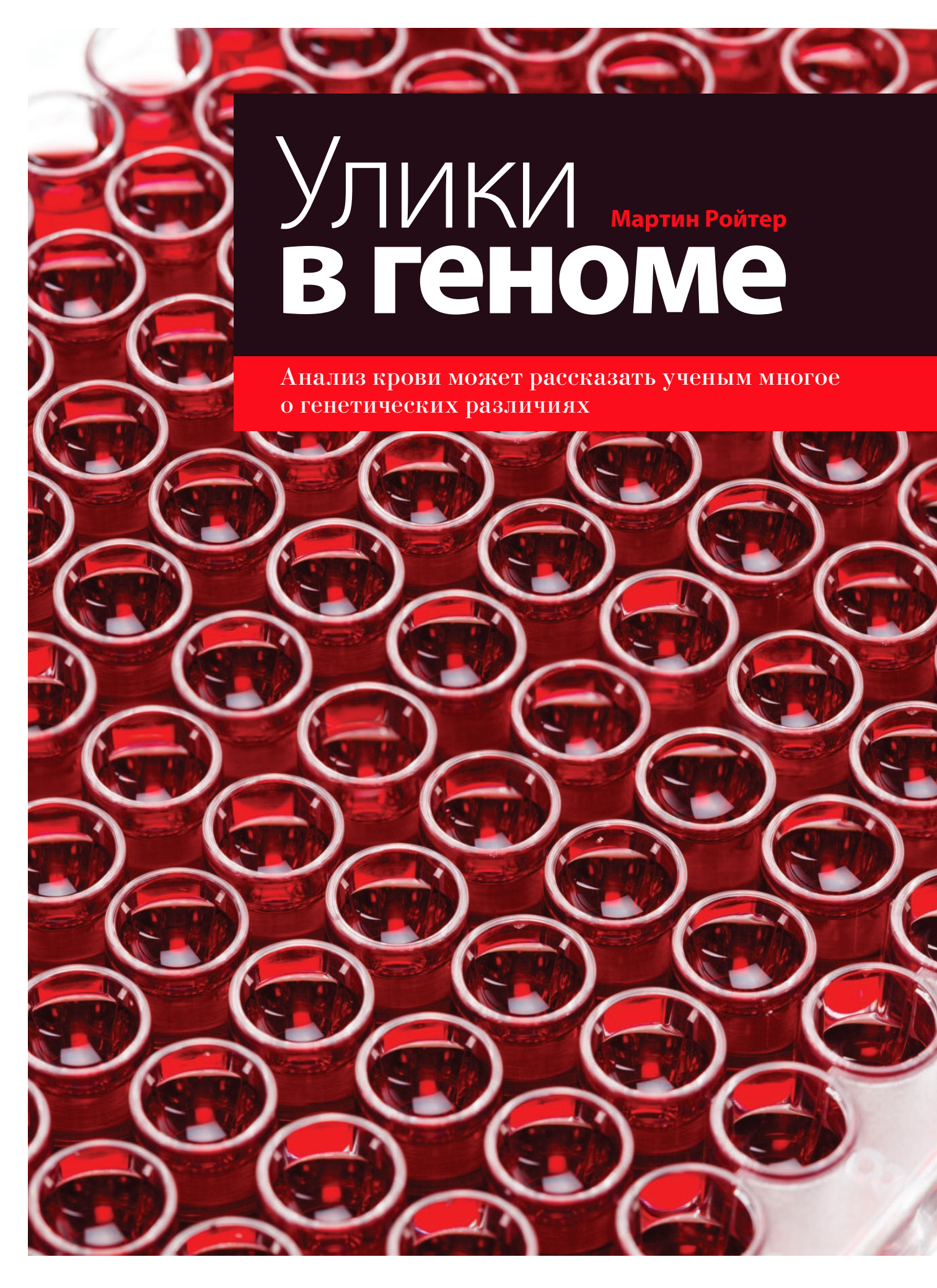
Беседовал Валерий Чумаков

Есть новорожденные дети, которые умирают от критических пороков сердца. Если их успевают привезти из родильных домов к нам в Институт сердечно-сосудистой хирургии, то у них появляется шанс на спасение

СПРАВКА

Баграт Гегамович Алекаян

- Ведущий специалист в России по эндоваскулярной диагностике и лечению заболеваний сердца и сосудов, профессор, академик.
- Родился в Ереване. Окончил Ереванский государственный медицинский университет.
- С 1975 г. начал работать в НЦССХ им. А.Н. Бакулева АМН СССР / РАМН.
- С 2016 г. — замдиректора по научной работе ФГБУ «Институт хирургии им. А.В. Вишневского» МЗ РФ.
- Впервые в мире выполнил следующие операции: закрытие дефекта аорто-легочной перегородки; закрытие фистулы между аортой и правым желудочком; закрытие патологического сообщения между легочной артерией и левым предсердием.
- Лауреат премий им. академика В.И. Бураковского, им. академика А.Н. Бакулева, им. академика РАМН Е.Н. Мешалкина, премии Правительства РФ.



УЛИКИ В ГЕНОМЕ

Мартин Ройтер

Анализ крови может рассказать ученым многое
о генетических различиях

Эмоциональное выгорание обычно считается результатом стресса и других внешних факторов. На самом же деле это гены решают, кому болеть, а кому нет

Материал предоставлен нашими коллегами из журнала

**GEHIRN
UND
GEIST**

(Германия)

Измученный, на пределе своих сил — вероятно, и вы знаете кого-то, кто подходит под это описание, кто брал больничный из-за синдрома эмоционального выгорания, а потом очень долго восстанавливался, чтобы продолжить нормальную жизнь. Возможно, этим кем-то были вы сами.

Синдром выгорания впервые был описан в работах 70-х гг. прошлого века, долгое время люди о нем не знали. Только спустя несколько десятилетий выгорание из серьезнейшей повседневной проблемы превратилось в важную тему для СМИ.

Большую роль в этом сыграли изменения в жизни работающих людей: преобладающее число договоров временного найма и, как следствие, отсутствие стабильности, высокие требования к сотрудникам на рабочем месте и необходимость быть доступным для работодателя после окончания трудового дня. Изменилась и модель семьи: все чаще родителям-одиночкам приходится справляться без помощи других родственников; кроме того, они не получают поддержки от социальных структур. К этому стоит добавить общественные ожидания, например растущую значимость успешности и финансовых статусных символов, ради которых люди и надрываются.

Окружение — еще не все

Однако факторы окружающей среды — это еще не все. Далеко не каждый работник, который трудится в стрессовых условиях, и не каждый родитель-одиночка в итоге выгорают.

Могут ли генетические факторы стать причиной эмоционального выгорания? Ведь именно гены — одна из главных причин большинства психических расстройств. Например, оценка наследственности может быть определена путем сравнения однояйцевых и двужайцевых близнецов. Ученые пришли к выводу, что 70% причин депрессии связаны с генетическими факторами и лишь 30% — с окружающей средой. Исследования показывают,

Основные положения

1 До сих пор врачи предполагали, что выгорание — предшественник депрессии. Тем не менее болезни отличаются друг от друга генетической предрасположенностью.

2 Такие факторы окружающей среды, как стресс, ведут к эпигенетическим изменениям в геноме, что увеличивает риск возникновения депрессии, если не провести лечение синдрома выгорания.

3 Но подобные изменения обратимы: подходящая терапия и меры профилактики могут уменьшить риск выгорания на биохимическом уровне.

что на биологическом уровне выгорание начинается уже в детском возрасте. Первая и ключевая причина в том, что синдром эмоционального выгорания до сих пор официально не признан как самостоятельное заболевание. Выгорание, как считало большинство, — предшественник депрессии. Долгое пребывание в этом состоянии обязательно приведет к депрессии.

На самом деле симптомы выгорания и депрессии очень похожи. Обладатели обоих синдромов часто ощущают внутреннюю пустоту и иногда не могут себя заставить даже написать список покупок. В обоих случаях стресс считается причиной или как минимум способствующим фактором. Но можно ли говорить о том, что это одна и та же болезнь? Наши исследования заставляют многих коллег сомневаться в этом.

Об авторе

Мартин Ройтер (Martin Reuter) — профессор дифференциальной и биологической психологии в Боннском университете. Он изучает вклад генов в индивидуальные отличия личности и особенности ее поведения.

В 2012 г. рабочая группа под руководством Пии Сведберг (Pia Svedberg) из Каролинского института в Стокгольме в рамках исследования близнецов, в котором приняло участие 20 тыс. человек, доказала, что синдром выгорания имеет наследственную составляющую. Приблизительно треть случаев синдрома спровоцирована генами — это значительно меньше, чем при депрессии. Какие генетические факторы могут спровоцировать выгорание, а какие — защитить от него? Ответ на этот вопрос мы пытаемся найти в нашем исследовании в Боннском университете при поддержке Фонда Готлиба Даймлера и Карла Бенца.

Чтобы определить гены, отвечающие за конкретную болезнь, необходимо найти точные

диагностические инструменты. Единственный путь к поиску ответа — вычислить, какие генетические вариации наиболее часто встречаются у тех, кто страдает синдромом, а какие — у тех, кто, по-видимому, имеет иммунитет к выгоранию.

Хотя самостоятельного диагноза «выгорание» не существует, научные и общепринятые инструменты выявления этого синдрома уже найдены. Наиболее распространен опросник выгорания Маслач (*Maslach Burnout Inventory, MBI*). Благодаря опроснику можно определить не только наличие синдрома, но и степень заболевания.

Маленькое изменение с большим влиянием

Гораздо труднее исследовать генетические характеристики, связанные с восприимчивостью к синдрому эмоционального выгорания. Мы ищем так называемые полиморфизмы. Так обозначаются распространенные варианты генов, которые встречаются в среднем у одного процента населения. Большинство из них вызваны обменом отдельных «строительных блоков» в соответствующем геноме.

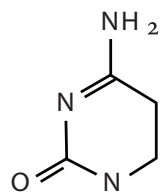
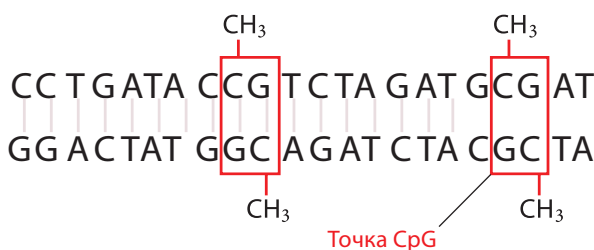
Исследования таких полиморфизмов доказывают, что даже одна измененная буква в ДНК-тесте может иметь далеко идущие последствия.

Химический переключатель

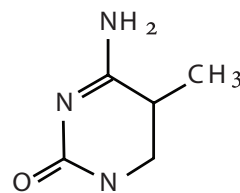
Генетическая информация ДНК находится в последовательности из четырех различных компонентов: оснований аденина (A), гуанина (G), цитозина (C) и тимина (T). Однако чтение этой информации может блокироваться фиксированными метильными группами (CH_3).

Цитозин вступает в реакцию с 5-метилцитозином. При этом базовая последовательность, то есть

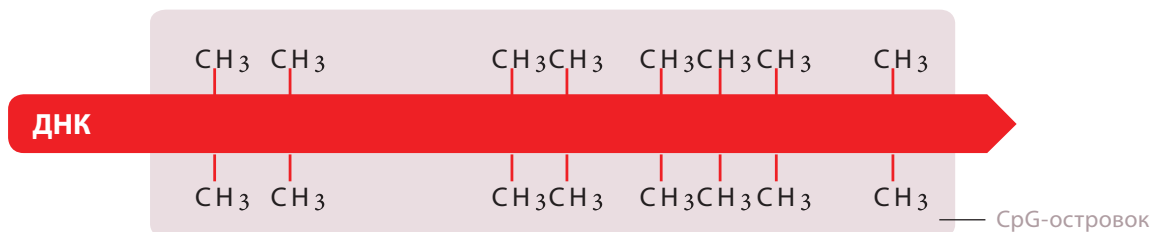
информация, остается неизменной, но ДНК химически модифицируется. Это называется эпигенетическими изменениями. CH_3 -группа может располагаться только на тех местах ДНК, к которым по цитозину поступает гуанин. Из-за сочетания основ обоих веществ по фосфодиэфирной связи это место называют точкой CpG (цитозин-фосфат-гуанин). Сильная концентрация этих точек CpG формирует CpG-островок.



Цитозин



5-метилцитозин



Например, полиморфизм приводит к тому, что сильно снижается активность ферментов или может уменьшиться более чем на одну треть концентрация определенных рецепторов в мозге.

Технически сегодня можно с легкостью проверить одновременно несколько миллионов генетических вариаций, которые человек имеет в своем геноме. В рамках так называемого общегеномного ассоциативного исследования можно установить, возникают ли у страдающих синдромом выгорания все известные полиморфизмы чаще, чем у здоровых работников.

Однако такие исследования весьма часто увенчиваются ошибочными выводами. Статистическое оценивание может привести к заключению, что определенная генетическая вариация вызывает конкретную особенность или заболевание, хотя оба гена могли встретиться совершенно случайно.

Разумной альтернативой общегеномным исследованиям может служить поиск определенных «генов-кандидатов». В таком анализе выбираются именно те наследственные факторы, которые вызвали интерес ученых из-за предыдущих результатов исследований, будь то фармакологические испытания или тесты на животных.

Для исследований синдрома эмоционального выгорания представляют интерес гены, которые влияют на так называемые оси стресса, гормональные цепи активации, срабатывающие при стрессовых ситуациях. Поскольку выгорание по определению связано со стрессом, такой подход напрашивается сам собой.

До сих пор в нашем боннском эксперименте приняло участие более 1,6 тыс. человек. Участниками исследования становились пациенты, прошедшие курс лечения от эмоционального выгорания в клиниках, специализирующихся на психосоматике. В контрольную группу мы включили здоровых сотрудников различных компаний со всей страны. Участники должны были заполнить анкету, где, помимо ответов на вопросы о возрасте, поле, образе жизни и роде занятий, необходимо было рассказать о личностных характеристиках и текущей степени выгорания. Чтобы распознать возможные генетические отличия между выгоранием и депрессией, мы проверяли наших респондентов на наличие депрессивных симптомов и при их наличии выявляли степень.

Каждый участник эксперимента сдавал образец крови для генетического анализа — ген способен сказать очень многое. Предстоит провести еще множество дополнительных исследований, прежде чем мы сможем назвать конкретный генетический фактор. Но именно это станет ответом на вопрос, влияет ли наш ген-кандидат на активность системы нейромедиаторов в головном мозге.

В идентифицируемом гене всего девять полиморфизмов. У восьми из них может быть обнаружена статистически значимая взаимосвязь со степенью выгорания. Изменения в геноме наблюдаются в большей степени у страдающих синдромом, чем у здоровых участников эксперимента.

Кроме того, мы обнаружили так называемый генетический гаплотип, который, судя по всему, играет определенную роль при синдроме выгорания. Гаплотип обозначает генетические вариации, которые с большой долей вероятности передаются по наследству, потому что они очень близки к ДНК. И этот гаплотип с тремя полиморфизмами мы обнаруживали у страдающих синдромом выгорания чаще, чем в контрольной группе.

Чем больше метильных групп поддерживают ген, тем реже он будет считываться. Низкое метилирование, наоборот, указывает на то, что ген очень активен

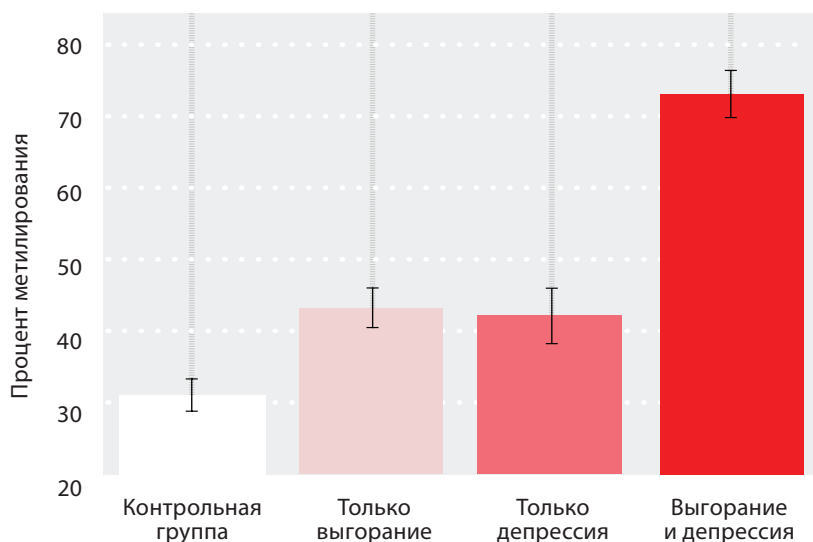
Заблокированные гены

При таком мультифакторном заболевании, как выгорание — болезнь, причиной которой может служить ряд триггеров, как вместе, так и по отдельности, — многочисленные генетические факторы не могут не играть определенную роль. Именно поэтому один ген-кандидат не может рассматриваться как «ген выгорания». Тем не менее мы выявили генетический фактор, который, вероятно, оказывает влияние на развитие этого синдрома. Более того, изученные полиморфизмы действительно связаны с выгоранием, но не с тем, насколько сильно выражены депрессивные симптомы. Результаты нашего исследования еще раз доказывают независимость синдрома выгорания от депрессивных расстройств.

Исследовательский проект в Бонне посвящен не только генетическим вариациям, которые связаны с выгоранием. Мы хотели также выяснить, какое воздействие могут оказывать так называемые эпигенетические механизмы. Под этим понимаются самостоятельные генетически высшие уровни контроля. Речь идет об обратимых модификациях ДНК без самостоятельных изменений нуклеотидной последовательности. Наиболее распространенные эпигенетические изменения называются метилированием. Метильная группа связана с ДНК, что воздействует на активность гена, то есть определяет, как часто считывается искомым ген, чтобы произвести соответствующий генетический продукт.

Двойные страдания

Чем больше метильных групп связано с геном-кандидатом, тем выше риск заболевания. У здоровых представителей контрольной группы этот ген мало метилирован. У тех, кто страдает либо синдромом эмоционального выгорания, либо депрессией, уровень метилирования средний. Наиболее сильно генная блокада выражена у пациентов, страдающих обоими заболеваниями.



Простое правило: чем больше метильных групп поддерживают ген, тем реже он будет считываться. Низкое метилирование, наоборот, указывает на то, что ген очень активен. Метильные группы не произвольно связаны со стволом ДНК, а, скорее, только в тех местах, в которых друг за другом расположены основания цитозина (C) и гуанина (G). Терминологически это называется «точка CpG». Отделы ДНК, в которых наиболее высоко содержание CpG, обозначаются как «CpG-островки».

На основании результатов наших генетических исследований мы решили рассмотреть два больших CpG-островка генов-кандидатов приблизительно из 200 мест, содержащих CpG. Один бросился нам в глаза. Он находится в так называемом промоторе, в специальном месте, в котором решается, будет ли считан ген.

Как показали наши тесты, метилирование происходит в этом месте во взаимосвязи не только с выгоранием, но и с синдромом депрессии. Так, результат ДНК-тестов здоровых участников эксперимента показывает лишь 31% метилирования. У страдающих синдромом выгорания — 43%, депрессией — 42%. Если оба синдрома проходят одновременно, процент метилирования вырастает до 73.

Незначительные модификации в контрольной группе указывают на то, что ген-кандидат у здоровых людей активнее и считывается чаще, чем у заболевших. В здоровом состоянии, вероятно, возникает больше соответствующего генного продукта.

Эти эпигенетические показатели не согласуются с результатами наших генетических исследований. Если исходить из них, существуют генетические различия между эмоциональным выгоранием и депрессией, что может подтвердить даже независимая диагностика. Это не исключает того,

что состояние выгорания может привести к депрессии, если оно длится достаточно долго.

Здесь гены встречаются с окружающей средой, поскольку эпигенетические изменения ДНК могут быть спровоцированы факторами окружающего мира. Само собой разумеется, что стресс повседневности провоцирует рост метилирования и потому уменьшает активность гена-кандидата. Если психическое давление извне будет увеличено, несмотря на то что человек уже выгорает, эффект усилится — в итоге больной будет сильно подавлен.

Но есть и хорошая новость: взаимодействие генов и окружающей среды — не улица с односторонним движением, эпигенетические изменения не запечатываются в ДНК перманентно. Подходящие методы терапии, изменение образа жизни и другие превентивные меры могут воздействовать на метилирование наших генов. Есть основания предполагать, что это может выключить блокирующие метильные группы генов-кандидатов, а потом вновь включить и тем самым уменьшить риск эмоционального выгорания. ■

Перевод: Е.С. Новоселова

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Genetic Susceptibility to Burnout in a Swedish Twin Cohort. V. Blom et al. in European Journal of Epidemiology, No. 27, 2012, p. 225–231.
- Psychische Störungen in der Allgemeinbevölkerung. Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland und ihr Zusatzmodul Psychische Gesundheit (DeGs1-Mh). F. Jacobi et al. in Der Nervenarzt, No. 85, 2013, p. 77–87.
- Toward Behavioral Genomics. P. McGuffin et al. in Science, No. 291, 2001, p. 1232–1249.

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



На завтрак, обед и ужин —

ВСЯ ВСЕЛЕННАЯ!

Нас сейчас интересуют не только белки, жиры, углеводы, но и биологически активные соединения, которые тоже жизненно важны, так как регулируют обмен веществ в организме

Академик **Виктор Тутельян**

В

канун встречи с академиком **Виктором Александровичем Тутельяном** я вспомнил свое послевоенное голодное детство. Сделать это было легко: достаточно взять с полки «Книгу о вкусной и здоровой пище», которая бережно хранилась в каждой семье. Нашим мамам она все-таки приносила пользу, но для нас была одной из самых сказочных книг, и я, помню, листал ее с наслаждением. Тогда казалось, что многое в ней — нечто инопланетное. Однако постепенно это ощущение уходило, книга становилась более будничной. И вот уже сегодня я вижу, что она практична и тесно привязана к нынешнему дню. К тому же на титульном листе значится: «Одобрена Институтом питания Академии медицинских наук СССР» и «Главный редактор — академик А.А. Покровский».

— **Следовательно, мы имеем дело с серьезной научной работой?**

— Безусловно. Вышло восемь изданий «Книги о вкусной и здоровой пище». Мне посчастливилось принимать участие в этой работе. Она осуществлялась под руководством моего учителя академика А.А. Покровского. Алексей Алексеевич был прекрасным человеком и блестящим ученым. Именно он 16 лет возглавлял институт, который с недавних пор называется «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи».

— **Новое название подразумевает повышение ответственности?**

— Безусловно. Однако и раньше у нас ее хватало, потому что проблемы, которые мы решали, касались здоровья нации. В 1920 г. В.И. Ленин своим декретом создал Институт физиологии питания. В стране были голод, разруха, и правительство обратилось к ученым с просьбой помочь в борьбе с голодом. И ученые сделали немало, чтобы предотвратить катастрофу. А потом, уже в 1930-е гг., когда вновь наступили тяжелые времена, наш знаменитый соотечественник биохимик Б.И. Збарский обратился к И.В. Сталину с просьбой уделить архиважной проблеме для населения — питанию — особое внимание, сконцентрировать усилия ученых. Так появился Институт питания, с создания которого мы и ведем свое летоисчисление. Недавно к нам присоединили еще три института, и теперь мы превратились в крупный научный центр.



Пища должна быть не только вкусной и привлекательной, но и безопасной

— **Сложнее стало работать?**

— С одной стороны, безусловно, а с другой — горизонт исследований расширился, что всегда полезно и интересно.

— **И вот новое правительственное задание — безопасность питания?**

— Этой проблемой мы всегда занимались серьезно. Вы имеете в виду Стратегию повышения

качества пищевой продукции? Ее главным разработчиком выступает одно из самых мощных ведомств — «Роспотребнадзор». Ему удалось не только сохранить авторитет и влияние в стране, но и обеспечить вертикаль власти, и это очень важно. Долгое время ведомство возглавлял академик Г.Г. Онищенко, его сменила профессор А.Ю. Попова. «Роспотребнадзору» как федеральному органу подчиняются региональные структуры, и это необходимо для постоянного и объективного контроля над той отраслью, которая обеспечивает питание населения.

— А ваша роль?

— Научное обеспечение. Когда встал вопрос, как улучшить качество пищевой продукции в стране, А.Ю. Попова обратилась к нам — ведь вместе мы работали многие-многие годы. Да и участвовали в той или иной форме во всех начинаниях «Роспотребнадзора».

— И что же главное?

— Когда мы говорим о качестве пищевой продукции, мы должны иметь в виду прежде всего ее безопасность. Это основополагающее качество пищи. Это и микробиологическая безопасность, и защита от различных загрязнителей пищевых продуктов. У нас создана современная, жесткая по всем параметрам нормативная база. В ней учитывается и международный опыт, и отечественный. Мы активно сотрудничаем с международными организациями, в частности с Всемирной организацией здравоохранения, Продовольственной и сельскохозяйственной организацией (ФАО) ООН и др. Есть ряд групп — по молоку, рыбе, мясу, овощам и т.д., которые разрабатывают методы контроля безопасности. Существует и международная нормативная база. Россия вошла в ВТО, и это накладывает свои обязательства. Скажу главное: у нас самые жесткие нормативы, и они научно обоснованы. Структура нашего потребления иная, чем на том же Западе. Например, хлеба мы едим в два-три раза больше. Значит, и требования к нему у нас должны быть более высокие. Подобных примеров можно привести много.

Академик А.А. Покровский: «Мысль об исключительной важности познания законов усвоения пищи очень четко выразил великий русский физиолог И.П. Павлов: "Пища, которая попадает в организм и здесь изменяется, распадается, вступает в новые комбинации и вновь распадается, олицетворяет собою жизненный процесс во всем его объеме <...> вплоть до высочайших проявлений человеческой натуры. Точное знание судьбы пищи в организме должно составить предмет идеальной физиологии будущего".

Известно, что в теле взрослого человека, весящего около 70 кг, содержится около 40 кг воды, 15 кг белка, 7 кг жира, 3 кг минеральных солей, 0,7 кг углеводов.

Вторая грань проблемы — современная методическая база для исследований. В нашем центре есть возможность выявить самое ничтожное количество любых веществ, находящихся в пищевых продуктах. Приборы значительно более чувствительные, чем это необходимо для установленных нормативов.



Академик В.А. Тутельян

— Зачем это нужно?

— Очень важно, чтобы был абсолютно надежный метод исследования пищевых продуктов. Любая ошибка, ложноположительные результаты — это «экономическая диверсия», поскольку в этом случае мы должны выбросить из оборота доброкачественную продукцию. Ложноотрицательный результат исследований — это удар по нашему

Но организм — это не склад, где все заложенное хранится в неприкасаемом виде. В теле человека постоянно происходят процессы обмена, одни вещества сгорают, окисляются, выводятся, и взамен нужны новые вещества, причем самого различного назначения.

Роль пищи в процессах непрерывного обновления человеческого тела в известной степени может быть охарактеризована следующими цифрами: подсчитано, например, что за 70 лет жизни человек выпивает 50 т воды, съедает 2,5 т белка, 2,3 т жира, свыше 10 т углеводов, почти 300 кг поваренной соли.

Белки, жиры, углеводы, минеральные соли и витамины — вот те основные вещества, которые необходимы для жизни».

здоровью. Поэтому методы исследований должны быть надежные, высокочувствительные и точные. Необходимая аппаратура у нас для этого есть. Мы можем в пищевом продукте определить все — и полезное, и вредное, что там находится в минимальном количестве. Более того, если даже нам что-то неизвестно, мы можем это вещество обнаружить, идентифицировать и, естественно, предотвратить его неблагоприятное воздействие.

— **Пример, пожалуйста.**

— Появилось фальсифицированное молоко, оно поступало из-за границы. В течение нескольких дней по заданию «Роспотребнадзора» мы разработали метод, как определять вредную добавку — меламина. И уже через четыре дня граница для такого молока была закрыта. Однако у этой проблемы есть и другая сторона. Понятно, что пищевой продукт должен содержать полезные вещества, за которые мы его назвали пищевым продуктом. Современная индустрия создает многие виды продуктов, из разных источников, производит всевозможные смешанные виды. И нас сейчас интересуют не только белки, жиры, углеводы, но и иные компоненты — биологически активные соединения, которые, оказывается, тоже жизненно важны, так как регулируют обмен веществ в организме. В нашем центре мы можем определить порядка 600 химических соединений. Мы все — потребители пищевой продукции, и нам важно, чтобы она была вкусной. Это один из параметров оценки качества продукции. И это четко прописано в документе, который называется «Стратегия повышения качества пищевой продукции». 25 лет назад у нас была жесткая система ГОСТов и вся продукция выпускалась по государственным стандартам. Было прописано, какое сырье используется, что разрешается и что не разрешается добавлять в продукты. Примерно 25 лет назад ГОСТы стали необязательными, они имеют рекомендательный характер. Все было заменено так называемыми техническими условиями. Но в них, как правило, требования размыты. Они позволяют манипулировать составом, сырьевой основой, допускаются много замен. Для любого производителя важно снизить себестоимость продукции и увеличить прибыль. И потому так страдает качество продукции. На мой взгляд, новая стратегия требует перехода на ГОСТы. Думаю, благодаря мерам, которые под эгидой «Роспотребнадзора» будут внедряться по всей стране, мы уже в ближайшее время почувствуем положительный результат реализации этой стратегии.



В лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов

— **У каждой науки, будь то физика, химия или математика, есть границы, за которые нельзя переступать. А у вас их нет! Разве не так?**

— И это правда! Что такое питание? Это ведь наша жизнь. Все связано с питанием. Вся биохимия — это питание. Вся физиология — опять питание. Все базовые науки — для питания. Даже в политологии питание — один из рычагов! Питание — это один из наиболее влиятельных инструментов управления и в мировом масштабе. ФАО — это самая уважаемая международная организация.

— **А с чем бы вы сравнили ту область науки, которой занимаетесь?**

— Это комплекс наук о жизни. Пожалуй, нет других наук, где так выражены взаимосвязи между фундаментальными и прикладными направлениями.

— **Вы работаете в этой области более полувека. Какова динамика ее развития?**

— Считаю, что было три этапа, я бы даже сказал — эры. Первая — эра физиологии. Это И.П. Павлов, И.М. Сеченов, О.П. Молчанова, многие другие. Она длилась примерно до 1960 г. С приходом Алексея Алексеевича Покровского началась эра биохимии. Все стало переводиться на более интимные уровни: «ферментные ворота», «метаболические потоки» и т.д. Эти термины вводил А.А. Покровский. Особую значимость приобрели развитие фундаментальной биохимии и практические аппликации ее результатов.

— **С чем был связан этот переход?**

— Начали искать более глубокие связи, более тонкие механизмы регуляции жизненных процессов... Это уже клеточная биохимия. Этот этап продолжался примерно до 2000 г.

— **Помню, академик А.А. Покровский говорил, что на его область науки очень сильно повлиял выход человека в космос.**

— Да, это так. Первые космонавты участвовали здесь у нас в экспериментах. Длительное обездвиживание, проводились опыты с питанием. Был целый ряд подобных экспериментов. Я тогда начинал работать в институте, участвовал в них. Было очень интересно. Изучали первые пайки для космоса и спецконтингентов. Честно говоря, некоторые продукты были малосъедобными. Представьте, сухой кисель... И надо было съесть все, ничего не оставляя. Подобных продуктов для космоса было множество — искали наиболее приемлемые. Так что космос, безусловно, оказал большое влияние на нашу отрасль: нужно было вырабатывать новое понимание процессов, искать новые подходы к получению качественных продуктов.

Система оценки безопасности ГМО включает новейшие научные подходы, основанные на достижениях современной фундаментальной науки

— **Теперь космонавты даже в длительных экспедициях не жалуются на плохое питание.**

— Можно считать, это одно из существенных достижений нашей науки.

— **Итак, третий этап...**

— Новый взгляд и новый подход к питанию. В частности, это выражается в проблемах безопасности, с чего мы начали нашу беседу. С 2000 г. началась эра геномных и нанотехнологий. Мы идем вглубь клетки, молекул. Кстати, вопросы безопасности пищи всегда были в центре внимания. Но нормативная база должна идти параллельно с методологией. Например, объявляем, что в продуктах должен быть нулевой уровень

микотоксинов, а определять их не можем... Значит, просто сотрясаешь воздух, безопасность обеспечиваешь лишь на словах. Поэтому, если нет методов контроля, ты не можешь устанавливать те или иные параметры.

— **Пришло более глубокое понимание того, что человек может получать с пищей?**

— Конечно. Если раньше это были тяжелые металлы, микробное загрязнение, то сейчас мы проникли уже в такие дебри, что даже трудно представить.

— **Не заблудились?**

— Подчас блуждаем, но выход все-таки находим обязательно! Самое опасное — это микробиологическое загрязнение. Оно тут же дает реакцию, отрицательный эффект. Поэтому самое простое гигиеническое воспитание, культура — вещи абсолютно необходимые и самые эффективные.

— **То есть обязательно мыть руки перед едой?**

— Конечно!

— **Как вы оцениваете уровень вашей науки в стране и в мире?**

— Что касается нормативно-методической базы, того, что напрямую связано с человеком, мы абсолютно на мировом уровне, а в некоторых вещах даже впереди. В частности, по оценке безопасности генетически модифицированных продуктов, так называемых ГМО, у нас самое совершенное оборудование, сложнейшие приборы, а потому мы получаем поистине уникальные результаты. В вопросах безопасности наноматериалов, нанотехнологий опять-таки мы опередили зарубежных коллег. Я имею в виду оценку безопасности продуктов. В чем мы отстаем? Пожалуй, в геномных технологиях. Мы приближаемся к передовому уровню, но сказать, что мы в лидерах, не могу. Здесь необходимы большие эксперименты — ведь речь идет о расшифровке молекулярных механизмов.

— **Это инженерная генетика?**

— Можно и так назвать. Работаем на уровне, но прорывных вещей пока нет. Одно дело — оценивать безопасность, но совсем другое —

Как быть красивым и здоровым: «Наконец человечество решило проблему, как жить долго, быть здоровым и красивым одновременно. Похоже, наступает золотой век долгожителей. Для этого предлагаются так называемые биологически активные добавки к пище. Не отказывайтесь от приема поливитаминных минеральных препаратов! БАДы — это концентраты природных натуральных пищевых и биологических активных веществ, выделенные из пищевого сырья животного, морского, минерального происхождения, пищевых или лекарственных растений или полученные путем химического синтеза. Эти вещества организм человека синтезировать не способен, поэтому мы должны ежедневно включать

их в свой рацион. Сегодня известно более 12 витаминов и более 20 минеральных веществ — макро- и микроэлементов. Микроэлементы необходимы организму в миллиграммах или даже в тысячных долях миллиграмма, но без них человек жить не может. Сегодня снова в ходу крылатая фраза Пифагора: "Человек есть то, что он ест". Питание — проблема не только медицинская, не только общественная, но и общекультурная. Чрезвычайно важно знать то и помнить о том, что биологически активные добавки к пище — это только добавки к пище. Они не могут заменить лекарства, но служат прекрасными вспомогательными средствами диетотерапии при лечении самых различных заболеваний».

создание модифицированных продуктов. На самом высоком и строгом международном уровне мы можем делать первое, а вот во второй части отстаем. Но это направление не наше, а генетиков и молекулярных биологов. Чтобы поднять уровень этой области, необходимы мощные инвестиции, а главное, должна быть потребность в такого рода продуктах.

— **Насколько мне известно, вы поддерживаете создание генно-модифицированных продуктов?**

— Я хочу, чтобы к этому относились разумно. Мы наступаем на одни и те же грабли в третий раз. Впервые это случилось в 1948 г., когда прошла печально знаменитая сессия ВАСХ-НИЛ и наша генетика была разгромлена. До сих пор пытаемся догнать Запад в этой области. Второй раз — это начало 1990-х гг. У нас была самая мощная в мире микробиологическая промышленность, работали 11 заводов, производивших 1,5 млн т кормового белка. Мы полностью покрывали потребность Советского Союза в витаминах, аминокислотах, в ряде других пищевых веществ. В 1993 г. на двух заводах случились выбросы белка, что совпало со вспышкой аллергии, бронхиальной астмы. Но вместо того чтобы разумно обеспечить безопасность на производстве, принимается закон о перепрофилировании предприятий и их закрытии. Мы потеряли сразу 1,5 млн т кормового белка, тут же упала вся птицеводческая промышленность — и мы начали закупать «ножки Буша». Ни одного грамма витаминов мы сейчас не выпускаем. А ведь были полностью обеспечены ими. Производство аминокислот — ноль. Покупаем их в Китае, Японии. То есть сами себя уничтожили. Да, птицеводческую отрасль мы подняли, но корма-то закупает...

— **А третьи грабли?**

— Ситуация вокруг ГМО.

— **Только что принят новый закон...**

— Там речь идет не о полном запрете ГМО, как думают некоторые. Для использования в науке — можно, для питания после соответствующих испытаний — можно, а нельзя выращивать. Это справедливо, так как любая высокая современная технология требует очень высокой культуры ее использования. Она требует строгой дисциплины. И еще множество иных условий и требований. Ведь при высокой технологии чуть разболтался — и вот тебе Чернобыль. Чуть что не так, и сразу техногенные

катастрофы. Это касается не только атомной энергетики или космоса, но и всех новых технологий, в том числе тех, что используем мы. К сожалению, наше сельское хозяйство в полной мере не готово к использованию новых технологий, к которым, несомненно, относятся и генно-модифицированные организмы. Поэтому нынешний запрет на выращивание ГМО-продукции обоснован.

— **Вы, наверное, уже давно изучаете ГМО. Гарантируете их безопасность?**

— Конечно. Те, что прошли испытания, абсолютно безопасны и для нас, и для будущих поколений.

— **А в чем же грабли?**

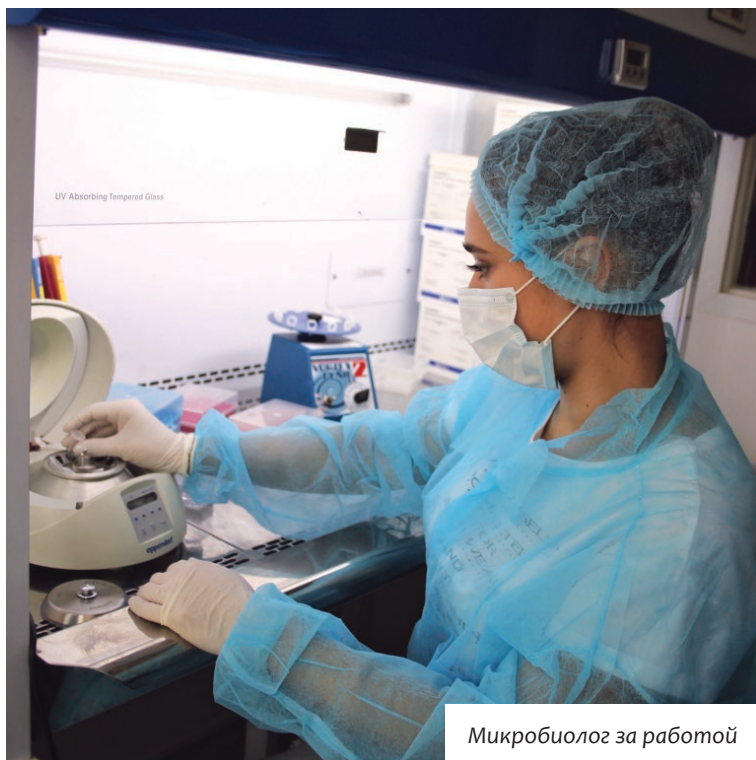
— Пугаем народ ГМО. Приходите в магазин, берете колбасу. На ней написано: «без ГМО», «без сои». Ну ладно, когда пишется о ГМО, а как же без сои?

Оценка безопасности ГМО проводится на самом совершенном оборудовании, исследователи получают поистине уникальные результаты

Что туда добавляют? Нам же нужно, чтобы колбаса была сочная, розовая, чтобы жира не было видно. Что для этого нужно сделать? Чтобы была сочная, надо связать воду. А это фосфаты, крахмал, соевый белок... Сейчас вместо соевого белка начали использовать измельченную шкуру животных



Ведутся эксперименты по оценке безопасности ГМО



Микробиолог за работой

(коллаген). Но если соевый белок полноценен по аминокислотному составу и полностью усваивается, то коллаген не усваивается и тем самым процентов на 20 снижает пищевую ценность любимых нами продуктов.

— **То есть обман?**

— Да, стремление запугать людей ГМО за счет причинения им еще большего вреда. Для производителя та же шкура выгодна: она хорошо связывает воду, намного дешевле, покупатель хорошо берет колбасу, а то, что аминокислоты, содержащиеся в коллагене, не усваиваются и снижают пищевую ценность продукта, кто же это знает! Вот и получается у нас — «хотели как лучше, а получилось как всегда». Я всегда буду брать колбасу с соей, потому что она хороший концентрат, связывает воду, это белок, который прекрасно усваивается!

Несколько полезных советов: «Не ждите чудес. Не ожидайте мгновенных эффектов. Не голодайте, не сидите на специальных диетах, не изнуряйте себя непосильными физическими упражнениями. Чаще всего результат известен заранее: убедившись в незначительности происходящих перемен и разочаровавшись, вы возвращаетесь к обычному режиму жизни.

Будьте мудрее. Своей фигурой, внешним видом и самоусовершенствованием надо заниматься постоянно, в течение всей жизни. Это не значит, что надо садиться за обеденный стол с калькулятором, чтобы подсчитать калории за каждый прием пищи. Если вы сегодня пошли в гости

— **Теперь буду брать колбасу только с соей.**

— А ее теперь не найдешь! Производители быстренько сообразили, что лучшей ситуации для повышения прибыли не придумаешь, — и выбросили ее из употребления. Вот таким образом влияет на нашу жизнь бездарная и лживая пропаганда. Надо верить науке, а не всевозможным лжеспециалистам, которых, к сожалению, у нас развелось сейчас множество, и они, конечно же, «специализируются» на продовольствии. Вот почему так важна сегодня проблема продовольственной безопасности и образования населения.

— **Вы вскользь упомянули о Чернобыле. Очень сильно пострадала Белоруссия, откуда сейчас в Россию идет много продуктов. Есть ли какая-то опасность? Вы же контролируете ситуацию?**

— С первых дней аварии я работал по чернобыльской проблеме. Полгода был в Белоруссии, объездил все пострадавшие районы. Был и в самом Чернобыле. Даже в третий блок забирался, у самой стены четвертого был... Зачем? Не знаю. Сейчас я, конечно, этого бы не сделал.

— **Каждый из нас прошел этим путем — хотелось пощупать своими руками...**

— Машинный зал, тишина, а рядом четвертый блок, тот самый... Ощущение странное, но сильное — до сих пор незабываемое. Нас было пять человек. Лекции читали, рассказывали, как надо питаться в таких условиях. Вечером собирались вместе, я доставал сало, рюмочку... и тут на меня все набрасывались: мол, рекомендуешь сала меньше есть, а сам без него не можешь! Вот и приходилось объяснять, что все хорошо в меру. И рюмочку приходилось оправдывать. Да, тяжелое время было.

— **Я всегда там говорил, что мы не выпиваем, а дезактивируемся. А сегодня?**

и по традиции хорошо там поели, то завтра нужно устроить себе разгрузочный день — без переживаний и угрызений совести. Но не следует допускать ощущения голода, так как голод — сильнодействующий стрессовый фактор. Организм требует заполнения желудка, требует пищи. Следовательно, его надо как-то обмануть, и вместо традиционного наваристого борща, поджаренной картошки и котлет предложите ему овощной салат, заправленный растительным маслом, вареное яйцо, фрукты, нежирный творог, молоко, кефир... Разгрузочные дни могут быть самыми разнообразными: фруктовыми, овощными, кефирными и др.»

— Контроль радиационный жесткий, и его довольно легко осуществлять. В Белоруссии эта служба налажена очень хорошо. Естественно, у нас тоже. Опыт Чернобыля в этой области использован в полной мере не только у нас, но и, например, в Фукусиме. Так что опасаться не следует. Опять-таки надо доверять ученым, а не всевозможным слухам.

— Но в обществе существует твердое представление, что генно-модифицированные продукты и те же БАДы — это «происки Запада», мол, они стараются навязывать нам свои ценности.

— Если это достойные ценности, то зачем их игнорировать? Термин «БАД» в нашу действительность ввел ваш покорный слуга. Термин стал широко использоваться, и это неплохо. Что касается биологически активных добавок, то у нас их используют только 3% населения, а в Европе уже более 50%, в Америке — около 90%! Мне кажется, цифры говорят сами за себя. Вместе с коллегами В.А. Князевым и Б.П. Сухановым мы написали книгу «Правильное питание», где говорится, какие биодобавки нам всем необходимы. Конечно, это научное издание, но хотелось бы, чтобы его прочитало как можно больше людей — ведь здоровье волнует всех. Я здесь не говорю о многочисленных, к сожалению, «лечебных» свойствах ряда БАДов, их фальсификации. Эта проблема обсуждается и решается на законодательном уровне, будучи инициированной «Роспотребнадзором» и Минздравом России.

— У вас есть моральное удовлетворение от того, что вы здесь сделали за 55 лет?

— Есть. Я помню время, когда у нас не было никакой нормативной базы по питанию. Это было в начале 1980-х гг. Меня постоянно критиковали — в то время я уже был заместителем директора: мол, ничего конкретного сказать не могу по качеству продуктов. В 1985 г. проходит специальное заседание научного совета по медицине в Академии медицинских наук. За столом все академики, а я только доктор наук, профессор. Как обычно, начали на меня атаку. А я им выкладываю: мол, столько-то нормативов определено, утверждено, такие-то данные нами получены. Созданы соответствующие методы контроля, все они утверждены главным санитарным врачом СССР академиком П.Н. Бургасовым и полностью внедрены в санэпидслужбу! По-моему, с тех пор вся критика в наш адрес прекратилась. По крайней мере, никто уже не сомневался, что наша отрасль науки стоит на прочной основе. Все нормативная база, вся методическая база — буквально с нуля — были созданы в основном в нашем институте и подняты на самый высокий мировой уровень. Разве этим не следует гордиться?

— Интересно, а сколько веществ или элементов в пищевой цепочке?

— 7,3 тыс. только контролируемых показателей...

— Сколько?!

— ...и 600 методов.

— И каждый надо было исследовать?

— А как же! Причем данные уникальны, поскольку мы работаем на самом современном оборудовании. Все средства, которые мы получаем и по бюджету, и по разным грантам, мы тратим на развитие, понимая, что если не будет методической базы, то ничего не будет.

— А почему именно сегодня возникла необходимость предпринимать новые меры по безопасности?

— Безопасностью занимались всегда. Сегодня же речь идет о стратегии качества. Безопасность — лишь часть проблемы. Кстати, за нее и беспокоиться особо не надо — в «Роспотребнадзоре» она в жестких руках. А вот пищевая ценность, то есть белки, жиры, углеводы и витамины, — особая забота.

Биологически активные добавки у нас используют только 3% населения, в Европе более 50%, в Америке — около 90%!

— Вы занимались и космонавтами, и большими спортсменами?

— Да.

— А сейчас?

— Нет.

— Почему?

— Когда я был молодым, встречал здесь Л.И. Жаботинского, Ю.П. Власова, В.Ф. Борзова, А.Е. Карпова... Они все были нашими пациентами, ведь хорошо и правильно не поешь — хорошо не поработаешь.

— А нынешние олимпийцы?

— У нас они не бывают. Все проблемы — наши и медицинские — взяли на себя чиновники. Эти проблемы решаются в специализированных учреждениях. Ранее для решения медицинских проблем спорта была мобилизована вся академическая наука, сейчас, к сожалению, к спортивной медицине более ведомственный подход. И академическая наука в этом плане почти не востребована. Вместе с тем все прорывные технологии создаются в академической среде. Мой учитель академик А.А. Покровский в свое время был председателем Совета по медицинским проблемам спорта. А сейчас высокого медицинского сообщества, работающего на спорт, у нас нет. Это одна из его бед, за что мы сейчас расплачиваемся. Но ближайшее будущее представляется светлым.



В лабораториях института в пищевом продукте могут определить минимальные количества любых вредных веществ

За интеграцию академической и ведомственной науки взялся руководитель Федерального медико-биологического агентства профессор В.В. Уйба. Значит, успех неизбежен.

— С космонавтами аналогичная ситуация?

— С питанием космонавтов ситуация более благоприятная. Существуют мощные институты, в которых есть специализированные отделы, занимающиеся этой проблемой. В настоящее время в рамках ФАНО филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» — Научно-исследовательский институт пищевого концентратной промышленности и специальной пищевой технологии — успешно разрабатывает все вопросы питания на космической орбите, и это открывает новые перспективы,

в том числе в развитии космонавтики и сохранности здоровья космонавтов, что особенно важно в условиях длительных полетов.

— Сегодня на телевидении на каждом канале что-то готовят. Советуют, как завтракать, обедать и надо ли ужинать. Как вы относитесь к этому «пищевому потоку» на экранах?

— Не очень хорошо. И тому две причины. Во-первых, старое советское воспитание: как можно на фоне бедности дразнить людей и показывать, как готовить молодого петуха в красном вине? Зачем это делать? И, во-вторых, у нас, к сожалению, низкая культура населения. Людей надо воспитывать, образовывать.

— Три года идет реформа науки. Все теперь в одной академии. Разницу чувствуете?

— Интеграционный процесс многогранно расширяет научный потенциал. Но этот процесс идет очень медленно. С государственной точки зрения, безусловно, есть смысл иметь одно высшее экспертное сообщество, то есть Российскую академию наук. Но ранее у нас была более тесная связь с Минздравом. Президент медицинской академии всегда был членом коллегии Минздрава. Научный потенциал академии использовался максимально. Потом возникли микроведомственные барьеры и многое стало зависеть от руководителей. Я до сих пор считаю, что Минздрав, «Роспотребнадзор» и мы — единое целое. Любое задание, идущее оттуда, я воспринимаю как важное, нужное и незамедлительное к исполнению. Отношения, в том числе финансовые, могут быть разными, но мы едины. Это моя позиция, невзирая на различные реформы.

«Все для человека» — незримо написано на фронте нашего центра. Да, сейчас стало труднее следовать этой позиции, но наши принципы не изменились. Мое личное мнение основано на общемедицинском гуманистическом принципе «Не навреди!». Поэтому пусть все реформирования идут своим чередом, а у нас есть четкое понимание того, что нужно делать здесь и сейчас. ■

Беседовал Владимир Губарев

О человеке и природе: «Как известно, колдуны и маги, знахари и шаманы постоянно использовали в своем ремесле вещества, получаемые из лекарственных растений, минерального сырья, а также органов и тканей животных, рыб и пресмыкающихся. Современная наука получает их биологическим путем и использует для регуляции или стимуляции некоторых функций организма <...>. Вернемся к меню древнего человека: с огромным количеством разнообразной растительной пищи он получал и значительные количества присущих растениям биологически активных компонентов — гликозидов, алкалоидов, фенольных соединений, биогенных аминов и многих других, которые

взаимодействовали с клетками и органами-мишенями, увеличивая их активность. Изменение структуры питания и «достижения» пищевой индустрии почти полностью лишили человека эффективной формы слияния с природой. Почему бы не предположить, что широкое применение БАД-фитонутриентов — попытка человека на новом витке спирали развития вновь прийти к гармонии с природой? Есть все основания полагать, что в мировой медицинской практике внимание и интерес к БАДам будут постоянно возрастать. Гарантия тому — неисчерпаемые возможности биоресурсов Земли как потенциальных источников биологически активных веществ».



НАУКА
ТЕЛЕКАНАЛ

СМОТРИТЕ ОСЕНЬЮ НА ТЕЛЕКАНАЛЕ «НАУКА»

МЕГАНАУКА

**ГИГАНТСКИЕ УСТАНОВКИ
ГЛОБАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**



vk.com/tv_nauka



facebook.com/nauka20



youtube.com/c/naukatv



naukatv.ru

СПРАШИВАЙТЕ У ОПЕРАТОРОВ ПЛАТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ



ПОЗНАНИЕ

6+

ОБ АВТОРЕ

Дэвид Поуг (David Pogue) — главный обозреватель портала персональных информационных технологий Yahoo Tech, ведущий научно-популярного документального телесериала NOVA на канале PBS.



Суперассистент

Новое поколение виртуальных помощников уже на подходе — и они ужасно смысленные



Виртуальные голосовые помощники, такие как *Siri*, *Cortana* и *Google Now*, творят чудеса. Вы можете спросить у них что-нибудь вроде «Понадобится ли мне зонт в Далласе в эти выходные?» или «Какие рейсы сейчас в воздухе?», или даже подурчиться: «А Санта Клаус существует?» Каждый раз вы получите точный и при этом остроумный ответ.

Впрочем, все их ответы заранее предусмотрены сценариями, которые создают райтеры и программисты. (Действительно, компания *Apple* содержит штат сценаристов-комиков исключительно для того, чтобы придумывать остроумные ответы для *Siri*.) Лежащее в их основе программное обеспечение — это, по сути, всего лишь длинная цепочка условий «если — то».

Вскоре, однако, ваш голосовой ассистент значительно поумнеет. Уйдя из *Apple*, трое создателей *Siri* — Даг Киттлаус (Dag Kittlaus), Адам Чейер (Adam Cheyer) и Крис Бригам (Chris Bringham) — основали компанию под названием *Viv Labs*.

В отличие от любой версии *Siri* или *Cortana*, которые умели обслуживать запросы о погоде, о результатах спортивных состязаний и отвечали на вопросы из 20 других тематических областей, база знаний и словарь *Viv* будут открытыми и неограниченно пополняемыми. Они будут пользоваться базами данных тысяч других интернет-сервисов — супермаркетов, сайтов бронирования авиабилетов, фирм по прокату автомобилей, ресторанов, цветочных магазинов, служб знакомств, будут отслеживать авиарейсы в реальном времени — и понимать, как связать все это воедино.

«Вы можете спросить у *Siri*, где живет ваша сестра и какая погода в Бостоне, но вы не сможете задать вопрос «Какая погода в городе, в котором живет моя сестра?», потому что такая интеграция не запрограммирована человеком, — объясняет Чейер. — Зато *Viv* сможет увязывать подобные вещи друг с другом».

Viv также составит на вас обширное досье: ваши предпочтения, номера кредитных карт, адреса и т.д. (с вашего разрешения, разумеется). В результате *Viv* сможет обслуживать запросы такого типа: «Запиши меня на прием к окулисту, который говорит по-французски и чей офис находится по пути с работы домой», «Найди мне хорошее место для отдыха с детьми на Карибских островах на конец февраля», «Где по пути к дому моего брата купить большую бутылку вина, которое подходит к лазанье?»

В последнем случае *Viv* проконсультируется с интернет-службой, которая знает ассортимент вин в различных магазинах, с другой онлайн-службой, которая проложит ваш маршрут до дома брата, и с третьей, которой известны ингредиенты лазаньи. В ответ на запрос о Карибах *Viv* предложит вам тур, который вы тут же сможете забронировать, — вам ничего не придется искать самому.

И потребителю удобно, и для *Viv* польза: каждый раз когда вы одобряете один из вариантов, предложенных *Viv*, и делаете покупку, соответствующая служба (допустим, *Uber*, *Hotels.com* или *Orbitz*) перечислит *Viv* процент от сделки.

Облегчит ли эта система доступ на рынок небольшим компаниям, тому же франкоговорящему окулисту, или еще больше закрепит доминирование мировых лидеров вроде *Amazon* и *Uber*? Если доверить *Viv* выбор продукции и услуг, значит ли это, что люди навсегда откажутся от самостоятельного поиска в интернете в надежде наткнуться на удачное предложение?

Насколько сообразительным окажется *Viv*? Помогая забронировать билет на самолет, сможет ли он спрогнозировать автомобильные пробки по пути в аэропорт в день вылета? Будет ли ему известно, что пересадка в чикагском аэропорту О'Хара в праздничные дни — это сущий ад?

И что станет с рабочими местами? Куда денутся все турагенты, работники цветочных магазинов и сомелье, которых заменят интеллектуальные помощники вроде *Viv*?

«В исторической перспективе экономика адаптируется, — отвечает Киттлаус. — Когда-то большинство людей в США работали на фермах, сегодня же фермеры — лишь малая часть населения. Проблема возникает лишь тогда, когда люди с их навыками не поспевают за переменами».

Интерфейс пользователя еще не готов, поэтому компания пока не публиковала никаких схем или

видео. Но *Viv* хорошо работает уже сейчас. Киттлаус испытал демоверсию на множестве команд (например: «Пошли моей маме букет роз» или «Забронируй два места в бизнес-классе на первый рейс из Сан-Франциско в Нью-Йорк и обратный рейс на вторник»). Каждый раз *Viv* выдает список вариантов, упорядоченный по цене или рейтингу, после чего Киттлаус мог бы совершить покупку одним дополнительным кликом.

Viv выходит на рынок через год. Но и конкуренты не дремлют: за последние несколько месяцев *Microsoft*, *Google* и *Apple* объявили, что новые версии их голосовых ассистентов стали более интеллектуальными. Помощник *Hound* от компании *SoundHound* пока еще проходит бета-тестирование, но уже не уступает лидерам по части сложного голосового поиска и наиболее специфических запросов на товары и услуги. И хотя эти голосовые приложения не дотягивают до интеллекта *Viv* по сложности и интеграции запросов, направление, в котором они развиваются, очевидно: с каждым днем они становятся умнее, быстрее и конкурентоспособнее. ■

Перевод: С.В. Гогин



Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

Если все бактериофаги нашей планеты выстроить «в одну шеренгу», она дотянется до ближайшего к нам скопления галактик в созвездии Девы!

Бактериофаги «выиграли» Сталинградскую битву, не «выпустив» эпидемию холеры с территории, оккупированной немецкими войсками

Биологи научились «редактировать» геном, подсмотрев, как бактерии защищают себя от повторного заражения бактериофагом

Энергосберегающие ультратонкие экраны появятся благодаря нанопленкам на основе нитчатых бактериофагов

Использование бактериофагов вместо антибиотиков обеспечит экологическую чистоту продуктов питания

www.scfh.ru

На обложке: семья Д'Арнлей 1919. © Institut Pasteur – Musée Pasteur



Шлюпка физиков

в океане
частиц

Вселенная состоит примерно из 5% обычной материи. Темной материи — в пять раз больше. Многие ее свойства мы знаем, но об остальных и из чего она состоит, неизвестно. Вот это мы и пытаемся постичь

ФИЗИКА

М

оряки считают: чтобы отправится в дальнее плавание, нужны опытный капитан и надежная команда. Только в этом случае можно избежать опасных рифов, преодолеть штормы и добраться до заветных берегов. Пессимисты обязательно скажут, что новых берегов уже нет и не из каждого водоворота удастся выбраться. Но в нашем случае они будут посрамлены, потому что «шлюпка Данилова» не только благополучно добралась до заветных берегов, но и сделала там ряд открытий, удививших весь научный мир.



Член-корреспондент РАН М.В. Данилов

Открытие мира, который невидим

Мы встретились с командой М.В. Данилова в библиотеке ФИАН. Со стен смотрели великие физики, которые во многом определили судьбу нашей цивилизации. Их портреты напоминали, что наука — это преемственность поколений, поддержание научных школ, которые рождались и в этом легендарном институте. Я вспомнил слова Сергея Ивановича Вавилова, академика, директора ФИАН, президента академии наук: «Удельный вес науки в стране определяется не только средствами, отпускаемыми по государственному бюджету, числом исследовательских институтов, но прежде всего кругозором научных деятелей, высотой их научного полета».

Мне кажется, великий физик говорил и о нынешних временах — денег на науку не хватает, число институтов сокращается, остается надеяться лишь на «кругозор» и «высоту полета» отдельных ученых и небольших групп энтузиастов... Член-корреспондент РАН **Михаил Владимирович Данилов** как раз относится к таким ученым. Впрочем, он сразу же возразил:

— У нас группа, и надо именно о ней говорить.

— **Хорошо. Но сначала расскажите о себе.**

— Я главный научный сотрудник ФИАН, а также работаю в МФТИ и Национальном исследовательском ядерном университете МИФИ. Я долго преподавал в МФТИ, а теперь преподаю и в МИФИ. Занимаюсь этим, потому что нужно готовить смену, и это один из приоритетов деятельности нашей группы, у нас учится более 60 студентов.

— **Помните дискуссию о физиках и лириках? Тогда победили физики, мол, они в почете, а лирики в загоне. А сейчас многие считают, что физики уступают место биологам. Так ли это?**

— Думаю, представление о том, что физика отошла на второй план, сильно преувеличено. Если посмотреть, какие за последнее время были Нобелевские премии, видно, что по физике вручались

премии за кардинально новые открытия, которых никто не ожидал. Точнее, никто не мог предсказать. Физика по-прежнему лидирует в науке, и она не может потерять эту роль, потому что рассказывает, как устроен наш мир. Кроме того, физика элементарных частиц все больше и больше интегрируется с космологией, с астрофизикой. Они становятся единой наукой. Можно смотреть на микроскопические объекты, а можно смотреть на галактики — и получать информацию об одном и том же. Например, о массе нейтрино мы знаем как из лабораторных экспериментов, в которых, кстати, наша группа тоже принимает участие, так и из космологических, которые проводятся в разных лабораториях мира.

— **А как вы смогли поймать неуловимое нейтрино?**

— Действительно, нейтрино поймать непросто. Через каждого из нас каждую секунду проходят десятки триллионов нейтрино, и мы этого не замечаем. Тем не менее нейтрино мы ловить умеем. Кста-

По тому, как свет отклоняется в гравитационном поле галактики, мы можем сказать, сколько в ней вещества. Оказывается, что вещества там в пять-десять раз больше, чем мы видим. То есть темная материя существует

ти, сейчас идет эксперимент, в котором участвует наша группа, — по поиску еще одного типа нейтрино, и в этом эксперименте мы каждый день регистрируем 5 тыс. нейтрино.

— **И где идет этот эксперимент?**

— Здесь. На российском атомном реакторе.

— **Обычно поиски нейтрино ведут в горах и на Байкале, там, где их легче регистрировать.**

— Есть несколько методов изучения нейтрино. Один из них — изучение тех нейтрино, которые рождаются либо в космосе, либо в атмосфере Земли. И люди обычно уходят в пещеры, чтобы не было фона. С другой стороны, мы можем сами производить нейтрино, и есть два способа это делать. Во-первых, ускорители. В таких экспериментах нейтрино проходят большие расстояния — несколько сот километров, перед тем как их зарегистрируют. А еще есть реакторные эксперименты, которые тоже представляют собой очень важный источник информации. Вот как раз в реакторном эксперименте мы ищем новый тип нейтрино, а в пещере участвуем в поиске массы нейтрино в эксперименте по двойному бета-распаду *EXO*.

— **От физиков мы привыкли ждать чего-то необычного. То электричество нам дадите, то атомную бомбу изобретете, то компьютеры и смартфоны. Чего теперь от вас ожидать?**

— Ответить на этот вопрос очень сложно именно сейчас. Дело в том, что ситуация в физике изменилась. Все знают, что был открыт хиггсовский бозон и за это дали Нобелевскую премию. С его открытием было завершено возведение прекрасного здания стандартной модели — так скромно называется теория, которая описывает все, что мы видим вокруг.

— **Если все ясно, то куда разбегаются галактики?**

— А это уже второй вопрос. Хотя стандартная модель замечательно описывает все, что мы видим, она не описывает то, чего мы не видим. А не видим мы большую часть того, что есть во Вселенной. Мы не видим темную материю, не видим темную энергию. Поэтому пока мы не знаем, почему разбегаются галактики, а тем более с ускорением. И мы не знаем, почему они собираются. А ведь темная материя как раз играет большую роль в формировании галактик и более крупных объектов во Вселенной. Мы этого не знаем, но работаем, ведем исследования в разных направлениях, а потому надеемся, что ситуация вскоре прояснится.

— **Что же это такое — темная материя, темная энергия?**

— Вселенная состоит примерно из 5% обычной материи. Это и мы с вами, и все звезды. Темной материи — в пять раз больше. Многие свойства ее мы знаем,

но об остальных и из чего она состоит, неведомо. И вот это мы пытаемся постичь.

— **Темная материя — это факт или воображение теоретиков?**

— Это экспериментальный факт, который очень надежно установлен. Темная материя существует. Например, ее впервые открыли, посмотрев, как движутся объекты, удаленные от галактик, где нет видимого вещества. Они двигались так, будто какая-то материя притягивала их к себе. Другой пример. Если где-то далеко есть яркий объект, то, когда он проходит мимо, скажем, галактики, получается как бы гравитационная линза: свет отклоняется в гравитационном поле, и по тому, как он отклонился, мы можем сказать, сколько вещества было в этой галактике. Оказывается, что вещества там в пять-десять раз больше, чем мы видим. То есть темная материя — материя, которая не видна, — существует. И вот эту материю мы пытаемся, в частности, произвести в земных условиях на Большом адронном коллайдере и увидеть. Если не напрямую, то как что-то убежавшее от нас. Мы это нечто не зарегистрировали, но тем

не менее можем сказать: «Что-то убежало». Это уже дает возможность определить массу и свойства таких частиц.

— **Грандиозность этих проблем и вынудила вас создать особую группу исследователей?**

— Термин «вынудила» неприемлем. Это добровольное единение заинтересованных людей.

— **Простите, но я раньше не слышал о создании подобных групп, обычно речь шла о научных школах.**

— Нашу группу можно назвать школой. Более того, мы даже так назывались долгое время, получали гранты президента как «Школа физики фундаментальных взаимодействий». И образовалась она давным-давно, когда мы начали участво-

вать в линейном электрон-позитронном коллайдере. Ведь ряд других экспериментов по поиску нарушений лептонного числа, по изучению свойств нейтрино. У нас очень широкий диапазон.

— **Все связано с микромиром, с элементарными частицами?**

— Да, это связано с микромиром. Там слишком много нерешенных проблем, и об этом можно судить хотя бы по тому, как расширяется наша группа. В нее уже входит много студентов, которые решили посвятить себя именно этой отрасли науки. Это прекрасно, потому что молодые гарантируют успешное будущее физики элементарных частиц.

— **Кто входит в вашу группу?**

— У нас очень много исследователей, уже получивших серьезные и очень важные результаты. Например, член-корреспондент РАН Павел Николаевич Пахлов, который внес большой вклад в понимание того, чем материя отличается от антиматерии. Или профессор РАН Роман Владимирович Мизюк, который развивает новую область науки — мы называем ее «химия адронов».

Ученые очень долго искали адроны, которые устроены более сложно — состоят не из кварка-антикварка, а, допустим, из кварка-антикварка и еще кварка-антикварка. Такие адроны были най-



Член-корреспондент РАН П.Н. Пахлов

вать в международном проекте ARGUS. Это был совместный эксперимент с Германией, США и Швейцарией.

— **Можно о нем подробнее?**

— Это эксперимент на электрон-позитронном коллайдере DORIS в Германии. Разные институты изготовили свои части аппаратуры, привезли их в то место, где происходит эксперимент, собрали, и мы провели исследования. Нам впервые удалось измерить две фундаментальные константы природы и еще одну — наиболее точно. Мы открыли целый ряд новых частиц. И вот эта богатая научная жизнь позволила создать группу, которая продолжала всем этим заниматься. Ее интересы расширялись, появлялись новые студенты. Мы стали заниматься исследованиями на Фабрике прелести в Японии, на Большом адронном коллайдере. Мы готовим эксперименты для будущих поколений, для работы на еще только проектируемом

коллайдере. Р.В. Мизюк был одним из лидеров в этих работах не только в нашей стране, но и в мире. Об этом лучше спросить у него самого. У него уже своя школа, в ней много студентов.

— **Почему вы так много говорите о студентах?**

— Не может существовать группа или научная школа, которая не занимается воспитанием новых поколений ученых. У нас очень много студентов, и после окончания вуза они продолжают работать в науке. И в нашей группе часть из них остается. Мы гордимся тем, что многие выпускники работают в России. Например, в этом году у нас было семь дипломников и все остались в стране. Другой пример: под моим руководством защитились 19 человек, и большинство из них работают в России.

— **А вы почему не уехали?**

— Вопрос не такой простой, как кажется. Было время, когда, скажем, зарплата, которую мне предлагали в других университетах, была на два

порядка больше, чем здесь. Более того, не только зарплата, но и возможность проводить исследования именно по своей тематике: предлагали и группы возглавить, и кафедры за рубежом. Но мне казалось, что нам обязательно нужно сохранять науку в России, так как от этого зависит будущее моей страны. Я знаю многих людей, которые покинули Россию и замечательно устроились, делают очень хорошие работы. Как правило, наши ученые вполне конкурентоспособны на Западе. Они занимают лидирующие позиции, становятся директорами лабораторий, групп. Хотя, конечно, бывают и исключения.

— **А как на вашей группе сказались санкции Запада?**



Профессор РАН Р.В. Мизюк

— Последнее развитие событий повлияло на ситуацию в стране, отразилось на международном сотрудничестве. Курс рубля упал практически в два раза, что, безусловно, сказывается на возможности и эффективности нашего сотрудничества. Но мы пытаемся и в такой ситуации находить приемлемые решения.

— **С кем вы сотрудничаете сегодня?**

— Мы поддерживаем рабочие отношения с очень большим количеством организаций, но основное — это ускорительные центры: CERN в Женеве, Организация по изучению высокоэнергетических ускорителей (KEK) в Японии, где работает Фабрика прелести. С американцами у нас есть небольшое сотрудничество. У них сейчас нет конкурентоспособных ускорителей.

Особых ограничений мы не чувствуем. Наши студенты тоже работают в разных местах. Например, студентка четвертого курса МИФИ Алия

Нигамова недавно вернулась из Германии. Она замечательно себя зарекомендовала, делала доклады для международной коллаборации. Была на стажировке в DESY, куда ее взяли, хотя обычно берут только студентов пятого, шестого курса. Но поскольку она такая талантливая, ее взяли раньше.

— **А вы как начинали?**

— Я окончил МГУ и работал в Дубне. Там две кафедры МГУ, заведующим моей кафедрой был академик Бруно Максимович Понтекорво. Он был моим научным руководителем. Я очень этим горжусь.

— **Как будет развиваться физика элементарных частиц — ведь вы вошли в совершенно новый неведомый мир?**

— Сейчас в физике изменилось очень многое. Мы завершили стандартную модель, и это громадное достижение. Другой теории, сравнимой с ней, нет в мире. Но, завершив эту модель, мы потеряли путеводную звезду. Дело в том, что теория была такая хорошая, поскольку она очень много предсказывала. Мы знали, что, построив БАК, обязательно что-нибудь увидим, — это мог быть бозон Хиггса, могло быть что-то еще. Было много различных вариантов теории, но бозон Хиггса был найден, то есть подтвердилась именно

стандартная модель. Сейчас такая путеводная звезда пропала, и существует много направлений, по которым можно двигаться, и много теорий, много моделей. Но они не могут еще предсказывать так хорошо, как стандартная модель, поэтому мы не знаем точно, в каком направлении что-то будет. Так что наша область становится и интереснее, и сложнее, и, я думаю, она принесет новые и очень любопытные результаты.

— **Можно провести один эксперимент?**

— Пожалуйста. На мне?

— **Да. Как известно, если две частицы, летящие со скоростью света, столкнут лоб в лоб, то в этой точке образуется новая Вселенная. Если бы у вас появилась такая возможность, вы провели бы такой эксперимент?**

— Вы говорите об ответственности физиков за результаты своих экспериментов. Когда, скажем, строился БАК, такие вопросы поднимались.

Было показано совершенно точно, что ничего произойти не может. А если черная дыра и образуется, то это будет замечательно, потому что мы очень много узнаем о том, как устроен наш мир, но она просто быстро испарится и ничего не произойдет. То есть никакой опасности для мира Большой адронный коллайдер не представлял, и мы это знали заранее. Конечно, вопросы безопасности возникают, и на них физики стараются дать исчерпывающий ответ. Кстати, эти проблемы важны не только в физике, но и, скажем, в биологии, где они стоят, наверное, даже более остро, чем в физике. То, чем мы занимаемся, не подвергает опасности наш мир.

Граница между «тем» и «нашим» мирами — где она?

Поиском ее занимается член-корреспондент РАН **Павел Николаевич Пахлов**. Он из той же группы экспериментаторов, которые плывут в океане элементарных частиц в «шлюпке Данилова» и пытаются выйти на новые рубежи познания микромира.

— Сейчас мы в ФИАН, а до этого были в ИТЭФ, — говорит Павел Николаевич. — Я тоже проработал там несколько десятилетий. А теперь перебрались сюда.

— Какой участок фронта в познании микромира вы покрываете?

— Мы продолжили работу, которую Михаил Владимирович начал в эксперименте ARGUS. Продолжили ее в японском эксперименте, просто там более точно можно было все сделать — за счет усовершенствования техники, детектора и ускорителя. На первом этапе было получено много новых данных, благодаря чему следующий эксперимент можно было поставить лучше. Новый проект начался в 1999 г., и вот на протяжении уже 17 лет там работаем. В следующем году будет запущен очередной, третий по счету эксперимент. Это выяснение того, почему материя и антиматерия немножко различаются.

— Плюс и минус соединяются, происходит взрыв — и все?

— Не совсем так. У них свойства распадов несколько разные. Есть два взаимодействия, которые их не различают и для которых это действительно так — просто поменяли плюс на минус. Но есть взаимодействие, которое было загадкой на протяжении десятилетий, и это слабое взаимодействие различает материю и антиматерию. Благодаря этому различию мы и существуем. Андрей Дмитриевич Сахаров в 1968 г. показал, что эта разница как раз и объясняет, почему наш мир существует, — ведь при Большом взрыве все должно было быть абсолютно симметричным.

На протяжении всей эволюции Вселенной — а это 14 млрд лет — осталась только материя. Осталась потому, что по-разному чувствуют себя кварки и антикварки.

— Опять кварки!

— Хорошее слово придумали физики. Придумал Марри Гелл-Манн в 1964 г., взяв его из творчества Джеймса Джойса. Взял просто как красивое слово.

— Физики уже не спорят с лириками, а пользуются ими?

— Это было романтическое время, когда физики придумывали очень красивые названия. А кварк — это то, из чего состоит протон и нейтрон. Оказалось, что протоны не элементарные, как электрон, а состоят из кварков. И отличаются набором этих кварков.

Мы очень много о них знаем. Цвет у них разный и аромат разный. Знаем хорошо, но не до конца. Я не уверен, что физика когда-нибудь разберется во всем до конца, но хочется знать еще больше. Поэтому изучаем, исследуем, работаем вместе с зарубежными коллегами.

Мы очень много знаем о кварках. Цвет у них разный и аромат разный. Знаем хорошо, но не до конца. Возможно, физика никогда не разберется во всем до конца, но хочется знать еще больше

— Но почему японцы?

— Это действительно удивительно. В Японии в конце 1980-х — начале 1990-х гг. не было таких масштабных экспериментов. Теоретики у них были большие. И они решили вкладывать деньги в науку. И очень успешно у них все получалось. Та же Фабрика прелести, о которой упоминал М.В. Данилов, оказалась удивительно успешным экспериментом.

— Где эта фабрика находится?

— Недалеко от Токио. Маленький научный город Цукуба, специально построенный. По примеру Академгородка в Новосибирске они создали научный центр, где около сотни научных институтов. Японцы стремятся развивать науку. Они понимают, и понимает весь мир, что фундаментальная наука, даже если она не дает мгновенных результатов, все равно очень быстро окупается, поскольку технологии, которыми пользуются исследователи, очень прогрессивны. Я думаю, что вся ускорительная физика уже давно окупилась. Да, ускорители создавались для исследований,

но потом использовались в медицине, в электронике, для получения биологических материалов, каких-то мембран, для очистки мусора и т.д. В Японии в каждой префектуре есть центр протонной терапии, где лечат от рака. И это один из самых эффективных способов лечения. Такие центры есть и в нашей стране, но их почему-то меньше...

— **Но все-таки главное — знания?**

— Безусловно. Ради этого мы наукой и занимаемся. К счастью, через науку проходит огромное количество студентов. Не все потом остаются в науке, и это, на мой взгляд, тоже нормально. Они знают, как можно приобретенные методы исследований потом применить в промышленности.

— **У вас, конечно, есть сотовый телефон? Как физика вас не удивляет, что в этой коробочке помещаются великие открытия XX в.?**

— Меня-то как раз нет. Меня удивляет, что это не удивляет 90% нашего населения. Надо понимать, что в этой коробочке уместятся как раз знания, которые были получены в начале прошлого века. Тогда родилась квантовая механика.

— **Как вы себя чувствуете в группе?**

Недавно открыли новый тип прелестных адронов, состоящих из двух кварков и двух антикварков. Можно сказать, что это начало нового направления — кварковой химии

— Мы очень дружны. Каждый занимается своей индивидуальной работой, но мы постоянно обсуждаем, что делаем. А иногда приходится работать всем вместе. Например, когда делали детектор для нового эксперимента — Фабрики суперпрелести, которая заработает уже в следующем году. В этой работе все участвовали очень активно и, на мой взгляд, довольно успешно.

— **Вы часто бываете в Японии?**

— Последнее время не очень. Но до этого бывал очень часто. Красивая страна, японцы очень дружелюбны. Все-таки надо понимать, что, например, нашу науку они начали развивать в конце 1980-х гг. и, несмотря на первую, не очень удачную установку, все было продолжено. В Фабрику прелести было вложено огромное количество сил. Я не говорю о деньгах, я говорю о людях. Они очень старались все сделать хорошо. Огромный коллектив строил этот эксперимент. Видно было, с каким энтузиазмом все работают, запускают установки, поддерживают друг друга, переживают из-за мелких неудач. Как можно не уважать и не любить такой народ?

О гарантиях успеха в будущем

Мне кажется, понятие «омоложение науки» придумано чиновниками специально, чтобы оправдать свое существование. Им невдомек, что наука живет по своим законам, где главные условия — талант и преданность делу.

К группе Данилова претензий по «проблеме омоложения» быть не может, так как ее просто не существует. Только в сочетании мудрости и опыта с энергией и энтузиазмом рождаются прорывы в науке. Примеров тому не счесть, и М.В. Данилов говорил об этом в нашей беседе. Он упоминал профессора РАН **Романа Владимировича Мизюка** и студентку четвертого курса МИФИ Алию Нигамову.

Два поколения в науке — среднее и молодое, именно от них во многом зависит судьба нашей науки. Сначала я поговорил с Р.В. Мизюком:

— **Как вы стали профессором РАН? Это ведь совсем новое понятие — что-то между доктором наук и членом-корреспондентом РАН.**

— Нужно было быть молодым доктором наук, иметь неплохие научные результаты, и тогда академики выбирают профессора РАН.

— **Сколько вам лет?**

— Мне 43 года. Основное направление моих исследований — поиск и изучение новых типов адронов, экзотических адронов. Выясняя, чем они отличаются от обычных адронов. В принципе, задач в нашей области много. Решаю одну задачу, а уже стоит следующая, потом третья. В нашей сфере это обычное явление. Работа распланирована на несколько лет. Это очень интересные задачи, потому что

полученные результаты будут влиять на наше видение мира, представление о нем.

— **А любимые объекты?**

— Глюоны. Они проявляются при сильных взаимодействиях. В целом мы знаем, какие они — глюоны, но до сих пор не умеем рассчитывать тот же протон...

— **Представим, что мы увеличили протон до гигантских размеров. Теперь мы можем увидеть, что в нем происходит?**

— Мы увидим, что он очень сложный. Гораздо сложнее, чем просто связанная система трех кварков. Там еще есть глюоны, а есть морские кварки, которые рождаются из глюонов и почти сразу же аннигилируют. Физика микромира вышла к пределам стандартной модели. Она начала исследовать другие, более тяжелые частицы, тот же бозон Хиггса. Но все же проблема описания протона осталась не до конца решенной. Мы не научились хорошо предсказывать свойства адронов, то есть связанных состояний кварков. Эта тема осталась чуть-чуть в стороне. Она, возможно, не ключевая, но исключительно интересная.

— **Как понять, что такое адрон и кварк?**

— Интересно, что у кварка дробный электрический заряд, и мы знаем, что в природе дробных зарядов нет. То есть кварки в природе отдельно не наблюдаются. Они только внутри адрона и очень сильно там связаны. И если мы пытаемся вытащить кварк из адрона, мы просто отрываем кусочек протона. При этом рождается новый адрон. А сам кварк вытащить невозможно.

— **А зачем его надо вырывать?**

— Мы пытаемся находить процессы, в которых рождаются адроны новых типов, экзотические адроны. Я уже говорил, что хорошо предсказывать свойства адронов мы не умеем. И необходимы новые объекты, на которых можно проверять



Студентка НИЯУ МИФИ А.А. Нигамова

предсказания теории. Недавно в эксперименте *Belle* мы вместе с новосибирскими физиками открыли новый тип прелестных адронов, состоящих из двух кварков и двух антикварков. Можно сказать, что это начало нового направления — кварковой химии.

— **А как обозначить конечную цель такой работы?**

— Понимание микромира. Возможно, когда-то возникнут прикладные задачи, например в энергетике.

— **Что вам дало звание «профессор РАН»?**

— Выборы прошли недавно. Пока еще трудно говорить, что будет дальше.

У самой юной представительницы группы Данилова **Алии Нигамовой** я спросил:

— **Вам интересно учиться и работать?**

— Очень!

— **А где вы учитесь?**

— Я студентка четвертого курса МИФИ. Учусь в Институте ядерной физики и технологий, работаю в группе Михаила Владимировича Данилова. Работа очень интересная, потому что мы получаем фундаментальные знания о нашей Вселенной.

— **Откуда у девушки такой интерес к микромиру?**

— Еще в школе я решила, что буду заниматься физикой и поступлю в МИФИ. В институте достаточно большой спектр всевозможных исследований. Я решила заниматься физикой элементарных частиц где-то в конце первого курса. Нас распределяли по группам, по направлениям. И меня взяли в эту группу. Я была счастлива.

Этим летом я была в Германии, в Гамбурге, на летней стажировке в *DESY*. Это программа для студентов со всего мира. Они ежегодно набирают для исследований порядка 80 студентов. Предлагают какой-то диапазон проектов и дают нам возможность работать в группах.

— **О чем мечтаете?**

— Хочется узнать как можно больше о нашем мире.

— **У вас есть ощущение, что вы попали в научную школу?**

— Конечно. Атмосфера потрясающая. Хо-

чется работать и работать, открыты все возможности. О чем еще можно мечтать? ■

Беседовал Владимир Губарев

СПРАВКА

Михаил Владимирович Данилов

- Доктор физико-математических наук, член-корреспондент Российской академии наук.
- Сфера научных интересов: физика элементарных частиц.
- Лауреат премий им. Макса Планка Общества Макса Планка и Фонда Гумбольдта, Германия (1996), премии им. А.П. Карпинского Фонда Тепфера, Германия (1998).

Новые законы

● —
распространения
света

Согласно классическим подходам оптики, меньше, чем 250 нм, оптики не существует. Однако, оказывается, это не совсем так

М

московский государственный университет им. М.В. Ломоносова — как известно, не просто учебное, но и научное учреждение, где занимаются фундаментальной и прикладной наукой, проводят уникальные эксперименты. Под руководством проректора МГУ **Андрея Анатольевича Федянина**, доктора физико-математических наук, профессора, ведутся исследования в области нелинейной нанофотоники — весьма сложной области современной физики, которая, если говорить простым языком, пытается приручить свет, использовать его свойства на благо цивилизации.

— **Андрей Анатольевич, что означает термин «нелинейная нанофотоника»?**

— Слово «фотоника» родилось лет 20 назад и только в последние годы вошло в активный обиход. Появились журналы, посвященные фотонике. В семействе журналов *Nature* есть *Nature Photonics*. В большинстве случаев фотоника — это прикладная оптика, связанная с управлением оптическими сигналами, импульсами в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах. А нанофотоника — это специальный раздел фотоники, рассматривающий взаимодействие света со структурами или веществами, в которых один или несколько пространственных масштабов подверглись наноструктурированию. То есть наблюдаются какие-то пространственные особенности с размером, лежащим в диапазоне нескольких нанометров.

— **Но разве понятия «нанометр» и «фотоника» не лежат в разных плоскостях?**

— Казалось бы, они противоположны. Нанометр — действительно оксюморон для фотоники. Если мы говорим про видимое излучение, то здесь характерен пространственный масштаб в 0,5 мкм, или 500 нм. Это сине-зеленая часть оптического спектра. Это означает, что характерные пространственные масштабы в оптике на самом деле не нанометровые, они крупнее. Поскольку характерный пространственный масштаб в электромагнетизме — длина волны, то в оптическом диапазоне, а тем более в ближнем инфракрасном, мы говорим про микрометры или максимум субмикрометры, то есть приставка «нано-» здесь отсутствует. Согласно классическим подходам оптики, меньше, чем 250 нм, оптики не существует. Однако, оказывается, это не совсем так. С развитием методов нанолитографии, электронно-лучевой литографии, литографии сфокусированного ионного пучка, фотолитографии с высоким разрешением стало возможно изготавливать наноструктуры, в которых есть периодическое изменение материала, плотности или каких-то других физических параметров с пространственным разрешением в единицы нанометров. И тут появилась новая область оптики — ближнепольная оптика, когда мы начинаем рассматривать, как устроен свет в масштабах меньше, чем длина волны. И вдруг выясняем, что в этой области электромагнитное излучение перестает быть привычным для нас поперечным, а уже имеет и продольный компонент.

— **Иначе говоря, свет на масштабах меньше, чем длина волны, начинает проявлять новые свойства?**

— Да, свойства, которых в «обычном» мире не существует. Поэтому, когда мы переходим к ближним оптическим полям, «нано-» начинает играть вполне осмысленную роль. С другой стороны, когда мы говорим про излучатель, например квантовую точку или, может быть, наночастицу алмаза, они могут быть нанометрового размера и работать как очень хороший источник электромагнитных излучений. Поэтому наноструктурирование

вещества — это осмысленный повод создавать объекты, в которых появляются новые свойства: излучательные или, скажем, свойства по управлению электромагнитным излучением, отличные от объемных свойств. Нанопотоника — это раздел фотоники, который изучает взаимодействие света, его генерацию, распространение, излучение, поглощение в наноструктурированных материалах, в которых благодаря искусственному наноструктурированию появляются свойства, отличные от свойств объема.

— **Такие наноструктурированные вещества уже созданы?**

— Да, например, фотонные кристаллы. Это прозрачные искусственные материалы, чаще всего

— **Почему такое происходит?**

— Скорость распространения света становится аномально маленькой, потому что плотность состояния становится аномально большой и, как следствие, увеличивается время взаимодействия света с веществом. Это явление экспериментально обнаруживается в фотонных кристаллах. То есть речь идет о том, что законы распространения света благодаря наноструктурированию могут очень сильно меняться.

— **Это чисто экспериментальные вещи или они находят какое-то применение?**

— Все начиналось с чистого эксперимента. Более того, примеры фотонных кристаллов известны уже лет 30, только оптики их называли брэгговскими зеркалами и лишь

где-то в 90-х гг. прошлого века, когда стали доступны методы двумерного и трехмерного наноструктурирования, такого рода искусственные объекты получили название фотонных кристаллов. На первом этапе это были лабораторные образцы, в которых ученые исследовали новые, ранее недоступные оптические явления. А потом стало понятно, что есть и практические применения для таких объектов. Например, сейчас есть фотонно-кристаллические волокна, которые управляют распространением света заданного спектрального диапазона, есть



В лаборатории нанооптики и метаматериалов

сделанные из диэлектриков или полупроводников в полосе прозрачности, которые представляют собой периодические среды с пространственной модуляцией не ниже, чем половина длины волны. В этом случае в специальном спектральном диапазоне распространение света становится подавленным. Это приводит к тому, что свет определенной длины волны или определенного спектрального диапазона перестает распространяться внутри фотонного кристалла. Иными словами, если свет падает на такой объект, то он полностью отражается от этого объекта. То есть вещество становится черным, непрозрачным для электромагнитного излучения заданного диапазона. У нас появляется дырка в спектре фотонных состояний, и это явление называется «фотонная запрещенная зона». Для оптиков такого рода искусственный объект чрезвычайно интересен, потому что в нем появляются новые свойства, новые законы распространения света. Пример: медленный свет, когда он как будто вмораживается внутрь вещества.

оптические микроэлементы типа переключателей и даже транзисторы с использованием фотонных кристаллов.

— **Оптики знают, что явление магнетизма в оптическом диапазоне отсутствует. Слышала, что и здесь вы попытались что-то изменить?**

— С точки зрения феноменологических констант магнитная проницаемость вещества в оптическом диапазоне строго равна единице. Мы привыкли с этим жить. Однако согласитесь, грех было бы не использовать методы наноструктурирования, чтобы попытаться создать вещества, в которых магнитная проницаемость (физики обозначают ее буквой «мю») была бы отлична от единицы. Понятно, что мы физически не можем создать новое вещество, но можем создать эффективную среду, при распространении через которую свет «думал» бы, что он распространяется через вещество с мю, отличным от единицы, и это давало бы новую физику.

— **Зачем вы хотите это сделать?**

— Это означает расширение круга материалов, с которыми мы, физики, можем работать.

Это дополнительный способ управлять распространением света, создавать вещества с искусственными материальными константами. Самый интересный класс таких веществ — это вещества с отрицательным показателем преломления. Вообще-то показатель преломления должен быть положительным, то есть всегда больше единицы. Если он равен единице, то это показатель преломления вакуума. Но человек не хочет с этим мириться, он хочет создать что-то иное. И такой человек есть. Это Виктор Георгиевич Веселаго, наш соотечественник, который в 1960-е гг. рассмотрел простую, но абсолютно нереализуемую в те времена задачу: что будет с уравнением Максвелла, или с законами распространения света, если диэлектрическая и магнитная проницаемости (эпсилон и мю) у вещества будут отрицательными. Понятно, что в природе таких веществ не существуют. Бывают вещества, у которых эпсилон отрицательный. Это металлы в оптическом диапазоне, но мю при этом опять положительное. Бывают вещества, у которых мю отрицательное, например ферриты в микроволновой области, но эпсилон будет положительным. Однако не существует в природе веществ, у которых и то и другое отрицательное. Его работа вышла в 1968 г. в журнале «Успехи физики». Это теоретическая методическая работа, которая рассматривала законы распространения света в том случае, если оба этих фундаментальных показателя распространения света будут ниже нуля. А это означало, что и показатель преломления становится отрицательным.

— И что, по его мнению, должно произойти?

— Законы распространения света становятся совсем другими. Вещество начинает распространяться при прохождении через границу раздела совсем в другом направлении. Появляются новые феномены, когда можно сфокусировать излучение, используя не линзу, а плоскопараллельную пластину вещества с отрицательным показателем преломления. Таким образом, открывается огромная область новых оптических явлений, которые до этого невозможно было наблюдать. При этом они укладываются в стандартную теорию электромагнетизма Максвелла, это просто аккуратное рассмотрение теории с расширением параметров в области отрицательных показателей преломления. Но в 1968 г. это казалось фантастикой.

— А сейчас?

— В 2000-х гг. появились работы иностранных авторов на ту же тему. Позже первенство советских ученых в этом вопросе было доказано. Стало понятно, что методы наноструктурирования позволяют создавать вещества, в которых одновременно реализуются эффективные диэлектрический и магнитный виды проницаемости. Такие материалы стали

называться оптическими метаматериалами, что в переводе с греческого означает «как бы материалы».

— Выходит, вы занимаетесь метафизикой?

— Нет, мы занимаемся физикой метаматериалов. Но, тем не менее, здесь действительно возникла абсолютно новая проблематика. Все эти вещества сделаны из твердого тела, то есть это наука материалов, а с другой стороны, она работает прежде всего в оптике, ведь именно методами наноструктурирования, нанофотоники можно исследовать эти новые феномены. Появилось большое количество ученых, которые стали исследовать явления в оптических метаматериалах. Одной из таких групп были мы, начав свои исследования в 2007 г. Поэтому наша лаборатория называется лабораторией нанооптики и метаматериалов.

Можно создать шапку-невидимку, которая будет работать в довольно узком спектральном диапазоне. Но это будет не та шапка-невидимка, какую мы себе представляем

— Эти материалы уже существуют?

— Да. Они созданы методами высокоразрешающей литографии, например электронной литографии или литографии с фокусированным ионным пучком. Конечно, жизнь оказалась более разнообразной, чем это писалось у теоретиков. Есть оптические потери, и все эти явления ведут себя совсем по-другому, чем ожидалось. С другой стороны, все феномены, связанные с эффективным отрицательным показателем преломления, — это так называемые резонансные явления, то есть они реализуются в узком спектральном диапазоне. Красивое проявление метаматериалов с отрицательным показателем преломления — шапка-невидимка или плащ-невидимка.

— У вас они есть?

— Нет. Создать их невозможно.

— Ну вот...

— Объясню почему. Идея очень простая. Если мы можем управлять показателем преломления, то давайте создадим вещество, в котором есть некое заданное пространственное распределение показателя преломления таким образом, чтобы свет полностью огибал это вещество. Условно говоря, возьмем вещество из оптического метаматериала, поставим его на стол, и тогда то, что мы положим в это вещество, например кофейную чашку, будет невидимым. В теории так и будет. В жизни же выясняется, что все современные метаматериалы узкополосные.

То есть они работают на строго определенной длине волны. Например, можно создать шапку-невидимку, которая будет работать в довольно узком спектральном диапазоне — например, в лазерном. Но это будет не та шапка-невидимка, какую мы себе представляем. Тем не менее практические применения существуют даже у таких веществ.

— Какие, например?

— Если у вас есть зондирующее лазерное излучение нужного диапазона, то вы можете сделать так, чтобы данное вещество было невидимым. Это может быть нужно, например, в медицинских целях, когда перед вами некое препятствие для света. Скажем, проводится хирургическая операция, и вам нужно, чтобы свет это препятствие обошел. Может быть, лазерный радар, который будет огибать препятствие и передавать информацию о нем.

— Иначе говоря, цели применения таких узкополосных шапок-невидимок — медицина, военная промышленность, следящие и разведывательные приборы...

— Да, и еще охранные, телекоммуникационные задачи, передача оптических сигналов по заданной траектории... Методы применения метаматериалов чрезвычайно широки и интересны. Как только наноструктурирование стало доступно широкому кругу лабораторий, стало понятно, что и экспериментальные исследования в этой области начали расти. Тем не менее подавляющее большинство подходов, которые работают с такого рода веществами, оперируют с наноструктурированием металла. Связано это с тем, что металл в оптическом диапазоне имеет отрицательную диэлектрическую проницаемость, то есть по крайней мере один из показателей уже отрицательный. Однако металлы хорошо поглощают электромагнитное излучение. Поэтому в последние два-три года стало понятно, что есть определенный идейный тупик с дальнейшим использованием металлов и металлических наноструктур для создания метаматериалов — прежде всего из-за ограничения по оптическим потерям, по поглощению.

Тогда и появилась идея: почему бы из диэлектриков с высоким показателем преломления, например из кремния, не попытаться создать элементы, которые будут эффективно обладать отрицательной магнитной проницаемостью? Это так называемые магнитодипольные резонансы в частицах, и хотя явление было открыто довольно давно, раньше оно не использовалось. Первая работа была опубликована лишь в 2012 г. Она продемонстрировала, что в наночастицах кремния в полосе прозрачности размером несколько сотен нанометров возможно наблюдение магнитодипольных резонансов, что эквивалентно появлению эффективного отрицательного μ . Даже появился новый термин — «магнитный свет».

— Это явление существует в природе?

— Нет, это искусственно созданная наночастица кремния, в которой появляются новые оптические резонансы, ведущие себя с точки зрения света как резонансы с отрицательным μ . Так появились диэлектрические метаповерхности — это именно то, чем мы занимаемся в последние два-три года, пытаясь создавать вещества с новыми эффективными полями.

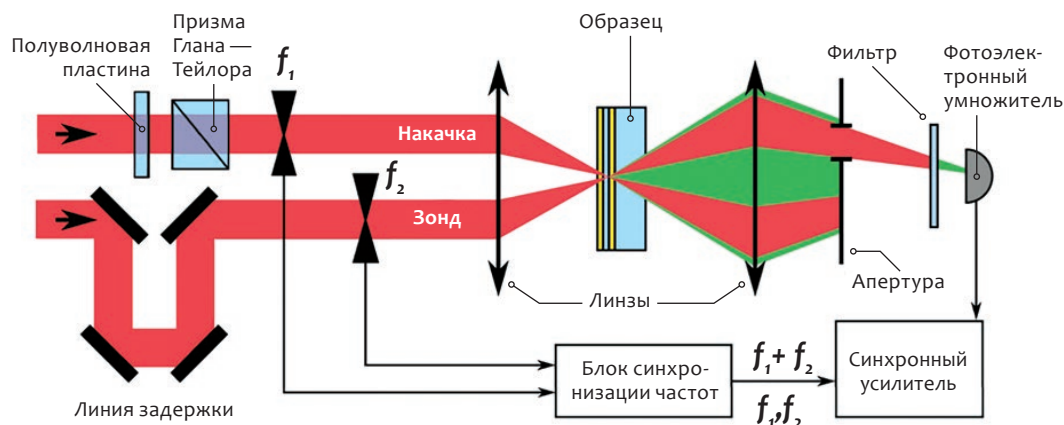
— Почему вы называете их нелинейными?

— Здесь я должен отдать дань уважения советским ученым, и в частности школе нелинейной оптики МГУ, у основания которой стояли Сергей Александрович Ахманов и Рем Викторович Хохлов.

— На улице имени которого мы сейчас находимся.

— Абсолютно верно, наша лаборатория расположена на улице Академика Хохлова, одного из основателей школы нелинейной оптики в Советском Союзе. Скажу несколько слов про этот класс явлений. Если мы рассматриваем взаимодействие света с веществом, то на нашем бытовом уровне мы находимся в пределах так называемой линейной оптики. Отсюда все законы распространения света, в том числе закон сохранения частоты электромагнитного света. Однако в том случае, если вы рассматриваете довольно мощное лазерное

Схема установки для эксперимента по методике «зонд — накачка» с двухчастотной модуляцией f_1, f_2



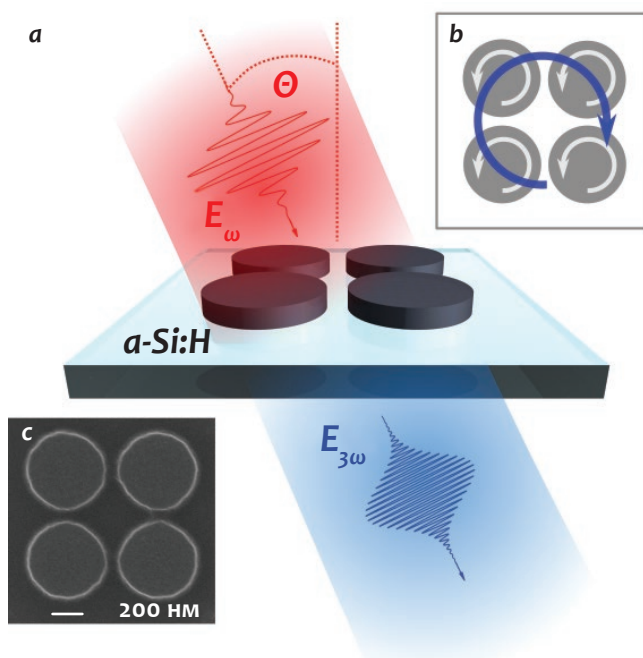
излучение, связь поляризации вещества и напряженности лазерного излучения перестает быть линейной функцией. Появляется нелинейная добавка. И вот эта малая нелинейная добавка, носящая название «нелинейная восприимчивость», и приводит к появлению целого класса новых оптических явлений, которые называются нелинейно-оптическими. Экспериментально это обнаружено в нашей стране Р.В. Хохловым и С.А. Ахмановым, в США основополагающие работы принадлежат Николасу Бломбергену, когда с развитием лазеров стало возможным наблюдать новые классы оптических явлений. Одним из таких интереснейших явлений нелинейной оптики стало изменение частоты, когда лазерное излучение инфракрасного диапазона, проходя через свет, начинает удваивать свою частоту и вы начинаете видеть зеленое излучение. Или, скажем, утраивать — тогда вы видите синее излучение. Изменение частоты падающего лазерного излучения — это крайне интересное явление нелинейной оптики, которое нашло применение в окружающем мире. Например, широко применимые зеленые указки в массе своей — на самом деле инфракрасные источники.

— **Какие открытия принесло изучение этих явлений?**

— Нас интересуют нанофотонные объекты, метаматериалы и метаповерхности, в которых есть пространственное наноструктурирование с новыми свойствами. Это крайне интересная для нас область физики, потому что здесь появляются феномены, которые до этого не были обнаружены, а также большой спектр будущих практических применений. Можно говорить, например, о возможности создания нелинейных оптических переключателей, которые имели бы характерные размеры существенно меньше, чем те, которые есть сейчас. Или, например, энергопотребление меньшее, чем нынешнее, или скорость реакции существенно меньшую, чем сейчас.

— **Насколько меньшая?**

— Сейчас для нас характерный временной масштаб — это секунда. Мы прекрасно знаем, что такое микросекунда, миллисекунда, даже наносекунда, потому что это те времена, которые легко достижимы, например, в наших компьютерах. Когда мы говорим про гигагерцевую частоту, это означает, что там есть процессы с длительностью порядка наносекунды, потому что обратная наносекунда — это как раз гигагерц. А вот если мы хотим исследовать времена короче, чем наносекунда, то в твердом теле это сделать довольно тяжело. Поэтому про терагерцы применительно к тактовой частоте процессоров мы уже не говорим. Это связано с тем, что, когда мы переходим от наносекунд к пикосекундам, а дальше к фемтосекундам (это 10^{-15} секунды), здесь единственным инструментом, который позволяет исследовать вещество, становится оптика.



Возбуждение резонансов Ми в кремниевом метаматериале

— **Лазер?**

— Да, лазер, потому что три фемтосекунды — это некий временной масштаб лазерного излучения. И это оказывается существенно короче, чем то, что сейчас достижимо в твердом теле. Быстродействие современных компьютеров и, соответственно, транзисторов ограничивается естественными причинами, связанными с невозможностью приложить очень короткий электрический импульс. А в оптике это возможно. Существуют явления, когда вы можете создать импульс электрического поля благодаря взаимодействию света с веществом.

— **А нельзя ли создать оптический компьютер?**

— Можно. Именно к этому я и подвожу. Если говорить про будущие приложения фотоники, то, конечно, одна из первых и самых интересных задач — создание принципиально новых чипов, которые были бы аналогичны электронным микросхемам, но в качестве источника информации, управляющего элемента в них был бы не электрон, как мы привыкли в наших транзисторах, а фотон.

— **Насколько я понимаю, главное преимущество такого компьютера будущего — феноменальное быстродействие?**

— Да. Оптические аналоги микросхем в смысле быстродействия имеют огромное преимущество, потому что дают возможность говорить о предельно коротких временах срабатывания — на уровне сотен фемтосекунд или даже десятков фемтосекунд. Это означает, что гипотетически возможно



Проректор МГУ профессор А.А. Федянин

получить частоту работы оптической микросхемы, уходящей в области терагерц. Это кажется фантастикой, но это реальное будущее, над которым мы работаем.

— Все мы знаем, что окружающие нас со всех сторон электромагнитные поля могут негативно воздействовать на организм человека. А что в случае с фотонным компьютером?

— Лазерное излучение видимого диапазона очень быстро поглощается кожными покровами, поэтому говорить о каких-то негативных воздействиях света или лазерного излучения на человека не приходится. Энергия фотона видимого диапазона недостаточна для того, чтобы разорвать межмолекулярные связи. Здесь она противоположна рентгеновскому фотону, или гамма-кванту. Энергия такого кванта достаточно велика, чтобы, будучи поглощенной молекулой, разорвать внутримолекулярные связи. Соответственно, могут появиться какие-то канцерогены — оборванные связи, естественно, вредны для организма. Вот в чем объяснение вредности рентгеновского излучения. В оптике ситуация обратная. Поэтому если будут созданы оптические компьютеры, то они будут не только сверхбыстрыми, но и совершенно безопасными.

— Но недаром же Господь сказал: «Да будет свет!»

— Наверное, так, но пока, к сожалению, идея оптических компьютеров не реализована. И связано это прежде всего с тем, что электрон можно очень хорошо локализовать в пространстве, поскольку длина его волны существенно меньше, чем оптическая. Электрон — это все-таки горошинка, корпускула. А фотон мы воспринимаем как электромагнитную волну, и в экспериментах она ведет себя как

поток фотонов, квазичастиц. Поэтому локализовать свет ровно на таких же масштабах, как в электронике, пока не удается. А следовательно, чип для фотонов сейчас имеет пространственные масштабы много большие, чем обычная микросхема.

— Тем не менее такие чипы удалось создать?

— Существуют микроэлементы, которые, например, реализуют свойства транзистора. К сожалению, сейчас размеры такого транзистора для фотонов — это либо микрометры, либо субмикрометры, но еще отнюдь не нанометры. Поэтому оптический компьютер — пока мечта. Тем не менее использование света, потока фотонов как квантов информации в информационных технологиях — задача ближайшего будущего. Напомню, что на больших расстояниях мы уже давно передаем информацию не электронами, а фотонами: по оптоволокну передается прежде всего оптическая информация,

никто не использует для этого телеграфные провода. Электроны на больших расстояниях уже полностью вытеснены фотонами. Сейчас проблема лишь в последней миле — как сделать так, чтобы уже внутри квартиры, на вашем столе, внутри системного блока компьютера был не поток электронов, а поток фотонов. Эта задача будет активно решаться.

— Насколько я понимаю, это мировой тренд. Какова здесь роль нашей страны?

— Мы традиционно очень сильны фундаментально. Недаром наши советские ученые А.М. Прохоров и Н.Г. Басов получили Нобелевскую премию за изобретение лазера. Школа лазерной физики в нашей стране очень мощная, до сих пор этот приоритет существует. В области нелинейной оптики мы тоже мировые лидеры. Так что наша страна и конкретно МГУ здесь встроены в мировую систему научных коммуникаций. В конце сентября я поеду в Минск, где будет проходить очередная Международная конференция по когерентной и нелинейной оптике (ICONO). Проходит эта конференция уже 40 лет, только раньше называлась КиНО. На нее приезжают ученые со всего мира, чтобы обменяться последними результатами исследований в области лазерной физики и использования лазерного излучения для тех или иных приложений. Поэтому мы смотрим в будущее с большим оптимизмом. Кстати, наш глаз — как известно, тоже оптический прибор, биологический фотонный компьютер, который мы носим внутри себя, поэтому в каком-то смысле наша задача — попытка научиться у природы тому, что уже давным-давно существует. ■

Беседовала Наталья Лескова



ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

Научная Россия



АНТРОПОЛОГИЯ

По следам денисовского человека

Более 20 археологических культурных слоев Денисовой пещеры хранят древнейшую историю Северной Азии — от раннего палеолита до Средневековья



Директор Института археологии и этнографии
СО РАН М.В. Шуньков



Место раскопок в Денисовой пещере

Мы ехали долго, оставляя позади сотни километров: важный археологический объект находится вдалеке от крупных населенных пунктов и хороших дорог. Последняя часть пути вообще шла по горному серпантину. Но какими бы уставшими мы ни были к концу путешествия, наградой нам стала невероятная красота Алтая — гор, бурлящих рек и огромного неба. И, конечно, воздух, вобравший в себя запах кедровых орехов, смолы и меда.

Мы преодолели эти расстояния, чтобы своими глазами увидеть уникальный артефакт — самую древнюю костяную иглу, которую недавно нашли в Денисовой пещере ученые из Института археологии и этнографии Сибирского отделения РАН, и расспросить о ней директора института доктора исторических наук **Михаила Васильевича Шунькова**.

Конечно, разговор не ограничился обсуждением важной находки — люди, живущие в этих краях, мыслят иными категориями, они не боятся ставить глобальные вопросы и кропотливо, год за годом, искать на них ответы.

— **Михаил Васильевич, поводом для нашего приезда стала самая древняя игла, о которой сейчас все говорят.**

— Найденная игла — самое древнее и самое крупное изделие подобного рода, известное в мировой археологии на сегодня. Эта находка говорит о том, что культура древних обитателей Денисовой пещеры находилась на достаточно высоком уровне развития и не уступала ни в чем культуре *Homo sapiens*.

— **А когда была обнаружена Денисова пещера? И почему именно она стала предметом археологических исследований?**

— Как археологический объект эта пещера была открыта в 1977 г., когда академик Алексей Павлович Окладников направил сюда небольшой отряд. Конечно, и до этого пещера была известна. Ее даже описал художник Н.К. Рерих, когда с женой и сыном путешествовал в 1926 г. по Алтаю.

Но и другие экспедиции конца XIX — начала XX вв. посещали эту пещеру. В основном здесь работали ученые из Томского университета. После образования первого сибирского университета Алтай начали активно исследовать географы



Мост через реку Ануй



Главный «офис»



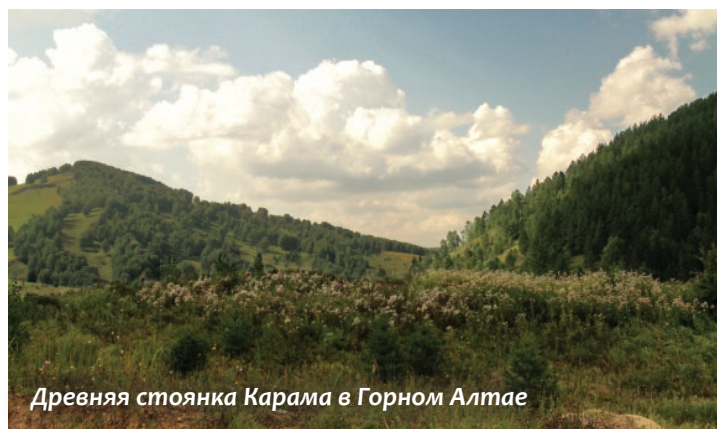
Археолог М.Б. Козликин



«Ноздри» Денисовой пещеры



Вход в пещеру



Древняя стоянка Карамы в Горном Алтае



Грунт уникальной ценности

и геологи — В.В. Сапожников, ректор Томского университета, братья Б.В. и М.В. Троновы. Они изучали Алтай комплексно, в том числе и пещеры. То есть она в науке была известна давно. Надо отметить, пещеры — один из самых сложных археологических объектов. Для того чтобы в них проводить исследования, нужен особый подход.

В 1977 г. А.П. Окладников, первый директор нашего института, организовал сюда небольшую экспедицию во главе с палеонтологом Н.Д. Оводовым. Это один из старейших сотрудников нашего института. Он сейчас жив, здоров и плодотворно работает. Николай Дмитриевич заложил два шурфа. И одним шурфом прошел в центре пещеры все отложения. Выяснилось, что пещера содержит много культурных напластований первобытного человека различных эпох. Стало понятно, что открыт новый, очень интересный объект. Но не сразу стало понятно, что это всерьез, надолго и требует большой организационной работы.

— Не люблю этого слова, но, наверное, иначе их не назовешь. Эти находки связаны с переходом от эпохи среднего палеолита, эпохи неандертальцев, к верхнему палеолиту, который традиционно ассоциируется с человеком современного анатомического облика — *Homo sapiens*.

В Денисовой пещере раскопки ведутся уже больше 25 лет. И всегда самый большой интерес привлекали находки из средней части пещерного разреза. В нашей номенклатуре это стратиграфический слой 11. Это слой, который характеризует новый этап в истории человечества — начало верхнего палеолита. К нему всегда было особое внимание археологов, потому что это смена культур. С культурой начальной стадии верхнего палеолита связано становление человека современного физического облика. Всегда считалось, что неандерталец был носителем культуры мустье (среднего палеолита). Затем пришел *Homo sapiens*, принес новую культуру верхнего палеолита. И с этого вре-



Найденная игла — самое древнее и самое крупное изделие подобного рода, известное в мировой археологии на сегодня

— То есть постоянные раскопки начались не сразу?

— Плановые раскопки начались в 1982 г. Сначала под руководством академика В.И. Молодина была вскрыта верхняя часть пещерных отложений, голоценовая толща, то есть те культурные слои, которые не старше 10 тыс. лет. Это область интересов Вячеслава Ивановича — Средневековье, ранний железный век, эпоха бронзы и неолит. После этого начались раскопки нижележащих горизонтов, которые уже древнее 10 тыс. лет. И они продолжаются до сих пор. Основное внимание у нас сосредоточено на древнейшем этапе человеческой истории — эпохе палеолита. Раскопки показали, что хронологический период, который мы изучаем в пещере, — от 280 тыс. до 10 тыс. лет.

— Вы говорили, что вокруг есть еще и другие пещеры. Почему раскопки сосредоточены именно здесь?

— Денисова пещера — уникальный объект в отечественной археологии, второго такого в России и вообще на территории всего постсоветского пространства нет. Здесь собраны культуры в интервале от ранней стадии среднего палеолита до Средневековья. Очень важно, что на одном памятнике, в одном геологическом разрезе мы можем проследить эволюцию культур, переход от одной стадии к другой.

— С каким периодом связаны находки, которые все называют сенсационными?

мени началась история человека современного физического облика. Человек начал не только изготавливать орудия из камня, но и широко использовать кость. Появились погребения, первобытное искусство, наскальная живопись и т.д.

— Кстати, в Денисовой пещере есть наскальная живопись?

— К сожалению, нет. На территории России известны только две пещеры на Южном Урале — Капова и Игнатьевская, где обнаружена живописная деятельность первобытного человека. Европейцы традиционно считали, что центр древнейшей «цивилизации» — юго-западная Франция и север Испании, потому что там обнаружена наскальная живопись, а это высшее творческое и интеллектуальное достижение первобытного человека.

У нас на Алтае палеолитической наскальной живописи не обнаружено, но культура начала верхнего палеолита, запечатленная прежде всего в каменных орудиях, достаточно наглядно представлена не только в Денисовой пещере, но и в памятниках открытого типа, которые найдены в окрестностях Денисовой пещеры, в долине реки Ануй. Кроме пещеры мы здесь исследуем еще и другие объекты, менее известные, но не менее значимые для нас. Там были найдены наборы каменных орудий, которые по своему облику очень близки к каменным орудиям, характерным для памятников Западной Европы начала верхнего палеолита. Это так называемая ориньякская культура

в Европе. Ориньякоидные формы орудий были обнаружены и здесь, на Алтае. Возникла интересная проблема — корреляция наших сибирских, алтайских материалов и западноевропейских, а также палеолитических изделий из Передней Азии и с Ближнего Востока. Очень много аналогий и параллелей и в каменных орудиях, и в различных украшениях.

— **Ученые по-прежнему считают, что *Homo sapiens* появился в Африке, а потом стал заселять Европу?**

— *Homo sapiens* пришел в Европу из Африки, где он сформировался около 200 тыс. лет назад. В хронологическом интервале 80–60 тыс. лет назад он проник на Ближний Восток, потом стал заселять Европу. Принес с собой новую культуру. Но не было точно установлено место, где зародилась эта культура. Были проведены определенные параллели с Передней Азией, с Загросом, на территории Ирака и Ирана. Там в пещерах были найдены наиболее древние орудия ориньякского типа. Но потом в ходе наших исследований выяснилось, что находки начальной стадии верхнего палеолита из Денисовой пещеры по возрасту не уступают европейским, а могут быть и древнее европейских...

И тут возникла интрига: культурные проявления, которые мы зафиксировали на Алтае, датированы возрастом около 50 тыс. лет. Это почти на 10 тыс. лет древнее, чем в Западной Европе. Действительно, у нас своеобразная культура, продвинутая в технологическом и когнитивном плане. Найдены различные украшения из зубов животных, из скорлупы яиц страуса. Этот материал импортировался к нам из Монголии или с Забайкалья. Это тоже характерная черта поведения человека современного физического облика.

Мы и представить себе не могли, что находки последних лет настолько изменят всю эту картину.

В 2008 г. мы обнаружили в Денисовой пещере фалангу пальца девочки. Теперь она широко известна, даже знаменита. Научный руководитель нашего института академик Анатолий Пантелеевич Деревянко отправил эту фалангу известному палеогенетику профессору Сванте Паабо в Институт эволюционной антропологии Макса Планка в Лейпциге. И был получен очень интересный результат. Во-первых, выяснилось, что антропологические остатки из Денисовой пещеры обладают

Культурные проявления, которые мы зафиксировали на Алтае, датированы возрастом около 50 тыс. лет, что почти на 10 тыс. лет древнее, чем в Западной Европе

исключительно хорошей сохранностью в палеогенетическом плане. Во-вторых, секвенированный геном из этого образца показал, что он принадлежит не неандертальцу и не *Homo sapiens*, а совершенно новой древней популяции, ранее науке неизвестной.

— **Это было потрясение?**

— Конечно, потрясение, даже шок. Мы могли предположить что угодно, но только не то, что у нас на Алтае обитал какой-то особый вид гоминина. Или подвид — это особый вопрос. Пусть его решают антропологи, мы внимательно их слушаем и сделаем свои выводы. Но то, что это совершенно новая, неизвестная науке древняя популяция, — это стало очевидно. И тогда многие вещи встали на свои места. Как археологи мы видели, что по своим проявлениям эта культура должна принадлежать *Homo sapiens*.

— **Вы имеете в виду какие-то конкретные находки?**

— Мы тогда нашли браслет из хлоритолита. Это редкий камень, причем не местный. Установлено его местонахождение — Рудный Алтай, 250 км к западу от Денисовой пещеры. Камень не просто красивый, в зависимости от освещения он меняет свою окраску. Это явно эксклюзивное изделие, которое принадлежало человеку с определенным статусом в обществе.

Трасологическое изучение показало, что украшение было составным, в нем было сделано отверстие. Мы предположили, что на кожаном ремешке к нему крепилось колечко. Через два года наша гипотеза подтвердилась — мы нашли марморное кольцо. Но самое главное — технические приемы, которые применялись при изготовлении



Браслет из редкого камня хлоритолита — самое древнее украшение, обнаруженное археологами

этих предметов. За основу бралась галька и шлифовалась. Ей придавалась плоская форма. Затем посередине высверливалось отверстие. Затем оно инструментом типа рашпиля расширялось. И образовывался предмет в форме кольца или браслета. Затем он полировался и т.д.

В комплексе все эти приемы, применяемые древним человеком, известны науке с конца эпохи верхнего палеолита — не старше 20 тыс. лет. А массовое их применение — это уже эпоха неолита, после 8 тыс. лет. Браслет и кольцо обнаружены в слое, который древнее 40 тыс. лет. Сейчас он датирован между 40 и 50 тыс. лет. Сначала мы думали, что это дело рук *Homo sapiens*, который уже обладал достаточно сложными технологиями.

Кроме того, были найдены костяные иглы с ушком. А в этом году мы обнаружили иглу длиной около 8 см. Аналога ей нет. По своим размерам она в два раза превосходит подобные изделия, известные не только у нас, но и на других памятниках начала верхнего палеолита. Дело ведь не в том, что мы нашли самую большую по размеру иглу, а в применении продвинутой технологии. Повторю: этот человек не уступал в своих навыках *Homo sapiens* — вот что важно.

— Но при этом он не был *Homo sapiens*?

— Оказалось, это совершенно новая популяция, которую с легкой руки А.П. Деревянко называли *Homo sapiens altaiensis* (человек разумный алтайский). Или по месту обнаружения — денисовский человек, денисовец. Так же как неандерталец получил свое название по долине Неандерталь. Название достаточно прочно утвердилось и в научной литературе, и в популярной, и в массмедиа. Сейчас мы уже точно знаем, что денисовский человек обитал в пещере достаточно продолжительное время.

Мы можем абсолютно уверенно говорить, что культура человека верхнего палеолита не была привнесена на юг Сибири из Африки, Европы или с других территорий. Она сформировалась на местной основе. В чем важность единого разреза — под слоем 11 с остатками раннего верхнего палеолита, где были найдены браслет, костяные иглы, различные украшения, ориньякоидные каменные орудия, залегает толща культурных слоев эпохи среднего палеолита. И мы традиционно считали, что они должны принадлежать неандертальцам.

Но сейчас мы точно знаем, что носителем этой среднепалеолитической культуры был денисовец. Еще в 80-е гг. прошлого века в Денисовой пещере был обнаружен зуб из нижнего культурного слоя 22 ранней стадии среднего палеолита. Антропологи, которые с ним работали, в том числе и наш



Найденная фаланга пальца девочки позволила ученым получить полный геном денисовца

выдающийся ученый Валерий Павлович Алексеев, детально изучили этот зуб, но не могли однозначно определить, кому он принадлежал. У него сочетались морфологические черты и *Homo sapiens*, и неандертальца. Как теперь показал палеогенетический анализ, этот зуб принадлежит денисовцу. А у денисовца очень интересная морфология. Несмотря на продвинутую культуру, в плане физической антропологии его останки достаточно архаичны и имеют общие черты как с неандертальцами, так и даже с более древними формами.

Мы можем говорить, что здесь, на Алтае, в Денисовой пещере на протяжении многих десятков тысяч лет, начиная с эпохи среднего палеолита, как минимум 280 тыс. лет шли эволюция денисовцев и постепенное становление культуры верхнего палеолита. То есть можно утверждать, что Алтай — один из центров формирования культуры человека современного физического облика.

— А откуда взялись общие черты с неандертальцами?

— Палеогенетический анализ показал, что денисовцы тесно контактировали с неандертальцами. Сегодня на Алтае и в Денисовой пещере, и в пещере Окладникова, которая находится в 100 км севернее, и в пещере Чагырской, которая находится в 200 км на северо-запад от Денисовой пещеры, обнаружены останки неандертальцев этого же периода. Это самый восточный район обитания неандертальцев. Палеогенетический анализ показал, что денисовцы и неандертальцы вступали в близкие отношения, происходил обмен генным материалом, так называемый инбридинг. Конечно, генеральная роль в формировании человека современного физического облика принадлежит



Вид из Денисовой пещеры на долину реки Ануй

африканскому *Homo sapiens*. Но сейчас точно известно, что евразийское современное население в своем геноме имеет от 2 до 4% генома неандертальцев, а современные жители Южного полушария — коренное население Австралии, островов Меланезии и Филиппин — несут 3–6% генома денисовцев, то есть и неандерталец, и денисовец внесли свой вклад в формирование человека современного физического облика. И многие ученые говорят, что, если бы не было этого инбридинга, современное человечество обладало бы менее сильным иммунитетом, чем сейчас.

— **То есть произошел естественный отбор?**

— В эволюции человека это сыграло определенную роль. История неандертальцев здесь тоже очень интересна. Если культурные, генетические и биологические корни денисовцев имеют автохтонную основу, то неандертальцы на Алтае были пришельцами. Скорее всего, они пришли сюда приблизительно 60–50 тыс. лет назад. До этого восточной границей распространения неандертальцев была Средняя Азия, территория современного Узбекистана. Об этом свидетельствует, в частности, знаменитая находка конца 1930-х гг. молодого тогда еще исследователя А.П. Окладникова — остатки скелета подростка в пещере Тешик-Таш.

Когда *Homo sapiens* осваивал территорию Евразии и продвигался с Ближнего Востока, возможно, он вытеснил неандертальцев с территории западной части Центральной Азии. И они мигрировали в восточном направлении на Алтай. Здесь они встретились с местным населением — денисовцами.

— **А кто нашел эту иглу?**

— Мне часто задают этот вопрос. Я вам так скажу: было бы неправильно и несправедливо выделять конкретного человека. Мы знаем, кто ее нашел, — это замечательный специалист. Но на участке раскопа, где была сделана эта беспрецедентная находка, работали два наших молодых научных сотрудника, две очаровательные девушки. Одна из них и нашла эту иглу. И хвалить одного в ущерб другому — неблагодарное дело. У нас работает большая команда, и это результат нашего общего труда.

Сейчас точно известно, что и неандерталец, и денисовец внесли свой вклад в формирование человека современного физического облика

— **Теперь подробнее про саму иглу, пожалуйста.**

— Во-первых, она демонстрирует достаточно высокие технологические навыки денисовцев, носителей этой культуры. Во-вторых, она свидетельствует о навыках шитья одежды и изготовления обуви. Она сделана, скорее всего, из кости крупной птицы, размера лебедя, а может быть, из так называемой грифельной косточки

конечности копытных. Это покажут дальнейшие лабораторные исследования находки. Подобные иглы с ушком были найдены и в Денисовой пещере, и на других памятниках Европы. Но такого размера, около 8 см, костяная игла обнаружена впервые. Сейчас можно сказать, что это, видимо, древнейшее подобное изделие, известное на сегодня в археологии.

Она была найдена в отложениях возрастом около 50 тыс. лет в полной целости и сохранности. Это очень важно, поскольку свидетельствует не только о совершенстве приемов ее изготовления, но также о достаточно высоком уровне технологии раскопок, которые мы ведем в Денисовой пещере и на других алтайских памятниках. То есть современная методика наших раскопок гарантирует максимальную сохранность древних артефактов.

В лабораториях нашего института мы проведем комплексное изучение иглы и других находок. Извлечем максимум возможной информации. В конце полевого сезона к нам в экспедицию приезжал Томас Хайем, руководитель лаборатории радиоуглеродного датирования Оксфордского университета. Он взял образцы для определения более точного возраста этой находки.

— Каков путь найденного артефакта от пещеры до лаборатории?

— Любая находка обязательно проходит тщательный комплексный анализ. Все артефакты и костные останки, обнаруженные в культурном слое пещеры, сначала фиксируются на месте, фотографируются, описываются, наносятся на план. Затем весь вскрытый грунт поступает на берег реки, где промывается. Потом промытый субстрат нужно просушить, просеять по фракциям, перебрать мелкую фракцию, извлечь из нее микроматериал. Потом весь материал отправляется для первичного определения на стол к специалистам. Многие образцы специально пакуются для дальнейшей лабораторной обработки. Мы их посылаем во многие институты РАН и ведущие зарубежные центры. При этом расположение любой новой находки в пещере может быть скоррелировано с находками прошлых лет. Для этого у нас есть 3D-модель пещеры, которую сделали сотрудники Института истории естествознания РАН под руководством известного космонавта и писателя Ю.М. Батурина.

— Вам, очевидно, приходится сотрудничать с большим количеством специалистов из самых разных областей знания.

— Конечно, мы стараемся привлекать самых разных специалистов и, что важно, всегда находим отклик с их стороны. С археологами работают Институт ядерной физики, Институт геофизики, Институт геологии, Институт цитологии и генетики — это ведущие институты Сибирского отделения РАН. Не хочу говорить банальные слова, но действительно только междисциплинарный подход дает серьезные научные результаты.

— Так было всегда?

Чем больше мы работаем в Денисовой пещере, тем больше встает перед нами новых задач. Их нужно решать на качественно новом научном уровне

— Мы так работаем с того момента, как директором нашего института стал А.П. Деревянко. Он перестроил не только наш институт, но и вообще всю гуманитарную науку в Сибири. Да и не только в Сибири... У нас все исследования проходят при активном участии геологов, палеонтологов, генетиков, антропологов и т.д. Это визитная карточка нашего института и наших исследований везде, где бы мы их ни проводили: в Сибири, на Дальнем Востоке, в Центральной Азии, на Северном Кавказе, во Вьетнаме, на Балканах. Почему у нас такой



Остатки древних каменных орудий, найденные в отложениях



М.В. Шуньков рассказывает о последних находках в Денисовой пещере

большой территориальный охват? Потому что нам необходим как можно более широкий взгляд на интересующие нас проблемы.

— **А с кем именно вы сотрудничаете?**

— Благодаря широким связям и авторитету А.П. Деревянко наш институт привлекает обширный круг специалистов самой высокой квалификации. У нас прекрасная научная кооперация с антропологами из Института археологии РАН и из Института антропологии при Московском государственном университете, которым руководит А.П. Бужилова.

Очень большой блок наших работ составляют естественно-научные исследования. С нами работает большая группа специалистов — палеоботаников, которые занимаются изучением древней растительности, палеозоологов, изучающих древних животных.

С нами сотрудничают профессора МГУ А.К. Агаджанян, крупнейший специалист по мелким млекопитающим, и Н.С. Болиховская, один из лучших в стране палеоботаников. Благодаря этим исследованиям сейчас для окрестностей Денисовой пещеры получена картина развития растительности, климата, животного мира за последние 300 тыс. лет. Это одна из наиболее подробных палеогеографических реконструкций, которая известна не только в России и на постсоветском пространстве, но и в мире.

Мы очень активно работаем со специалистами по радиоуглеродному датированию из Оксфордского университета. Это одна из лучших лабораторий в мире. Этим летом к нам приезжали коллеги из Австралии, в том числе ведущие специалисты по оптико-люминесцентному методу датирования. Широко известны результаты нашего сотрудничества с палеогенетиками Института эволюционной

антропологии общества Макса Планка, возглавляемого профессором Сванте Паабо.

— **Вы теперь директор Института археологии и этнографии СО РАН. Какие задачи считаете главными?**

— Я только год назад сменил на этом посту А.П. Деревянко. Анатолий Пантелеевич — научный руководитель нашего института, вдохновитель и организатор всех наших научных побед. У нас замечательная преемственность, талантливые молодые сотрудники. У нас отличная смена. Говорю об этом с удовольствием. Чем больше мы работаем в Денисовой пещере и на других археологических объектах, чем больше результатов получаем, тем больше встает перед нами новых задач. Их нужно решать на качественно новом научном уровне. Наша

молодежь на это способна. Поэтому у нашего института, наших исследований есть будущее.

— **Вы ждете еще каких-то важных находок в Денисовой пещере?**

— Ждем. При секвенировании генома денисовца наши коллеги палеогенетики установили наличие в нем до 17% генома пока не известного науке архаичного гоминина. Не исключено, что он вскоре будет обнаружен. Это очень интересная, я бы сказал, интригующая задача, которая поставлена и перед антропологами, и перед археологами. Задача нынешнего дня. В этом направлении сейчас и идет работа. ■

Беседовала Ольга Беленицкая

СПРАВКА

Михаил Васильевич Шуньков

- Директор Института археологии и этнографии СО РАН, доктор исторических наук.
- Родился в Иркутске.
- Окончил исторический факультет Иркутского государственного университета (1976), аспирантуру Ленинградского отделения Института археологии АН СССР (1983).
- Научные интересы: первоначальное заселение человеком Северной Евразии, палеогеография плейстоцена, палеоэкология человека, взаимодействие первобытной культуры и окружающей природной среды.
- Начальник Алтайского палеолитического отряда (с 1989 г. по настоящее время), руководитель комплексных исследований самых древних (Карамы) и наиболее информативных (Денисова пещера, Усть-Каракол и др.) палеолитических памятников Сибири.
- Руководитель Научно-исследовательского стационара «Денисова пещера» ИАЭТ СО РАН.

Цикл телепрограмм

ИДЕИ, МЕНЯЮЩИЕ МИР



Автор и ведущая —
Эвелина Закамская

РОССИЯ 24

**очевидное
невероятное**



Н^Р ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ
Научная Россия



Дирк Хельбинг:
как выжить
в информационной
лавине

Виктор Матвеев:
увидеть миг
рождения материи



Джон Перкинс:
исповедь
раскаявшегося шпиона

Майкл Газзанига:
автор концепции
«криминального мозга»

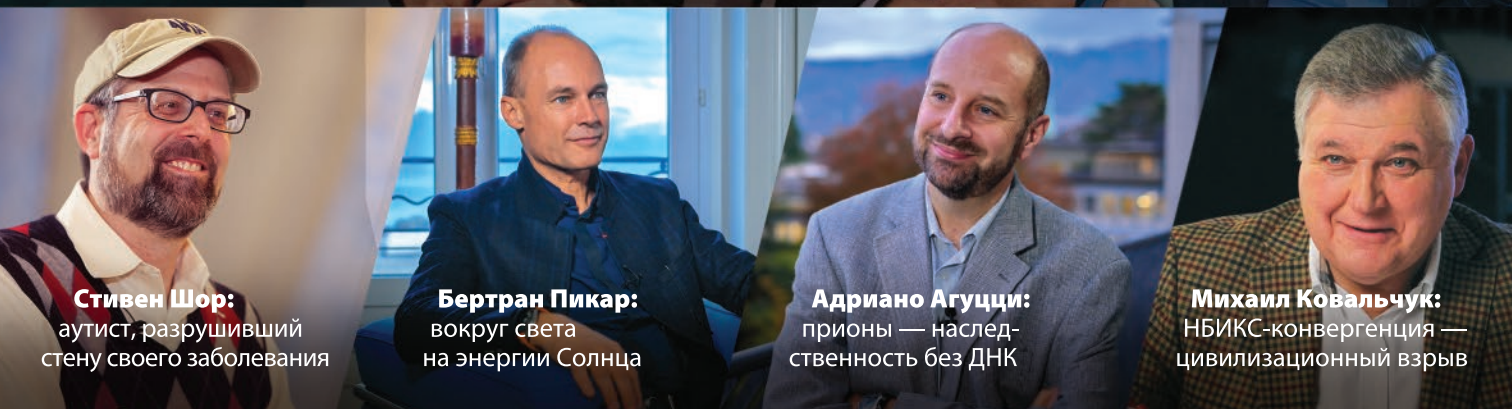


Джин Шарп:
человек,
взорвавший мир

Ноам Хомский:
интеллектуал
Западного полушария

Дэвид Гросс:
физика — это приключение

Рольф-Дитер Хойер:
человек, объявивший
о «поимке» бозона Хиггса



Стивен Шор:
аутист, разрушивший
стену своего заболевания

Бертран Пикар:
вокруг света
на энергии Солнца

Адриано Агуцци:
прионы — наслед-
ственность без ДНК

Михаил Ковальчук:
НБИКС-конвергенция —
цивилизационный взрыв



РУССКИЙ ЭДЕМ





БОТАНИКА

Никитский ботанический сад наряду с Ласточкиным гнездом и Алупкиным дворцом — одно из семи главных чудес Крыма, его визитная карточка. Сад не просто огромен и прекрасен — это федеральный научный центр РАН. Большими буквами здесь начертан девиз: «Через науку — в жизнь». Здесь ведутся уникальные фундаментальные научные исследования, имеющие огромное прикладное значение, трудятся замечательные энтузиасты. А еще здесь обращаешь внимание на лица людей. Все — от сотрудников до посетителей — улыбаются. Говорят, цветы — это остатки рая на земле. Неудивительно, что, находясь в земном раю, люди чувствуют себя счастливыми. О научной работе и о том, зачем нужны такие сады, наш разговор с директором ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН» доктором сельскохозяйственных наук, заслуженным работником науки и техники Республики Крым, начальником управления РАН по взаимодействию с научными организациями Крымского федерального округа **Юрием Владимировичем Плугатарем**.

Только факты

- С первых дней существования Никитский ботанический сад способствовал ускоренному развитию сельскохозяйственного производства юга России на основе интродукции, акклиматизации, селекции и широкого распространения плодовых, цветочных, декоративных, эфиромасличных, лекарственных и других полезных растений.
- Никитский сад — родоначальник таких отраслей народного хозяйства России, как виноградарство, эфиромасличное растениеводство, табаководство, южное декоративное садоводство, южное и субтропическое плодоводство. На базе сада основаны Институт винограда и вина «Магарач», Институт эфиромасличных и лекарственных растений, опытные станции овощебахчевых и лекарственных растений, табаководства. Никитское училище садоводства стало самостоятельным техникумом (ныне — Крымский агропромышленный колледж).
- В его копилке свыше 1150 наград, 70 из них получены на международных выставках, включая дореволюционные (376 медалей разного достоинства, из которых 63 — зарубежные).
- Никитский ботанический сад — крупнейшее в России хранилище видового и сортового разнообразия южных плодовых культур.
- Всемирную известность принес саду его уникальный арборетум (дендрарий). На площади более 40 га сосредоточены коллекции древесных растений мировой флоры. В парках арборетума представлено свыше 2 тыс. видов деревьев и кустарников. Никитский ботанический сад — памятник садово-паркового искусства, живой музей и зеленая сокровищница под открытым небом.
- В богатейшем банке растительной плазмы хранят материал более 11 тыс. видов сортов персика, граната, абрикоса, алычи, хурмы, яблони, айвы, инжира.
- В саду работают более 500 человек (вместе с отделениями — 850 человек), в том числе 22 доктора наук и 70 кандидатов наук, научные сотрудники и мастера садово-паркового хозяйства. Здесь сформировались известные научные школы в области интродукции и селекции южных плодовых, декоративных и эфиромасличных культур, биотехнологии и биохимии растений, сельскохозяйственной акарологии, экологии многолетнего растениеводства, фитоценологии, альгологии. Работают аспирантура и докторантура, специализированный ученый совет по защите докторских и кандидатских диссертаций, совет молодых ученых.
- Только за последние два года интродукция в Никитском ботаническом саду почти в 20 раз превысила результаты последних десятилетий.
- В 2016 г. осуществлено вхождение НБС-ННЦ в Федеральное агентство научных организаций и Российскую академию наук.

— **История появления Никитского ботанического сада во многом уникальна, ведь он основан в 1812 г., в самый разгар войны с Францией.**

— Знакомство с нашим великим научным учреждением надо начинать с музея, который мы открыли для широкой публики два года назад. Прошло 205 лет с тех пор, как 10 июня 1811 г. император Александр I подписал указ о создании в Крыму «Казенного императорского экономо-ботанического сада». Август 1812 г. — Бородинская битва, Москва в пожаре, а в Крыму в это время высаживают первые деревья Никитского ботанического сада...

Изначально Никитский сад создавался именно как «экономо-ботанический», то есть главная его цель — поднятие сельского хозяйства Крыма

Крымская коллекция гербария обладает огромной научной ценностью. На ее основании был составлен определитель высших крымских растений, в нем около 2,4 тыс. видов. Это очень много для такого маленького уголка суши

и юга России. Все лучшее, что было на тот момент в мире, предстояло собрать и разместить здесь, на склонах поселка Никита, чтобы впоследствии уже самим создавать новые, свои сорта.

Воплощал эти гениальные замыслы в жизнь Христиан Христианович Стевен, первый директор и, по сути, основатель сада. Ему удалось быстро решить все земельные вопросы и привлечь в коллекцию около 500 видов растений. Уже через три года саженцы из Никитского сада почтой рассылали по всей Российской империи. И это в то время, когда на Южном берегу Крыма даже не было дорог: от Алушты до Ялты вилась лишь выучная тропа.

Будучи талантливым менеджером, Стевен видел себя прежде всего ботаником. Он активно изучал крымскую флору, описал около 100 новых для науки видов. Ботаника и сегодня — одно из основных направлений работы нашего ботанического сада. Большую ценность представляет собранный в саду гербарий — около 169 тыс. листов.

Крымская коллекция гербария обладает огромной научной ценностью, это азбука для специалистов по нашей флоре. На основании крымского гербария была

сделана монументальная сводка «Флора Крыма», составлен определитель высших крымских растений, в нем около 2,4 тыс. видов. Это очень много для такого маленького уголка суши. Секрет подобного разнообразия — наши уникальные природные условия. В настоящее время около 10% наших растений считаются эндемичными.

— **Вторым директором Никитского сада стал выдающийся ботаник Николай фон Гартвис, человек настолько скромный, что нигде в мире не сохранилась его фотография.**

— Николай Андреевич Гартвис, отставной капитан артиллерии, любитель-садовод — личность совершенно уникальная. Он занимал эту должность рекордные в истории сада 33 года и сделал исключительно много. Гартвис впервые в стране начал заниматься селекцией декоративных растений, а также плодовыми культурами и виноградом. Интересен факт, что роза «Графиня Воронцова», выведенная им в 1828 г., была названа в честь жившей неподалеку придворной красавицы, которой посвящал свои стихи Александр Сергеевич Пушкин. Это первый отечественный сорт, настоящий шедевр, который и сегодня хранится в нашей коллекции. За годы его руководства была удвоена до 600 сортов коллекция винограда и организована

Магарачская школа виноделия с погребным хозяйством «Магарач». В своем же имении Николай Андреевич делал вина столь высокого качества, что получил серебряную медаль на первой выставке сельских произведений в Таврической губернии в 1846 г. А его супруга там же была отмечена за то, что научила местное население изготавливать оливковое



Листовая камера для измерения интенсивности видимого фотосинтеза листа растения



— В последнее время немало говорится об импортозамещении.

— Очень живая тема, ведь у нас есть все коллекции, которые несут в себе лучшие качества и свойства, необходимые россиянам. Они выращены здесь, на крымской земле, в них нет вредных красителей и консервантов, которыми часто покрывают импортные фрукты и овощи, чтобы они дольше сохраняли товарный вид.

Сейчас мы занимаемся селекцией новых сортов персиков, которые смогут плодоносить почти два месяца. Создаем «долгоиграющие» сорта абрикосов, слив, черешни, других фруктов. (Кстати, алыча и нектарин были выведены именно у нас, а «отец» нектарина доктор биологических наук Е.П. Шоферистов уже 60 лет трудится в саду, в этом году ему исполнится 80 лет!). Первая черешня вызревает у нас в мае, самые поздние сорта — в октябре. Таким образом, мы можем снабжать всю страну свежими плодами почти круглый год. Этим активно занимаются наши селекционеры.

Еще одно направление работы — орехоплодные культуры. Очень важной для нас культурой стал миндаль, который здесь впервые был введен в промышленную эксплуатацию. Были созданы позднотцветущие сорта для сохранения миндаля от заморозков, и это очень перспективное направление. Дело в том, что у нас в стране нет достаточного количества орехоплодных. Те же орехи мы в основном закупаем, а это очень дорого. Сад же может

поставлять качественные и дешевые орехоплодные в любых количествах. Орех крайне полезен для человеческого организма, он содержит целый ряд жизненно важных компонентов, которые делают его основой лечебного питания при многих заболеваниях.

— Никитский сад славится своим производством маслины. Как все начиналось?

— В 1976 г. в Европе были сильные заморозки, которые привели к гибели масличных культур. Крым, по сути, спас отрасль. Именно тогда появилась наша, крымская селекция маслины, наиболее морозоустойчивая и выносливая к различным природным условиям. Отсюда пошли наши сорта, которые в Европе успешно работают. К сожалению, для себя мы выращивали маслину очень мало. Но сейчас ситуация меняется. Мы начинаем развивать эту отрасль, чтобы повысить востребованность культуры в нашей стране. Весь южный берег должен утопать в маслинах.

— Геронтологи считают, что оливковое масло — это основа долголетия, советуют употреблять его как можно чаще. Но оно очень дорогое, потому что импортное.

— Именно! У нас же есть свои прекрасные сорта и технологии. Наше масло не хуже, а по многим показателям лучше импортного. И оно значительно дешевле. Маслину мы готовим уже больше 100 лет, технология отработана. Наше масло имеет неповторимый вкус. К тому же медики рекомендуют

Селекционеры сада активно работают над программами, связанными с импортозамещением, коллекции его плодовых культур обладают лучшими качествами и свойствами, необходимыми для рациона россиян



употреблять в пищу именно те продукты, что производятся в регионе проживания человека. Их польза многократно выше.

— **Слышала, что вы чуть ли не всей стране раздаете не только семена различных культур, но и рекомендации, как их правильно выращивать.**

— Это так. Развитие сельского хозяйства, плодородства, виноградарства должно происходить на научной основе. У нас очень большая пестрота почвенных условий, и поэтому только наука может сказать, что можно вырастить на конкретном участке, а что нельзя. Мы научились получать урожай практически в любых условиях и можем научить этому других. Наука готова сопровождать весь этот процесс до получения результата.

— **О чем больше всего болит голова у директора сада? Каков ваш приоритет?**

— Самое главное — вывести на мировой уровень нашу науку. Исследования, которые проводятся у нас, очень глубокие, выстроенные на крепкой методологической основе. И если последние два десятилетия мы не получали нового оборудования, то после того как сад выиграл грант, ситуация кардинально поменялась. Благодаря поддержке Российского научного фонда мы получили достойное финансирование для проведения фундаментальных исследований, закупки нового оборудования, оснащения лабораторий. И результаты не заставили себя ждать: мы восстанавливаем связь науки и производства. В наших планах — посадка до миллиона саженцев в год. Современнейшая биотехнологическая лаборатория «Биотрон», аналогов которой нет в России, призвана решать научно-прикладные задачи по размножению видов и сортов уже начиная с этого года. Мы сумеем обеспечить наших коллег уникальными сортами, которые знают в Европе и с которыми мы неоднократно одерживали победу на различных выставках. Наши сорта действительно лучше. И те, кто попробовал нашу маслину, европейскую уже не захотят.

— **Наслышаны о вашем сотрудничестве с Международным детским центром «Артек». В чем его суть?**

— В этом году мы подписали соглашение о сотрудничестве между МДЦ «Артек» и Национальным научным центром РАН «Никитский ботанический



Датчик для измерения роста плода дуба (желудя)

сад». Теперь совместно организуем образовательные программы в области биологии, а также реализуем проекты по развитию экологической культуры детей и молодежи. Проводятся обучающие и научно-практические семинары, организовываются ботанические экскурсии и интерактивные программы в различных локациях сада, включая заповедник «Мыс Мартьян». Появились и совместные проекты НБС-ННЦ, «Артека» и МГУ, в частности по созданию «Школы садовников» и формированию учебных программ для экологов.

Считаю очень символичной акцию, которую мы устроили в день подписания соглашения с «Артеком»: ребята высадили на территории научного центра уникальные пальмовые деревья. Это очень важно: ведь не только люди выращивают растения, но и растения способствуют взрослению людей, они делают нас чище, мудрее и добрее. «Жизнь — это поэма, где каждый пишет свою строку». Всем нам стоит задуматься о том, какую строку напомним мы.

— **Тема, которую невозможно не затронуть, — розы Никитского сада, о них ходят легенды.**

— История нашего розария не имеет аналогов, ведь селекция садовых роз в Российской империи впервые началась именно у нас, в Никитском ботаническом саду. В нашей коллекции более тысячи сортов.

Мы и сегодня не стоим на месте, целенаправленно идем к своей мечте — созданию нового «Сада розы». В рамках гранта Российского научного фонда наш будущий великолепный розарий уже спроектирован. Уверен, аналогов ему не будет ни в России, ни за рубежом. Мы хотим показать в своем новом «Саду розы» историю селекционных работ над этой культурой, планируем представить более

двух тысяч сортов розы. Надеемся, что откроем свои двери посетителям в этот сад уже через год-другой. Главное отличие новых сортов роз от старых в их способности к цветению: если раньше они распускали бутоны один, максимум два раза в год, теперь наши селекционеры «научили» их делать это с марта до декабря, по пять-шесть раз! В настоящее время они заняты разведением самых модных роз в сезоне — на вид своими нежно-розовыми лепестками они должны напоминать «Графиню Воронцову», а по стойкости не уступать самым «железным» представительницам XXI в.

Наши ученые, все сотрудники НБС-ННЦ заслуживают глубочайшей благодарности, ведь именно они создают эту необыкновенную красоту.

К туристическому сезону 2016 г. мы разработали новый маршрут — экскурсию по пяти основным площадкам выставочного розария, где представлены 165 лучших сортов роз коллекции НБС-ННЦ, в том числе 35 сортов селекции ученых Никитского сада. 14 из них в 2014 г. были внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ. Эти сорта создавались у нас в конце XX — начале XXI в. и представлены отдельной экспозицией, которую мы назвали «Розовый вальс» (так назвала в свое время один из сортов созданной ею розы З.К. Клименко, наш легендарный ученый-селекционер).

— Вы так увлеченно рассказываете о саде, что производите впечатление абсолютно счастливого человека.

— Так и есть, я счастлив, что могу здесь трудиться. то же самое могут сказать о себе практически все сотрудники. Есть такая закономерность: сад словно привораживает, не умеет отпускать от себя настоящих специалистов. У нас работают уникальные люди. Нам удалось сохранить самое главное — ученых, мастеров, наши кадры, прекрасную научную школу. А с вхождением в Российскую академию наук перед нами открылись совершенно блестящие перспективы.

Напоследок замечу: говоря про сад, упоминая о нем устно или письменно, мы всегда подразумеваем заглавную букву в начале этого слова. Этой традиции не одно десятилетие, и говорит она о многом.

Вера Константиновна Зыкова, кандидат биологических наук, научный сотрудник музея Никитского ботанического сада:

— Есть в истории сада совершенно особые, трагические и героические одновременно страницы. Думаю, они еще ждут своего сценариста, потому что столь яркого и стойкого служения науке в пределах одного научного учреждения еще поискать! Приведу лишь один пример. В годы Великой Отечественной войны Крым оккупировали фашисты. Удивительно, но сад они не тронули,

понимая его ценность и рассчитывая, что он будет работать на них, а потому даже выдали охранную грамоту.

При отступлении немцы увезли с собой бесценный гербарий, генофонд, который ученые собирали с 1914 г. Когда Крым был освобожден, тогдашнему директору Никитского ботанического сада Анатолию Софроновичу Коверге присвоили звание полковника, дали «Виллис», прикрепили двух автоматчиков — и он ринулся в Европу на поиски сокровища. В 1945 г., когда война еще не закончилась, он добрался до Германии. На каком-то полустанке под Берлином он все же нашел бесценный гербарий и вернул его в сад. И подобных историй, когда наши сотрудники, рискуя жизнью, спасали растения от гибели и полного истребления, множество. А гербарий — все 169 тыс. его листов — по-прежнему остается одним из богатейших в Европе. Это действительно мировое достояние.

Зинаида Константиновна Клименко, главный научный сотрудник лаборатории цветводства Никитского ботанического сада, доктор биологических наук, профессор:

— Вся моя жизнь прошла в Никитском ботаническом саду. Родители, ученики И.В. Мичурина, выпускники Тимирязевской академии, — настоящие фанаты своего дела. С раннего детства я помогала маме ухаживать за растениями, и цветы для меня были вместо кукол. Я с ними играла и разговаривала.

Посвятила себя розам, много лет занимаюсь селекцией новых сортов. На каждый новый сорт уходят годы, иногда и десятилетие.

Главная задача, которую мы ставим при селекции новых сортов, — создание роз, устойчивых к иммунным заболеваниям, с длительным ремонтантным цветением. Для этого мы используем межсортную и отдаленную гибридизацию, а также клонную селекцию и метод экспериментального мутагенеза — химического и радиационного. В его разработке нам помогло сотрудничество с Российским научным центром «Курчатовский институт». При радиационном мутагенезе используются гамма-лучи цезия-137 в различных дозировках, что приводит к значительному сокращению сроков создания сортов, устойчивых к засухе и различным грибковым болезням.

Иногда меня спрашивают, зачем людям нужны розы. Ими нельзя питаться, из них не сделаешь ни лекарства, ни топлива. Бесплезная, в общем-то, вещь. Ответ прост: цветы нужны для красоты. Это не менее важно, чем нефть или продукты питания.

Олег Антонович Ильницкий, заведующий лабораторией фитомониторинга, доктор биологических наук, профессор:





— Мы работаем с разнообразной научной аппаратурой, которая помогает нам проследить за жизнедеятельностью растений. У нас установлена автоматическая метеостанция, которая делает измерения каждые десять минут. С ее помощью мы получаем данные по количеству осадков, направлению и скорости ветра, его максимальных порывам, температуре воздуха, влажности, а также солнечному сиянию. Наши метеостанции позволяют задать любой интервал измерения.

Кроме того, мы располагаем высокоточным фитомонитором фотосинтеза растений. Работают темновая и световая камеры. Первая измеряет фотодыхание растения при отсутствии освещения. Вторая — реальную ассимиляцию, то есть величину фотосинтеза, или количество углекислого газа, потребляемого растением, и, соответственно, выделяемого им кислорода. Таким образом мы узнаем продуктивность растения на данный момент.

В настоящее время Крым переживает множество засух, происходит аридизация климата на его южном берегу. Поэтому такие исследования очень актуальны.

Наша аппаратура — самая современная в мире. Она дает возможность увидеть портреты, характеристики каждого вида, сорта растения. В ней заложено 20 различных параметров — как в медицинской карте, где записаны нормальный вес, рост, пульс, давление человека, все перенесенные им заболевания.

Ирина Вячеславовна Митрофанова, доктор биологических наук, заведующая отделом биологии развития растений, биотехнологий и биобезопасности:

— На протяжении многих лет мы исследуем растения на предмет выявления у них патогенов, вызывающих болезни. У нас есть лаборатории, оснащенные по последнему слову науки и техники, — например, лаборатория «Биотрон», созданная под культуру тканей растений. Здесь мы устраиваем условия, аналогичные природным, и добавляем регуляторы роста, разного рода макро-, микроэлементы, витамины, обеспечивая рост растений.

У нас есть уникальный генобанк растений, в котором более 1,3 тыс. сортов и видов растений, эксплантов различных культур. Мы его постоянно расширяем. Наша цель — разработать систему от маленького экспланта до полноценного растения, ведь мы создаем системы регенерации, восстановления растения, которые обеспечивают ему нормальную жизнедеятельность.

Одна из основных проблем России — качество плодовых культур. Сажены практически все больны. Диагностировать их сразу невозможно. Для того чтобы заболевание проявилось, требуется несколько лет. Мы способны не только провести экспресс-диагностику в лабораторных условиях, но и предложить оздоровленный и омоложенный посадочный материал. Можем производить его в больших количествах, обеспечивая всю страну.

У нас идет очень продуктивная работа по ряду направлений. Например, более 14 сортов роз, находящихся на грани исчезновения, оздоровлены. А ведь это не только красота — это еще и эфирное масло, ценность которого очень высока. В свое вре-

В годы Великой Отечественной войны, когда немцы оккупировали Крым, ботанический сад они не тронули, понимая его ценность и рассчитывая, что он будет работать на них. Но при отступлении они увезли с собой бесценный гербарий, генофонд, который ученые собирали с 1914 г.

мя в НИИ им. И.М. Сеченова занимались проблемой лечения и профилактики легочных заболеваний путем впрыскивания различных эфиромасличных культур. Эффект был потрясающим.

Организация наших научных лабораторий стала возможна благодаря гранту Российского научного фонда. Это был крупный конкурс, на который было подано 156 заявок. Это была абсолютно честная, бескомпромиссная борьба, и мы рады, что победили. ■

Беседовала Наталия Лескова

СПРАВКА

Юрий Владимирович Плугатарь

■ Директор Никитского ботанического сада с марта 2014 г., доктор сельскохозяйственных наук, агроном, заслуженный работник науки и техники Республики Крым, начальник Управления РАН по взаимодействию с научными организациями Республики Крым и города федерального значения Севастополя.

■ Область научных интересов: экология, лесоведение, декоративное растениеводство, плодоводство.

■ Сайты Никитского ботанического сада:
<http://nbgnsipro.com>, <http://nikitasad.ru>

Магия древности

О том, как архитектурная археология отвечает на вопросы о национальном характере и тонкостях политической жизни, говорит руководитель Новгородской археологической экспедиции член-корреспондент РАН **Владимир Валентинович Седов**



аиболее интересные вопросы, касающиеся возникновения нашего государства, формирования русского национального характера, культуры, довольно четко локализованы в одной географической точке — чаще всего люди, интересующиеся ранней историей Руси, называют Новгород. Нынешний полевой сезон принес новости о древней архитектуре: на Рюриковом городище близ Новгорода были начаты масштабные археологические работы по выявлению фундаментов храма Благовещения XII в. Самый серьезный резонанс вызвали найденные фрагменты фресок и смальты начала XII в. Они были названы главной находкой сезона, подтверждающей высочайший уровень древнерусского монументального искусства и культуры. Есть и другая точка зрения, согласно которой «главнее» все-таки обнаруженные развалины храма XII в.

— **Владимир Валентинович, в нынешнем полевом сезоне вы занимались исследованием храма Благовещения на Рюриковом городище. Какова там ситуация, если конкретнее?**

— Если конкретнее, то было все-таки две основных работы — раскопки в Георгиевском соборе Юрьева монастыря и церковь Благовещения на Городище. Стоят они друг напротив друга, на разных берегах Волхова. На правом — Благовещение, Юрьев — на левом. К тому же они, если можно так выразиться, связаны родственными узами. Благовещение — 1103 г., Юрьев — 1119 г., один храм построил отец, князь Мстислав Великий, строительство другого курировал его сын, князь Всеволод Мстиславич. Редкая картина, когда все увязано...

— **Но это ранние храмы. Вы ведь не могли не затронуть другую церковь Благовещения, XIV столетия, которую выстроил московский князь Симеон Гордый?**

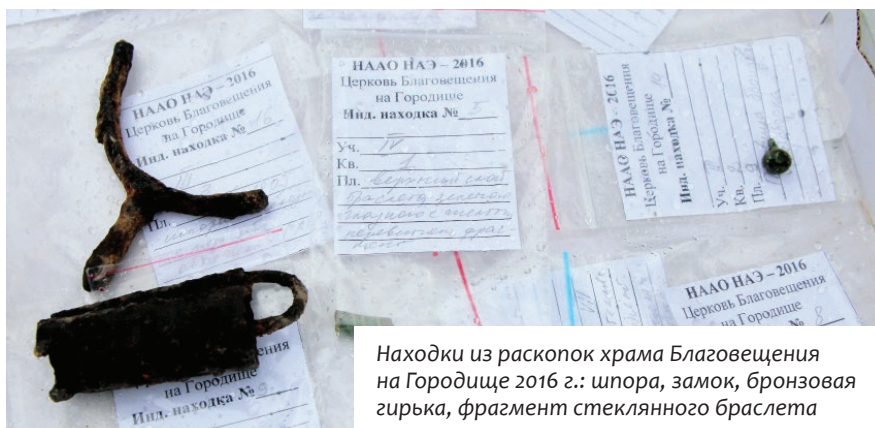
— Разумеется, этот храм в сфере наших интересов. Главное направление работы — как раз музеефикация, в том числе и того, что осталось от церкви Симеона Гордого. И, кстати, она соотносится с предыдущим храмом необычным для Древней Руси образом. Этот храм как будто старается не замечать своего предшественника. Не просто перекрывает его, а почти полностью игнорирует.

Есть такая небезыңтересная версия, что московский князь, преподнеся в подарок Новгороду каменный храм, совершил своего рода политическую акцию. С одной стороны, дар великий, с другой — явный намек. Церковь выстроена не в самом городе, а на территории княжеской резиденции. Учитывая, что Москва уже тогда пыталась, грубо говоря, подмять Новгород под себя, жест

князя получается почти недружелюбным — храм я вам подарю, но поставлю его как бы у себя на дворе. И вообще — «Я к вам пришел навеки поселиться»... В общем, простор для фантазии широкий.

Вероятно, все было одновременно и сложнее, и проще. В то время номинальная власть над Новгородом принадлежала великому князю. Кроме князей московского дома ею в разное время обладали, например, и тверские князья. Все они были сильны, амбициозны, а многие еще и располагали средствами. Но подобного шага никто не предпринял — только Симеон Гордый. Почему?

Ответ на поверхности. Да просто старая церковь уже обветшала, и нужно было ее заменить. А вот в том, как это сделано, можно рассмотреть политический жест великого князя. Верховный сюзерен не то чтобы грозит пальцем, но недвусмысленно намекает, что он — полновластный хозяин. Он дает приказ архиепископу Василию Калике, чтобы тот разрушил прежний храм и начал строить новый. Здесь еще такой момент. Сам князь Симеон в Новгороде провел от силы недели три, что было по тем временам даже неприлично. А приказы об обновлении своей резиденции, где толком и не появляется, дает издадека. Так что политический отенок здесь найти можно.



Находки из раскопок храма Благовещения на Городище 2016 г.: шпора, замок, бронзовая гирька, фрагмент стеклянного браслета



Член-корреспондент РАН, профессор В.В. Седов

Кстати, археологически это прослеживается тоже любопытно. Церковь XII в. сознательно, хладнокровно разрушают. Подрубают участки стен и разваливают — прямо как цветок с лепестками. После чего засыпают эту руину песком и начинают строить свое — по строгому азимуту и совершенно другого вида. Абсолютно без учета предыдущего фундамента. И если что и сохраняется, то только ширина. Но азимут сбит, ориентация заметно отклонена относительно древнего храма.

В Новгороде, да и вообще на Северо-Западе Руси была такая традиция — строить храмы на старой основе. Ставить на предыдущий фундамент. И тогда получается, что новое здание как бы подпityвается от предыдущего и формами, и идеологическим звучанием. Здесь все иначе.

Конечно, московский князь Симеон Гордый — и вообще великие князья — хотел отметить это место как одно из самых значимых для своей истории, истории рода. Место, куда, по их представлениям, пришел Рюрик, общий прародитель. Они это отлично знали и помнили. Мстислав Великий — тоже не последний человек в династии, да еще и строитель первой каменной церкви на городище. К нему, безусловно, у Симеона была некая апелляция — вот на том же месте мы храм и возобновим. Но по-своему.

— Прозвучавшее имя Рюрика на некоторых действует как сигнал к началу спора. Казалось, что вековая борьба норманнистов и антинорманнистов в общем и целом завершена...

— Знаете, я далек от этой истории. Я слежу за ней, однако активным игроком считаться, наверное, не могу. Но, думаю, в целом дискуссия себя исчерпала. Отрицать здесь у нас наличие норманнского, варяжского компонента невозможно. Хотя бы и на том же Рюриковом городище следы варягов присутствуют, и поделаться с этим ничего нельзя.

Но абсолютизировать их присутствие, говорить, что они и только они здесь все нам в готовом виде устроили, как минимум неосторожно. Потому что мы видим, что государство, созданное не без участия варягов, стремительно эволюционирует в сторону государства, очень отличающегося по культуре от Скандинавии. О роли варягов можно говорить, но это не главная роль, а скорее эпизодическая.

Лично для меня важнее взаимоотношения молодого русского государства с Византией. Храм 1103 г., которым мы занимаемся, здесь очень важен. Смотрите, что получается. Сначала нам дарят высокую культуру, в том числе монументальную архитектуру. Дарит Византия вместе с принятием христианства. Дар совершенно бесценный. Казалось бы, строй по самым лучшим в мире образцам и ни о чем не думай.

Однако постепенно, мало-помалу начинается накопление своих национальных особенностей. Длится этот процесс где-то лет сто. Накапливается критическая масса — и, наконец, происходит прорыв.

Тот самый храм Мстислава Великого: в нем уже виден свой, незаемный стиль. А ведь это очень крупная постройка, не всякое государство сможет себе такие позволить. Ситуация уникальная. Вот по приглашению Мстислава приходят мастера из Киева — каменщики, плинфотворители (плинфа — характерный для древнерусского домонгольского зодчества тонкий обожженный кирпич. — Примеч. ред.), они же, если угодно, кирпичники. Мастера, которые умеют делать смальту — специалисты по мозаике, иконографы, мастера монументальной живописи и, конечно, архитекторы. Это важные, серьезные люди, профессионалы высочайшего класса.

И на Северо-Западе с ними начинается что-то происходить. Спустя некоторое время они уже совсем не те. Они в какой-то мере огрубляются. Их работа в некоторых деталях упрощается. Но зато приобретает такой, я бы сказал, имперский масштаб. Рождается нечто совсем свое. Отчаянность и гордость. Отчаянность не в смысле отчаяния и уныния, а в смысле дерзкого вызова, прорыва. Это все ощущается в их работе — почти физически.

И тут вы вдруг вспоминаете, что храм-то выстроен в очень короткий срок — с 1099 по 1103 г. Всего лишь четыре года. В это время как будто щелкает

переключатель. Наблюдается поворотный момент, с которого начинается свой, особый путь северной русской архитектуры. Не стиль, поскольку новгородских стилей можно насчитать где-то четыре, но именно путь. Масштаб, пластичность. Если угодно — суровость этой архитектуры. Такой она была при рождении, такой будет и потом, в силе и славе.

Ощущение распирающей силы, молодости государства. Ощущение безграничных возможностей, серьезного, настоящего величия. Новгородская каменная архитектура того времени — настоящий феномен. Хотя бы по той причине, что в радиусе около тысячи километров от Новгорода никакой каменной архитектуры не существует. В Швеции ее пока нет. Ну, скажем, совсем немного и уж точно не такого калибра. На южном берегу Балтики немцы еще не покорили поморских славян и ни о каком каменном строительстве и речи быть не может. Москва еще не основана, знаменитые владими́ро-суздальские храмы будут строить позже...

Ощущение этой особенности, значительности принципиально меняет картину. Шаблон восприятия: мы говорим о древнерусской архитектуре, и тут же память нам услужливо предлагает храм Покрова на Нерли, Успенский собор Владимира... А про Новгород забывается. Нам кажется, что в те годы все основные события происходили вокруг короткой оси «Владимир — Москва». Возможно, этой инерции мышления способствует память о походах на Новгород. Завоевательных — Ивана III и карательных — Ивана Грозного. Они ведь тоже даром не прошли. Новгород воспринимается как край, который приходится брать и удерживать. Вроде и свой, а вроде и не вполне... Но для начала XII в. он был абсолютно своим, родным для всей Руси. Он, собственно, и был Русью.

— А как же Киев? Опасный, кстати, момент: только вспомнишь про Киев, хотя бы и в контексте Древней Руси, как тут же всплывут политика и исторические спекуляции — кто древнее и кто больше достоин наследия.

— Если говорить про Мстислава, то для него ориентир — безусловно Киев. Князь Мстислав — человек, который рассчитывает на великое княжение там, на юге, но до поры сидит в Новгороде. Это была целая система: отец на киевском престоле, а его старший сын — в Новгороде. Контролирует этот непокорный город и одновременно обустроивается здесь, на Севере Руси.

Новгородская каменная архитектура того времени — настоящий феномен, хотя бы по той причине, что в радиусе около тысячи километров от Новгорода никакой каменной архитектуры не существует

Что же до спекуляций... Это, скорее, процесс временный. Заполнение ниши. Научно-популярная история у нас некоторым образом просела, даже исчезла лет двадцать назад. Разумеется, это место тут же заняли откровенно фантастические байки, рассчитанные на сенсацию. Часто подогретые ложным национальным чувством. Кстати, такое случается не только у нас. Я к этому отношусь спокойно. Тем более что в моей области — истории архитектуры — тоже возникают некоторые «альтернативные истории». Фантастические реконструкции, ни на чем не основанные: терема, замки,



«Новая смальта!» (слева); фрагменты фресок из раскопок церкви Благовещения на Городище 2016 г. (справа)





Столб и стены храма Благовещения XIV в., накрытые реставраторскими «крышками»



Древнерусское писало из раскопок 2016 г.

необыкновенно сложные города. Да такие, которые, рискни их кто-нибудь построить, тут же обвалились бы. Это все пена.

Здесь вина не только историков, которые якобы относятся к научно-популярной литературе с академической спесью. Нет запроса со стороны общества. Когда-то было не до истории. Сейчас многие искренне считают: все, что им интересно, можно за три секунды найти в «Википедии», а значит, и нечего читать какие-то там книги. Желание найти быструю легкую информацию с минимумом интеллектуальных затрат.

Есть, конечно, и государственный путь. Скажем, академия наук внезапно решит: популярная история нам нужна, давайте-ка возобновим серию книг и брошюр. Можно пойти по этому пути — и, возможно, будут результаты. Но лучше, если будет работа отдельных авторов с издательствами. Все-таки кроме госзаказа нужны еще и призвание, и умение писать легко и интересно.

— Да, но госзаказ может поступать и не только на научно-популярную литературу. Сейчас история и археология иной раз становятся аргументами в политических спорах...

— Академическая наука потому и академическая, что старается избегать подобных крайностей. Все это мы уже проходили. При Сталине, например, многим страшно не нравилась идея византийского влияния. И очень уважаемые историки вынуждены были писать явную несуразицу. Скажем, что выступающие лопатки на древнерусских храмах — это рудименты выступающих концов бревен в срубе. А сами София Киевская или София Новгородская похожи на курган. Сейчас это, конечно, смешно, но тогда было не до смеха. Национальный приоритет утверждался методами, далекими от научных.

Опять-таки, подобные вещи могут происходить не только у нас. Для Германии, которая когда-то была величественной империей, очень важна представительность. Там с немецкой

тщательностью делают огромные своды по памятникам архитектуры. И методично включают туда здания, расположенные на территориях, которые давно уже — не Германия. Это не более чем сожаление об утраченных землях и влиянии. Фантомные боли старой империи.

Между прочим, у нас этот подход не прижился. К лучшему или к худшему — трудно сказать. Но об утраченной империи мы не скорбим так, как немцы. И, создавая своды отечественных архитектурных памятников, не вносим туда ни русские почтовые станции Риги, ни, скажем, православные церкви Варшавы. Зато то, что попало к нам в нынешние границы, будь то шведский замок в Выборге или аланские храмы Карачаево-Черкесии, считаем своим, изучаем и любим. Такая вот симпатичная национальная черта всепринятия.

— В свое время известный ученый, археолог Густаф Коссинна, искренне принял арийскую теорию, поверил в превосходство германской нации и начал удревнять историю германского народа чуть ли не до каменного века...

— В силу политической конъюнктуры может случиться всякое. Однако всегда надо помнить, чем закончилась история Коссинны, действительно авторитетного некогда ученого. Прошло время, и всем стало ясно, что его теория ничем, кроме национальной спеси, не подтверждается. Его выводы стали смешны и неинтересны. Она перестала существовать в науке вообще. И именно по той причине, что дала такой вот политически ангажированный крен.

Я хочу сейчас напомнить еще вот какую вещь. Был такой историк искусства Михаил Константинович Каргер. Он первым нашел, кстати, и тот самый храм Благовещения на Городище 1103 г., о котором мы говорили. Замечательные раскопки были им проведены и в Киеве. В какой-то момент он заинтересовался Смоленском, написал солидную монографию «Архитектура древнего Смоленска». Очень интересные наблюдения, оригинальный подход, стройная система. Но он



Храм XIV в. внутри с участком раскопок 2016 г. у западной стены

не знал, не мог предположить, что как раз в год выхода его книги другой историк, профессор Николай Николаевич Воронин, начнет в Смоленске масштабные полевые работы. И получилось так, что монография Каргера устарела ровно в тот год, когда она вышла. Новые раскопки буквально убили эту книгу. Картина внезапно усложнилась, и от прежней стройной системы ничего не осталось.

Так что идеологический заказ, каким бы он ни был, может, разумеется, что-то перекосячить. Логичная уютная схема — неважно, спущенная сверху или придуманная самостоятельно — может быть перечеркнута ближайшим же полевым сезоном и новыми находками.

— **Мы вернулись к тому, с чего начинали, — к теме раскопок и находок. Современная полевая археология сильно продвинулась вперед по сравнению с реалиями двадцатилетней давности? Слышал, что многие сейчас используют даже беспилотные летательные аппараты, что-бы сделать красивую 3D-модель.**

— У нас тоже применяются технические новинки. Самое большое новшество — тахеометр. Мы его буквально в этот сезон осваивали. Конечно, это не панацея, и тахеометр не отменяет старые добрые чертежи, поскольку кое-чего «глаз» тахеометра попросту не видит. И БПЛА мы тоже запускали, и 3D-модель у нас будет... Но это все, кроме тахеометра, — скорее средства показа, демонстрации. Презентация науки. Дело, безусловно, важное и нужное. Хотя мне кажется, что в археологии, кроме всех этих технических штук, от которых отказываться нельзя, есть другой магистральный путь развития.

Вот самый очевидный пример. Формально по всем учебникам и справочникам по археологии стандартный пласт считается мощностью в 20 см. Современным требованиям, которые мы сами себе предъявляем, это уже не соответствует. Мы делим теперь этот пласт на два по 10 см — скажем, 13а и 13б. Чем сложнее картина, которая открывается, тем осторожнее и тщательнее к ней надо подходить.

С находками — то же самое. Совсем недавно культурный слой брали лопатой, накладывали в носилки и перебирали руками. И после этого относили в отвал. Конечно, процент потерь находок был высок. Теперь у нас есть металлоискатели, носилки редко используются. Чаще всего культурный слой несут в ведерках на грохот (*устройство для сортировки сыпучих материалов. — Примеч. ред.*), то есть на сетку, и просеивают. Для слоев, богатых находками, уже применяется и промывка. Это очень сложно, затратно, но местами необходимо.

Повышение тщательности, самодисциплина. Если посмотреть на историю развития археологии, то все так и идет. Сначала копают немножко вольно, потом — все четче и аккуратнее. Все больше записей, все подробнее фиксации... Растет ощущение, что надо опускаться на меньшее количество сантиметров, что надо себя останавливать, быть ответственнее, требовательнее к себе. Это важно не только для полевых исследований, но и для интерпретации находок, выдвижения гипотез и уж тем более для построения теорий. Ответственность, тщательность и требовательность. ■

Беседовал Константин Кудряшов

СПРАВКА

Владимир Валентинович Седов

■ Историк архитектуры, искусствовед, ведущий научный сотрудник отдела средневековой археологии Института археологии РАН, доктор искусствоведения, профессор, член-корреспондент РАН.

■ Родился в Москве. В 1983 г. окончил отделение истории искусства исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

■ По окончании университета работал в Музее архитектуры им. А.В. Щусева, в Государственном институте искусствознания, в НИИ теории и истории архитектуры и градостроительства, в Московском архитектурном институте, на кафедре истории отечественного искусства МГУ.

■ С 2004 г. — ведущий научный сотрудник Института археологии РАН.

■ Экспедиционная деятельность — с 1983 г. по настоящее время.

■ 1986–1993 гг. — начальник Псковского архитектурно-археологического отряда Псковско-Изборской экспедиции.

■ 1996–2001 гг. — начальник Новгородской архитектурно-археологической экспедиции.

■ 2005 г. — начальник Новгородского архитектурно-археологического отряда Новгородской археологической экспедиции Института археологии РАН.

■ Сфера научных интересов: история древнерусской и византийской архитектуры, архитектурная археология, западноевропейские и византийские связи древнерусской архитектуры.

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 2016 г. составит:

Для физических лиц: **1380 руб.** — доставка заказной бандеролью*.

Для юридических лиц: **1500 руб.**

Стоимость одного номера журнала: за 2014 г. — **100 руб.**, за 2015 г. — **120 руб.**, за 2016 г. — **130 руб.**

(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
2016 г.	объединенный выпуск				объединенный выпуск			объединенный выпуск				
2015 г.					объединенный выпуск			объединенный выпуск				
2014 г.								объединенный выпуск				

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют.

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Кв. _____

Телефон _____

E-mail: _____

Некоммерческое партнерство
«Международное партнерство
распространения научных знаний»
Расчетный счет 40703810238180000277
В Московском банке Сбербанка БИК 044525225
России ОАО №9038/00495 30101810400000000225
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 физических лиц;
19559 — для юридических лиц;
«Почта России», подписной индекс:
16575 — для физических лиц;
11406 — для юридических лиц;
каталог «Пресса России»,
подписной индекс: 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

**В мире
науки** SCIENTIFIC
AMERICAN

Senior Vice President and Editor in Chief:

Mariette DiChristina

Executive Editor:

Fred Guterl

Managing Editor:

Ricki L. Rusting

Managing Editor, Online:

Philip M. Yam

Design Director:

Michael Mrak

News Editor:

Robin Lloyd

Senior Editors:

Mark Fischetti, Christine Gorman, Anna Kuchment,
Michael Moyer, George Musser, Gary Stix, Kate Wong

Associate Editors:

David Biello, Larry Greenemeier, Katherine Harmon,

Ferris Jabr, John Matson

Podcast Editor:

Steve Mirsky

Contributing editors:

Mark Alpert, Steven Ashley, Davide Castelvecchi,
Graham P. Collins, Deborah Franklin, Maryn McKenna,
John Rennie, Sarah Simpson

Art director:

Ian Brown

President:

Steven Inchcombe

Executive Vice President:

Michael Florek

Vice President and Associate Publisher,

Marketing and Business Development:

Michael Voss

Vice President, Digital Solutions:

Wendy Elman

Adviser, Publishing and Business Development:

Bruce Brandfon

© 2016 by Scientific American, Inc.

Читайте в следующем номере:

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ: СПЕЦВЫПУСК

Люди преобразуют себя и мир. Мы задали девять вопросов о том, что значат эти важные изменения для нашего будущего, и попытались дать на них ответы.

Какой след мы оставим на планете?

Люди уже изменили многие системы Земли, но ученые обсуждают вопрос, оставят ли эти трансформации долговременный след в слоях горных пород, формально определяющих эпохи и эры.

Как нас изменит климат?

Неизвестно, когда человеческое сознание можно будет записать на компьютерный чип или мы все пересядем на автомобили-беспилотники, но очевидно одно: на планете становится жарче.

Кто добьется успеха, а кто отстанет?

Вскоре богатые нации станут менее многочисленными и динамичными из-за падения рождаемости и старения населения, а развивающиеся страны — более многолюдными и молодыми. И этот демографический сдвиг несет серьезные вызовы.

Долго ли будет существовать гражданское общество?

Пропась между богатыми и бедными по разным причинам стала больше за последние несколько десятилетий во многих странах. Не всякое финансовое неравенство социально деструктивно, но если оно позволяет маленьким группам людей диктовать свои правила в политике и экономике, это опасная ситуация.

Сможем ли мы управлять своей генетикой?

Новая технология генетического редактирования может скоро быть использована для лечения мужского бесплодия. Поскольку это чревато дальнейшими модификациями генома, вопрос об ее внедрении уже поставил человечество перед серьезной этической проблемой.

Сможем ли мы побороть старение?

Диеты и другие стратегии, несмотря на хорошие результаты опытов на простых организмах и даже мышах, не дают значительного увеличения срока здоровой жизни у людей и других приматов. Однако клеточные механизмы, запускаемые ограничениями в еде, представляются многообещающей целью борьбы со старением.

Как долго мы просуществуем?

Антропоцен только начался, и продолжаться он будет, лишь пока мы существуем. Если мы избежим вымирания, есть шанс перейти в новую эпоху, в которой коллективный разум человечества стабилизирует природные системы планеты и распространит биосферу в новые космические пространства.



Захотим ли мы жить вечно?

Одни исследователи считают, что когда-нибудь можно будет достичь бессмертия, перенеся наши нейронные связи в тела роботов, другие думают, что это невозможно. Так или иначе, философы рассматривают вопрос, как это изменило бы человеческие свойства.

Можем ли мы доверять собственным прогнозам?

Писатели-фантасты предсказывают будущее не лучше других: оно все-таки непознаваемо. Однако эти прогнозы играют важную роль, отражая проблемы, которые вызывают беспокойство в настоящее время.



МИНИСТЕРСТВО
ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ



ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ,
ПРОМЫШЛЕННОЙ
ПОЛИТИКИ И
ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА
ГОРОДА МОСКВЫ



МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
М.В. ЛОМОНОСОВА

ВСЕРОССИЙСКИЙ
ФЕСТИВАЛЬ НАУКИ

НАУКА  +

80 РЕГИОНОВ РФ

СЕНТЯБРЬ–НОЯБРЬ 2016

www.festivalnauki.ru

ВХОД
СВОБОДНЫЙ

МОСКВА
7.10-9.10

КАЛИНИНГРАД
30.09-2.10

БАРНАУЛ
14.10-16.10

ИРКУТСК
28.10-30.10



РЕКЛАМА



ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ПАРТНЕРЫ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ

