

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ
Спасти
большие данные

НЕЙРОНАУКИ
Гении
поневоле

ОБРАЗОВАНИЕ
Наука
обучения

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

www.sci-ru.org

№10 2014

12+

Черная дыра в начале истории нашей Вселенной

Наша реальность —
голографическая
проекция другого
измерения?



НОРВЕЖСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК И ЛИТЕРАТУРЫ

ОБЪЯВЛЯЕТ ЛАУРЕАТОВ

ПРЕМИИ КАВЛИ



ЗА 2014 ГОД

ПРЕМИЯ КАВЛИ ПО АСТРОФИЗИКЕ



АЛАН ГУТ

Массачусетский
технологический институт, США



АНДРЕЙ ЛИНДЕ

Стэнфордский университет,
США



АЛЕКСЕЙ СТАРОБИНСКИЙ

Российская академия наук,
Россия

«за создание теории космической инфляции»

ПРЕМИЯ КАВЛИ ПО НАНОТЕХНОЛОГИЯМ



ТОМАС ЭББЕСЕН

Страсбургский университет,
Франция



ШТЕФАН ХЕЛЛЬ

Институт биофизической химии
Общества Макса Планка, Германия



СЭР ДЖОН ПЕНДРИ

Имперский колледж Лондона,
Великобритания

*«за революционный вклад в нанооптику, разрушивший давнее положение
об ограниченности пределов разрешения в оптической микроскопии и отображении»*

ПРЕМИЯ КАВЛИ ПО НЕВРОЛОГИИ



БРЕНДА МИЛНЕР

Университет Макгилла,
Канада



ДЖОН О'КИФ

Университетский колледж Лондона,
Великобритания



МАРКУС РАЙХЛЕ

Университет Вашингтона
в Сент-Луисе, США

*«за открытие специализированных мозговых сетей,
отвечающих за память и познавательную способность»*

Премия Кавли учреждена совместно Норвежской академией наук и литературы, Фондом Фреда Кавли (США) и Министерством образования и науки Норвегии. 9 сентября 2014 г. на церемонии в Осло премии Кавли лауреатам 2014 г. вручил король Харальд V.

www.kavliprize.no

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN **В мире науки**

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



НАШИ ПАРТНЕРЫ:



о ч е в и д н о е



н е в е р о я т н о е



Российская Академия Наук

PETER



SERVICE



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



РОСАТОМ



Сибирское отделение РАН



Томский государственный университет
ТГУ • 1978

Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

Главный редактор:

В.Е. Фортов

Первый заместитель главного редактора:

А.Л. Асеев

Директор НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

С.В. Попова

Заместитель главного редактора:

А.Ю. Мостинская

Зав. отделом естественных наук:

В.Д. Ардаматская

Зав. отделом российских исследований:

Ю.Г. Юшквичюте

Выпускающий редактор:

М.А. Янушкевич

Обозреватели:

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

Администратор редакции:

О.М. Горлова

Научные консультанты:

к.ф.-м.н. Б.Б. Зеленер; д.ф.-м.н.,

академик РАН Л.М. Зеленый; д.и.н. Ю.А. Петров; д.ф.-м.н., ака-

демик РАН В.П. Смирнов, к.ф.-м.н. П.А. Форш; к.т.н. М.В. Хетеев;

д.м.н., академик РАН и РАН В.А. Черешнев; д.ф.-м.н.

А.Б. Шварцбург

Над номером работали:

М.С. Багоцкая, О.Л. Беленицкая,

С.В. Гогин, Е.В. Головина, А.В. Егоркин, Н.Л. Лескова,

М.А. Молина, А.А. Некрасова, И.В. Ногаев, Т.Б. Пичугина,

А.И. Прокопенко, О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, В.Э. Скорцов,

В.П. Фридман, Н.Н. Шафрановская, А.Б. Шварцбург, А.А. Ядыкин

Верстка:

А.Р. Гукасян

Дизайнер:

Я.В. Крутий

Корректур:

Я.Т. Лебедева

Президент координационного совета

НП «Международное партнерство

распространения научных знаний»:

Ю.С. Осипов

Заместитель директора

НП «Международное партнерство

распространения научных знаний»:

В.К. Рыбникова

Финансовый директор:

Л.И. Гапоненко

Главный бухгалтер:

Е.Р. Мещерякова

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

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

Иллюстрации предоставлены *Scientific American, Inc.*

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

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

23 км, владение 1, д. 1

Заказ №10 14-09-00355

© **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.



СОДЕРЖАНИЕ

Октябрь 2014

Главные темы номера

Космология

ЧЕРНАЯ ДЫРА В НАЧАЛЕ ВРЕМЕН

Нияйеш Афшорди, Роберт Манн и Рази Пурхасан

Могут ли Большой взрыв и вся порожденная им Вселенная оказаться голографическим миражом, пришедшим из другого измерения?

Наука и общество

НОВОРОССИЯ В ЗЕРКАЛЕ ИСТОРИИ

Ольга Беленицкая

26 августа в президиуме РАН состоялась встреча председателя Государственной Думы и Российского исторического общества **Сергея Нарышкина** и президента РАН **Владимира Фортова** с историками — членами авторского коллектива академического труда «История Новороссии». Свой комментарий дает директор Института российской истории РАН **Юрий Петров**

Космические исследования

COSPAR В МГУ: АССАМБЛЕЯ ФАНТАСТИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Наталья Лескова

Итоги грандиозного мероприятия подводит директор Института космических исследований РАН академик **Лев Зеленый**

История науки

АКАДЕМИЯ НАУК: ВЗГЛЯД ИЗ ГЛУБИН ИСТОРИИ

Татьяна Пичугина

Почему академия наук в России отличается от западных академий, каким преобразованиям она подвергалась, можно ли найти в прошлом аналогичные нынешним реформы? На эти вопросы отвечает академик **Валерий Черешнев**

Физика

ПАРАДОКСЫ НАНООПТИКИ МЕТАМАТЕРИАЛОВ

Александр Шварцбург

Оптика градиентных наноструктур предлагает новый взгляд на старую проблему туннелирования света и открывает путь к созданию необычных оптических систем

Зоология

ЛОВУШКА ДЛЯ ИХТИАНДРА

Екатерина Головина

Снежный барс, или ирбис, всегда был для человека существом полулегендарным, символом мощи и благородства. Одно из немногих мест его обитания в России — Саяно-Шушенский государственный природный биосферный заповедник

Нейронауки

ГЕНИИ ПОНЕВОЛЕ

Дарольд Трефферт

Иногда после удара по голове проявляются скрытые художественные или интеллектуальные способности

Образование

НАУКА ОБУЧЕНИЯ

Барбара Кантровиц

С помощью методов, заимствованных из медицины и экономики, ученые выясняют, как эффективнее всего работать с учащимися, но до школ эти результаты не доходят

Кибербезопасность

КАК ЗАЩИТИТЬ БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ ОТ САМИХ СЕБЯ

Алекс («Сэнди») Пентленд

Три совета, призванные уберечь конфиденциальную информацию от всевидящего ока государства

52

Информационные технологии

ДЕЛО ОБ УКРАДЕННЫХ СЛОВАХ

Гарольд («Скип») Гарнер

Новая программа текстового анализа помогла обнаружить повсеместный плагиат в научных статьях и вскрыла потенциальные мошеннические схемы с грантами на сотни миллионов долларов

72

Солнечная энергетика

СОЛНЦУ НАВСТРЕЧУ

Виктор Фридман

Что может быть заманчивее, чем идея использования бесплатного и неограниченного источника энергии — солнечного света? О перспективах солнечной энергетики — заместитель начальника отдела НИЦ «Курчатовский институт» Павел Форш

78

Квантовая физика

ЛАЗЕРНАЯ УКАЗКА В БУДУЩЕЕ

Виктор Фридман

Раньше лазерный излучатель был строго научным прибором, а теперь лазерной указкой может пользоваться даже ребенок. Однако наряду с бытовыми компактными устройствами, больше предназначенными для развлечений, гигантские установки сегодня служат исключительно научным целям, о которых рассказывает заведующий исследовательской лабораторией ОИВТ РАН Борис Зеленер

86



66

Ядерная медицина

ВЕРХОМ НА ЯДРЕ

Виктор Фридман

О последних достижениях в прорывной области медицинских исследований наш корреспондент беседует с теми, кто находится на передовом рубеже отечественной науки

90

Радиационные технологии

РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК УНИВЕРСАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ

Виктор Фридман

Как можно эффективно и с огромной пользой применить технологии с одиозным для обывателя названием практически во всех отраслях народного хозяйства, объясняет директор НПО радиационных технологий и оборудования НИИТФА Александр Егоркин

96

Пищевые технологии

СОЗДАЕМ ВКУСНЫЕ ФРУКТЫ И ОВОЩИ

Феррис Джабр

Ученые получили технологию, позволяющую вернуть красивым, но безвкусным плодам, продающимся в супермаркетах, их природные вкус и аромат, — и все это без использования ГМО

102

Разделы

От редакции

4

50, 100, 150 лет тому назад

77

Книжное обозрение

110

Новый взгляд на возникновение Вселенной и прочие чудеса



Чтобы понимать, как устроен окружающий нас мир, нужно помнить не только об истории Вселенной, но и о том, что происходило на Земле. В масштабе человечества — совсем недавно. К марту следующего года российские истори-

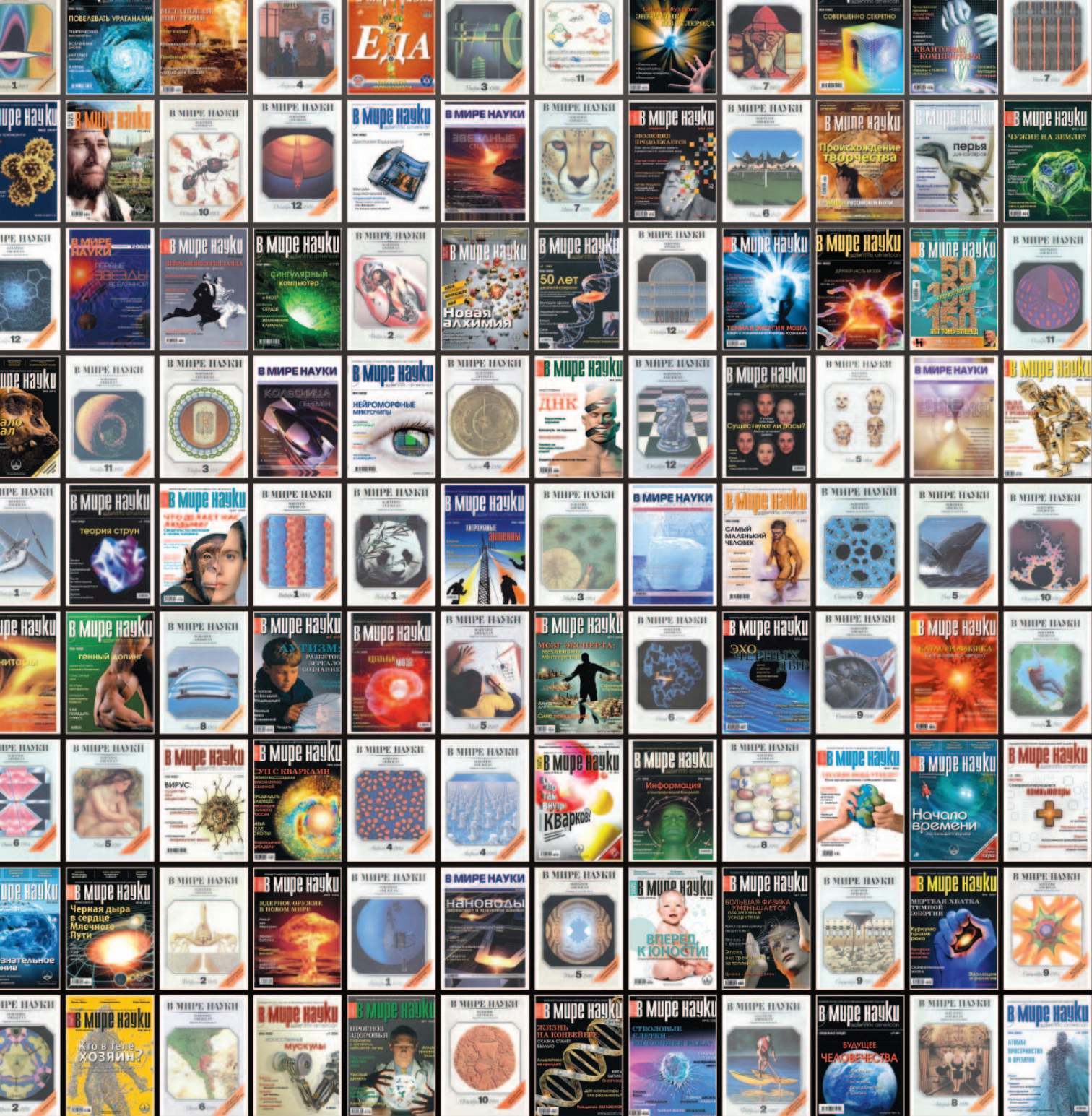
Стандартная теория относительности достаточно уверенно предсказывает существование черных дыр. Но ученые идут дальше. Они предполагают, что вся наша Вселенная могла быть в самом начале лишь оболочкой четырехмерной черной дыры. Подробнее читайте в ключевой статье нынешнего номера «Черная дыра в начале времен».

О черных дырах говорили и на биеннале Международного комитета по космическим исследованиям (COSPAR), прошедшем в августе в Москве. Но на глобальной конференции, собравшей ведущих ученых со всего мира, вообще происходило много интересного. 6 августа впервые в истории космический зонд *Rosetta* вышел на орбиту кометы, а участники COSPAR наблюдали за ним в прямой трансляции NASA. Об этом, а также о том, как доставить грунт с Марса, найти экзопланеты и понять природу молний, рассказывает директор Института космических исследований Лев Зеленый, подводя итоги ассамблеи.

ки планируют выпустить монументальный труд о Новороссийской губернии в составе государства Российского. В статье «Новороссия в зеркале истории» можно познакомиться с концепцией книги, а также с комментарием директора Института российской истории РАН Юрия Петрова.

И историю России, и принципы устройства Вселенной мы начинаем постигать со школьной скамьи. Но как внедрить научные методы в образовательный процесс? В статье «Наука обучения» вы узнаете о новом подходе к образованию: ученые говорят, что информацию лучше воспринимать, используя ее на практике. Все как мы любим: о связи между наукой и школой *Scientific American* пишет с 1845 г. Еще основатель журнала Руфус Портер говорил, что «журнал дает детям и молодежи больше полезных сведений, чем пять уроков в школе». Не стесняйтесь проверить эффективность такого обучения. ■

Редакция журнала «В мире науки / *Scientific American*»



Хотите знать о науке больше?

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

ежемесячный научно-информационный журнал
В мире науки

АРХИВ





Могут ли Большой взрыв
и вся порожденная им Вселенная
оказаться голографическим миражом,
пришедшим из другого измерения?



Нияйеш Афшорди,
Роберт Манн и Рази Пурхасан

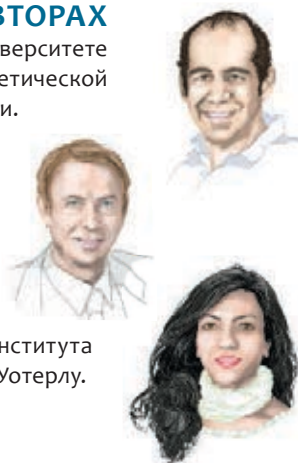
Черная дыра в начале времен

ОБ АВТОРАХ

Нияеш Афшорди (Niayesh Afshordi) — доцент кафедры физики и астрономии в Университете Уотерлу и адъюнкт-преподаватель по космологии и гравитации в Институте теоретической физики Периметр, исследователь в области астрофизики, космологии и гравитации.

Роберт Манн (Robert B. Mann) — профессор и бывший руководитель физики и астрономии в Университете Уотерлу, постоянный сотрудник Института теоретической физики Периметр, бывший президент Канадской ассоциации физиков. Область научных интересов: черные дыры, квантовая информация.

Рази Пурхасан (Razieh Pourhasan) — студентка Института теоретической физики Периметр и Университета Уотерлу.



В известной аллегории о пещере великий греческий философ Платон говорил об узниках, на всю жизнь прикованных к стене темной пещеры. Позади несчастных вечно горело пламя, а между ними и пламенем двигались объекты, отбрасывая тени на стену, там, где заключенные могли их видеть. Плоские тени — единственная реальность, доступная тем людям. Их кандалы мешали воспринимать истинный мир — царство еще одного измерения, дарящего объем.

Познай узники законы трехмерного мира — и они разом смогли бы объяснить происхождение и смысл смутных теней, мелькающих перед ними на стене. Мысль Платона была поразительно глубока.

Быть может, мы все тоже живем в гигантской космической пещере, появившейся в первые минуты существования Вселенной. В рамках общепризнанной теории наш мир родился в результате Большого взрыва из точки бесконечной плотности. Однако, согласно последним достижениям в области теоретической космологии, удастся «отодвинуть» рождение Вселенной за момент Большого взрыва, в ту эру, когда могли существовать дополнительные измерения пространства-времени. Эта многомерная протовселенная могла оставить следы в нашем мире, которые астрономы в принципе могут обнаружить.

Наша Вселенная трехмерна в пространстве и одномерна во времени — это называется «трехмерная Вселенная». Как и в притче великого философа, наблюдаемая Вселенная может оказаться всего лишь тенью — проекцией — мира четырех пространственных измерений. Так, вся наша Вселенная могла бы родиться в результате имплозии (взрыва, направленного внутрь) какой-нибудь звезды из четырехмерной протовселенной. Такой взрыв мог бы породить трехмерную оболочку вокруг четырехмерной черной дыры. Наша Вселенная и есть эта трехмерная оболочка.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Космология может дать точное описание всех этапов эволюции нашей Вселенной, начиная от нескольких минут после ее рождения и заканчивая современным моментом. Однако остается ряд фундаментальных вопросов, требующих ответов.
- Одна из таких загадок — природа Большого взрыва, сингулярной точки бесконечной плотности, в которой нарушаются законы физики.
- Существует возможность объяснить происхождение Большого взрыва с помощью многомерных пространств: четырехмерная звезда, коллапсируя в черную дыру, могла бы породить наш трехмерный мир. Такая теория позволяет ответить на некоторые неразрешенные космологические вопросы не только теоретически, но, возможно, и с привлечением методов наблюдательной астрономии.



БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ: сверхмощный взрыв звезды может породить черную дыру и облако газа и пыли, называемые остатками взрыва сверхновой (отмечено слева красным цветом). Во Вселенной, обладающей более высокой размерностью пространства, подобный взрыв может породить наш трехмерный мир.

Что дает ученым право выдвигать такую, казалось бы, абсурдную гипотезу? На то есть две причины. Во-первых, такой вывод с необходимостью следует из математических расчетов. А математика — единственная наука, точно описывающая пространство и время.

За последние несколько десятилетий получила развитие так называемая голографическая теория, которая позволяет сводить описание событий в одном измерении к процессам, происходящим в пространствах более высоких размерностей. Например, ученые могут найти решение относительно несложных уравнений динамики жидкости в двух измерениях, а потом использовать эти решения для понимания аналогичных процессов в более сложных системах — например, для описания трехмерной черной дыры. С точки зрения математики обе системы эквивалентны, жидкость служит точным аналогом модели черной дыры.

Успех голографического подхода убедил многих ученых в том, что он не есть всего лишь некое математическое преобразование. Для многих задач этот подход обладает физическим смыслом. Возможно, границы между пространственными измерениями не так устойчивы, как это полагали до сих пор. Возможно, физические законы справедливы для миров других размерностей и переведены в наш трехмерный мир. Вероятно, как и у платоновских узников, наши чувства обманули нас, в то время как понимание истинной природы вещей содержится в недоступном нам четвертом пространственном измерении.

Вторая причина полагать, что наша Вселенная может оказаться четырехмерной, заключается в том, что в рамках этой гипотезы можно объяснить причину рождения и расширения нашего мира. Началом Вселенной был Большой взрыв, после которого — согласно представлениям современной космологии — почти мгновенно последовала стадия инфляции. Инфляция — это экспоненциальное расширение пространства, в результате чего ранняя Вселенная увеличила свой объем на многие сотни порядков. Однако до сих пор не ясно, что послужило причиной самого Большого взрыва и каков источник инфляционного поля. В модели четырехмерной Вселенной можно получить ответ на эти вопросы и понять, откуда взялась наша Вселенная.

Знакомый и незнакомый космос

Попытки начать изучение свойств четырехмерной Вселенной родились из-за трудностей, с которыми пришлось столкнуться при работе с трехмерной моделью. Современная космология поразительно успешна, но ее достижения таят глубочайшие загадки, которые, возможно, найдут свое объяснение с помощью голографического принципа.

Уравнения Фридмана и небольшое число независимых параметров дают описание всей истории Вселенной — от современного момента времени до одной секунды с момента Большого взрыва, последовательно, детально и шаг за шагом. Эти параметры включают плотность

ДО БОЛЬШОГО ВЗРЫВА

Согласно стандартным представлениям, Большой взрыв начался с сингулярности, точки бесконечно большой плотности, которая породила всю Вселенную. Сингулярности непредсказуемы, поскольку в них нарушаются физические законы. Нет никаких причин предполагать, что из сингулярности обязательно должен сформироваться именно тот мир, который мы наблюдаем. Можно предложить теорию, в которой сингулярность Большого взрыва не окажет своего непредсказуемого воздействия на рождающуюся Вселенную, она будет скрытой многомерным аналогом горизонта событий. Наш мир родился, когда четырехмерная звезда в объемлющем четырехмерном пространстве сжалась в черную дыру. На рисунке показан процесс коллапса (в трех измерениях, поскольку трудно себе представить такой процесс в четырех пространственных измерениях).

Время →

Трехмерное представление
имплозии четырехмерной
звезды

«Темные века»
Первые звезды
Горизонт, формируемый поверхностью
последнего рассеяния
Наиболее общепризнанная
космологическая модель:
Большой взрыв (белая точка) и последующее инфляционное расширение (черные кривые)
Горизонт событий

обычной (барионной) материи, плотности темной материи и темной энергии, а также амплитуду и характерные особенности квантовых флуктуаций ранней Вселенной. Такая модель, называемая стандартной космологической моделью с темной энергией в форме «лямбда-члена», описывает сотни, если не тысячи точек, полученных по результатам наблюдений, покрывая шкалы от 1 млн до 10 млрд световых лет, что соответствует возрасту нашей Вселенной. Однако такой успех наблюдательной космологии не означает, что изучение космоса полностью завершено. В нашем понимании истории Вселенной есть пробелы. Ученые вплотную подошли к проблеме возникновения нашего мира, и пока эта задача оказалась не по силам.

Проблема 1: мы не понимаем, почему космологические параметры именно такие, какие они есть. Рассмотрим плотность вещества и энергии во Вселенной. Всего несколько десятилетий назад астрономы полагали, что обычная материя (элементы, составляющие таблицу Менделеева) — преобладающая форма

массы и энергии. Космологические наблюдения заставили радикально пересмотреть эту концепцию. Сейчас ученым известно, что плотность обычной материи составляет примерно 5% от общей плотности Вселенной, 25% приходится на темную материю неизвестного состава, которая проявляет себя только в гравитационных взаимодействиях. Наконец, почти 70% полной массы Вселенной заключено в темной энергии, неизвестном поле, которое заставляет нашу Вселенную расширяться ускоренно (а не замедленно, как это ожидалось бы при наличии только гравитационного притяжения). Почему во Вселенной существуют темная материя и темная энергия и почему их соотношение именно таково? «Это науке не известно, наука еще пока не в курсе дела».

Возможно, понимание появится, если будут лучше известны детали Большого взрыва. Трудно вообразить, как наполненный излучением и частицами плазменный шар ранней Вселенной при температурах выше 10^{27} градусов смог, расширяясь, породить то, что мы наблюдаем



Представление на двумерной поверхности (одно измерение для наглядности редуцировано) нашей трехмерной Вселенной

подтвердили, что наша Вселенная трехмерно плоская и однородная с большой точностью, что и предсказывает инфляционная модель. Кроме того, наблюдаемые характеристики первичных флуктуаций плотности таковы, что инфляционное расширение с необходимостью приводит к современной картине космоса.

Проблема 2: мы не понимаем, что такое инфляция. Вы можете спросить, что управляет инфляцией, которая обладает огромной энергией. Ученые полагают, что вскоре после Большого взрыва Вселенная была наполнена полем гипотетической частицы инфлатона. Бозон Хиггса, частица, недавно обнаруженная на Большом адронном коллайдере в CERN, обладает свойствами, во многом схожими с инфлатоном, и может даже играть его роль. Инфлатон должен быть ответственным как за ускоренное расширение ранней Вселенной, так и за формирование крупномасштабной структуры Вселенной, потому что единственная причина контраста плотности в ранней Вселенной — это квантовые флуктуации инфлатонного поля.

Инфляция до сих пор не решила некоторые проблемы — она всего лишь отодвинула их. Мы не знаем свойств инфлатона и откуда он взялся. Не знаем, как его обнаружить. И не уверены, что он вообще существует.

Кроме того, физики не понимают, каким образом инфляционная стадия завершилась, т.е. каким образом наша Вселенная вышла из этой стадии.

Если некоторое поле, обладающее энергией, управляло экспоненциальным расширением Вселенной, то что же принудило его вдруг «выключиться»? У нас нет и удовлетворительного объяснения происхождения основных параметров стандартной космологической модели, отдельные из которых должны быть поразительно точно выверены, чтобы удовлетворять наблюдательным данным. И, наконец, нет описания Вселенной до инфляционной стадии — первых миллиардных от миллиардных долей секунды после Большого взрыва.

Проблема 3: мы не понимаем, как все началось. Большая проблема космологии — понимание Большого взрыва как внезапного вынужденного появления пространства и времени из обладающей бесконечной плотностью точки, называемой сингулярностью. Сингулярность — очень странный объект. Фактически это математическая точка, где пространство и время искривлены настолько сильно, что становится

сегодня, — практически однородный и пространственно плоский космос с постоянной температурой всего в несколько градусов.

Космологическая инфляция — одна из лучших теорий, объясняющих однородную структуру Вселенной на сверхбольших масштабах. Стремительное инфляционное расширение ранней Вселенной «разгладило» пространство и привело почти к постоянной температуре повсюду в космосе. Как своеобразная космическая лупа, инфляция растянула крохотные квантовые флуктуации плотности энергии до космологических масштабов. Эти флуктуации послужили основой формирования структур в космосе: галактик, звезд, планет, а последнее могло зарождению живых организмов.

Инфляция признана успешной парадигмой. Десятилетиями космологи находили все новые наблюдательные подтверждения теории инфляции — наблюдательные данные микроволнового реликтового излучения, «запись» флуктуаций плотности ранней Вселенной. Последние наблюдения космического радиотелескопа *Planck*

ПЕРВЫЕ СИГНАЛЫ ОТ СОТВОРЕНИЯ

Недавно полученные указания на существование космологических гравитационных волн смогут приблизить нас к моменту Большого взрыва



ТЕМНЫЙ ПОЛЮС: телескопы, установленные на Южном полюсе, ищут первые сигналы новорожденной Вселенной

Зима выдалась необычайно холодной, погода стояла ужасная, вторая неделя марта не предвещала ничего нового. Но именно тогда среди космологов появились слухи о готовящемся важнейшем сообщении Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра. Слухи распространялись и в интернет-сообществах. Стали появляться первые подробности. Произошедшее не было рядовым отчетом — это было событие, которое, в случае успешного подтверждения, происходит один раз в жизни. Это событие было долгожданной мечтой космологов, и даже по самым оптимистичным прогнозам оно ожидалось только в ближайшие десятилетия.

В понедельник 17 марта 2014 г. астрофизическая лаборатория BICEP-Кеск, которая состоит из нескольких микроволновых телескопов, размещенных на географическом Южном полюсе, сообщила об открытии следов поляризации особого вида в космическом микроволновом фоне. Если интерпре-

тация этих наблюдений верна, то это открытие может подтвердить важное предсказание теории космологической инфляции. Более 30 лет назад в рамках этой теории было предсказано существование космологических гравитационных волн. В простейшей модели инфляции генерируются гравитационные волны, влияние которых на анизотропию реликтового излучения сравнимо с влиянием флуктуаций плотности. Это открытие могло бы стать первым прямым доказательством квантовой природы гравитации, проблема которой — головоломка теоретической физики прошлого столетия.

В науке, как и в жизни, все устроено далеко не так просто, как кажется на первый взгляд. Например, в простых моделях инфляции, которые предсказывают доступные наблюдениям космологические гравитационные волны, получается, что следы гравитационных волн должны быть видимы в данных космического радиотелескопа Planck. Но этого

не происходит! Кроме того, полученные в эксперименте BICEP специфические сигналы поляризации могут, в принципе, быть объяснены и другими причинами — например, наличием пыли в нашей Галактике.

А что может означать открытие космологических гравитационных волн для модели голографического Большого взрыва? В наблюдениях ранней Вселенной ученые ограничены набором данных, иногда даже противоречащих друг другу. Новые — уже полученные, но еще не опубликованные — данные аппарата Planck будут представлены в октябре 2014 г., и другие группы, занимающиеся исследованием анизотропии реликтового излучения, также представят результаты обработки своих данных. Воссоздание самых первых мгновений жизни нашей Вселенной — трудная задача. Только время — и, возможно, немного удачи, — позволят нам все-таки понять, как родился наш мир.

невозможным отличить будущее от прошлого. В этой точке нарушаются законы физики. В сингулярной Вселенной нет ни порядка, ни законов. Из сингулярности может зародиться все, что только может логически существовать в дальнейшем. Нет никаких оснований полагать, что сингулярность породила такой упорядоченный мир, какой мы наблюдаем (антропный принцип — один из существующих доводов).

Следовало ожидать, что появление Вселенной из сингулярности было бы невообразимо хаотично и сопровождалось бы огромными перепадами температуры от точки к точке. Кроме того, инфляционная стадия могла бы и не сгладить пространство. В самом деле, если бы начальные возмущения были бы слишком большими, то инфляция могла бы вообще не начаться. Проблема сингулярности не может быть решена одной только теорией инфляции.

Сингулярности — объекты странные, но все же не полностью незнакомые. Они образуются, например, в центрах черных дыр, сверхсжатых остатках гигантских звезд. Все звезды — атомные печи, в которых легкие химические элементы (в основном водород) превращаются в тяжелые элементы. Процесс ядерного синтеза — основа жизни звезды. Когда все топливо в звезде выгорает, ее дальнейшей эволюцией начинает управлять только гравитация. Звезда по крайней мере в десять раз массивнее нашего Солнца должна сжиматься, порождая взрыв сверхновой. Если звезда еще массивнее (15–20 солнечных масс), то после взрыва сверхновой останется плотное ядро, которое продолжит сжиматься, превратившись в сингулярность нулевого размера — черную дыру.

Черную дыру можно представить как некоторую область пространства, из которой не может вырваться даже свет. Скорость света — максимальная скорость, с которой может распространяться любая форма материи. Таким образом, граница черной дыры — двумерная поверхность, называемая горизонтом событий, — это «точка невозврата». Вещество, однажды попавшее за горизонт событий, навсегда становится недоступным в остальной части Вселенной и неотвратимо движется к сингулярности в центре черной дыры.

Так же как и в точке Большого взрыва, в центре черной дыры законы физики нарушаются. Однако имеется важное отличие: сингулярность черной дыры скрыта горизонтом событий, а сингулярность Большого взрыва — нет. Горизонт событий черной дыры играет роль мембраны, позволяющей веществу и излучению проникать под горизонт, но препятствующей их выходу наружу. Эта поверхность служит своеобразным щитом для внешнего наблюдателя, защитой от катастрофических непредсказуемостей сингулярности черной дыры.

Завернутая в горизонт событий, сингулярность бессила нарушить физические законы в наблюдаемом космосе. Издалека черная дыра выглядит просто — это гладкая и однородная структура, параметры которой однозначно задаются только ее массой и угловым моментом (и электрическим зарядом, если он есть). Известно выражение о таком объекте: «черная дыра не имеет волос». Это означает, что у черной дыры нет никаких отличительных черт, кроме массы, углового момента и заряда.

В противоположность описанной картине сингулярность Большого взрыва (в наиболее общепринятом ее понимании) ничем не прикрыта. Про такую сингулярность говорят, что она «голая». У Большого взрыва нет горизонта событий. Хотелось бы иметь способ оградиться от такой сингулярности — возможно, чем-то похожим на горизонт событий.

Можно предложить аналог горизонта — и это превратит Большой взрыв в космический мираж. В теории, основанной на многомерности пространства, сингулярность Большого взрыва удастся скрыть.

Многомерный коллапс

Выполняя сходную функцию, «покрывало» для сингулярности Большого взрыва должно, тем не менее,

существенно отличаться от горизонта событий черной дыры. Поверхность, скрывающая сингулярность Большого взрыва, должна быть не двумерна, а трехмерна, потому что порожденная Большим взрывом Вселенная также трехмерна. Если мы допустим, что эта граница — тоже горизонт событий, образовавшийся в результате коллапса (подобно тому, как двумерный горизонт событий черной дыры сформировался в результате коллапса трехмерной звезды), то коллапс должен был происходить в четырехмерном пространстве.

Многомерный сценарий, когда количество пространственных измерений превосходит известные нам на единицу, так же стар, как и сама теория относительности. Впервые эта идея была предложена Теодором Калуцей (Theodor Kaluza) в 1919 г. и расширена Оскаром Клейном (Oskar Klein) в 1920 г. Идея была надолго забыта, почти на полвека, пока вдруг не стала востребованной в струнной теории в 1980-х гг. Недавно старая идея пригодилась снова — для создания космологических моделей «миров на бране».

Все известные формы вещества и энергии сосредоточены в нашем трехмерном мире и, как в мире кино, не могут выйти за пределы плоского экрана. Исключение составляет гравитация, которая может распространяться во всем многомерном балке

Основная идея мира на бране заключается в том, что наша трехмерная Вселенная погружена в пространство большего числа измерений. Тогда трехмерный мир называется «браной», а объемлющее пространство — «балк». Все известные формы вещества и энергии сосредоточены в нашем трехмерном мире и, как в мире кино, не могут выйти за пределы плоского экрана (подобно уже упомянутым теням на стене из притчи Платона). Исключение составляет гравитация, которая может распространяться во всем многомерном балке.

Рассмотрим четырехмерную объемлющую Вселенную, которая могла существовать до Большого взрыва. В ней, как и в нашей Вселенной, могли бы быть звезды и галактики — только уже четырехмерные. И звезды, сжигая топливо, могли бы также обращаться в черные дыры.

На что похожа четырехмерная черная дыра? У нее есть горизонт событий, поверхность «невозвращения», из-под которой не может уйти свет. Но вместо двумерной поверхности, которая образует горизонт событий в трехмерной черной дыре, этот горизонт был бы пространственно трехмерным.

В самом деле, моделируя коллапс четырехмерной черной дыры, при определенных условиях можно получить, что сбрасываемая звездой оболочка образует расширяющуюся трехмерную поверхность, которая содержит внутри себя трехмерный горизонт событий. Наша Вселенная и есть эта трехмерная оболочка, «трибрана» — голограмма коллапса четырехмерной звезды в черную дыру. Сингулярность Большого взрыва оказывается навсегда скрытой от нас трехмерным горизонтом событий.

Несмотря на то что модель голографического Большого взрыва решает ряд фундаментальных космологических проблем, в частности проблему происхождения нашей Вселенной, она порождает ряд своих собственных загадок. Например, откуда взялась прародительница нашей Вселенной?

Насколько это реально?

Рассмотренная выше модель обладает рядом особенностей, в том числе отсутствием голой сингулярности, породившей нашу Вселенную. Решаются ли в этой модели важнейшие проблемы космологии: плоскостность и однородность? Поскольку четырехмерная объемлющая Вселенная могла бы существовать сколь угодно долго в прошлом, то в ней давным-давно должно было установиться температурное равновесие. Балк должен быть достаточно гладким и мог бы передать это свойство и нашей трехмерной Вселенной. Гладкость нашего мира могла бы определяться и «теоремой об отсутствии волос» у четырехмерной черной дыры. Чем больше масса четырехмерной черной дыры, тем более плоской окажется трибрана. Таким образом, плоскостность нашей Вселенной — следствие коллапса очень массивной четырехмерной звезды.

Рассмотренная модель голографического Большого взрыва решает не только основные космологические задачи (плоскостность и однородность Вселенной в стандартной космологической модели) без введения понятия «инфляция», но и проблему начальной космологической сингулярности, делая ее скрытой.

Озвученная идея на первый взгляд звучит нереалистично. Однако, возможно, найдутся способы проверить ее методами наблюдательной космологии. Один

из способов — изучение микроволнового реликтового излучения. Вне нашей трибраны мы можем ожидать существования материи, лежащей в объемлющем четырехмерном балке. Эта материя гравитационно связана с черной дырой. Флуктуации температуры в такой материи могли бы создавать флуктуации уже в обычной, трехмерной материи, которые, в свою очередь, могли бы создать неоднородности в реликтовом излучении. Последнее же — непосредственный объект наблюдений астрономическими приборами, и подобную рябь хоть и очень трудно, но в принципе можно обнаружить.

Еще один способ проверить существование многомерности — следующий. Четырехмерная черная дыра может вращаться (довольно обычное утверждение для трехмерных черных дыр). В этом случае наш трехмерный мир на бране должен обладать слегка нарушенной симметрией, т.е. крупномасштабная структура нашей Вселенной должна различаться в разных направлениях. Такое различие тоже можно попытаться найти в данных по микроволновому реликтовому излучению.

Несмотря на то что модель голографического Большого взрыва решает ряд фундаментальных космологических проблем, в частности проблему происхождения нашей Вселенной, она порождает ряд своих собственных загадок. Например, откуда взялась прародительница нашей Вселенной?

Для ответа на этот вопрос мы можем снова обратиться к притче Платона. Когда узники вышли из пещеры, то солнечный свет выжег им глаза. Чтобы привыкнуть к яркому свету, нужно время. В начале пути познания мира узники пещеры могли изучать тени на ее стенах. Потом они смогут увидеть звезды и Луну. Позже они познают солнечный свет и сделают правильный вывод о том, что Солнце не только порождает все тени, что они видят на стенах пещеры, но дает и день, и ночь, а также смену времен года. Люди из притчи Платона никогда не постигнут того, что находится за пределами возможностей Солнца, точно так же как мы не понимаем устройства многомерного мира. Но, по крайней мере, мы с ними знаем, где можно искать ответы на вопросы о строении мироздания. ■

Перевод: О.С. Сажина

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Двали Г. Кто нарушил закон тяготения? // ВМН, № 5, 2004.
- Малдасена Х. Иллюзия гравитации // ВМН, № 2, 2006.
- Тернер М. Происхождение Вселенной // ВМН, № 11, 2009.
- Out of the White Hole: A Holographic Origin for the Big Bang. Razieh Pourhasan, Niayesh Afshordi and Robert B. Mann in Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, Vol. 2014, Article No. JCAP04(2014)005; April 2014.

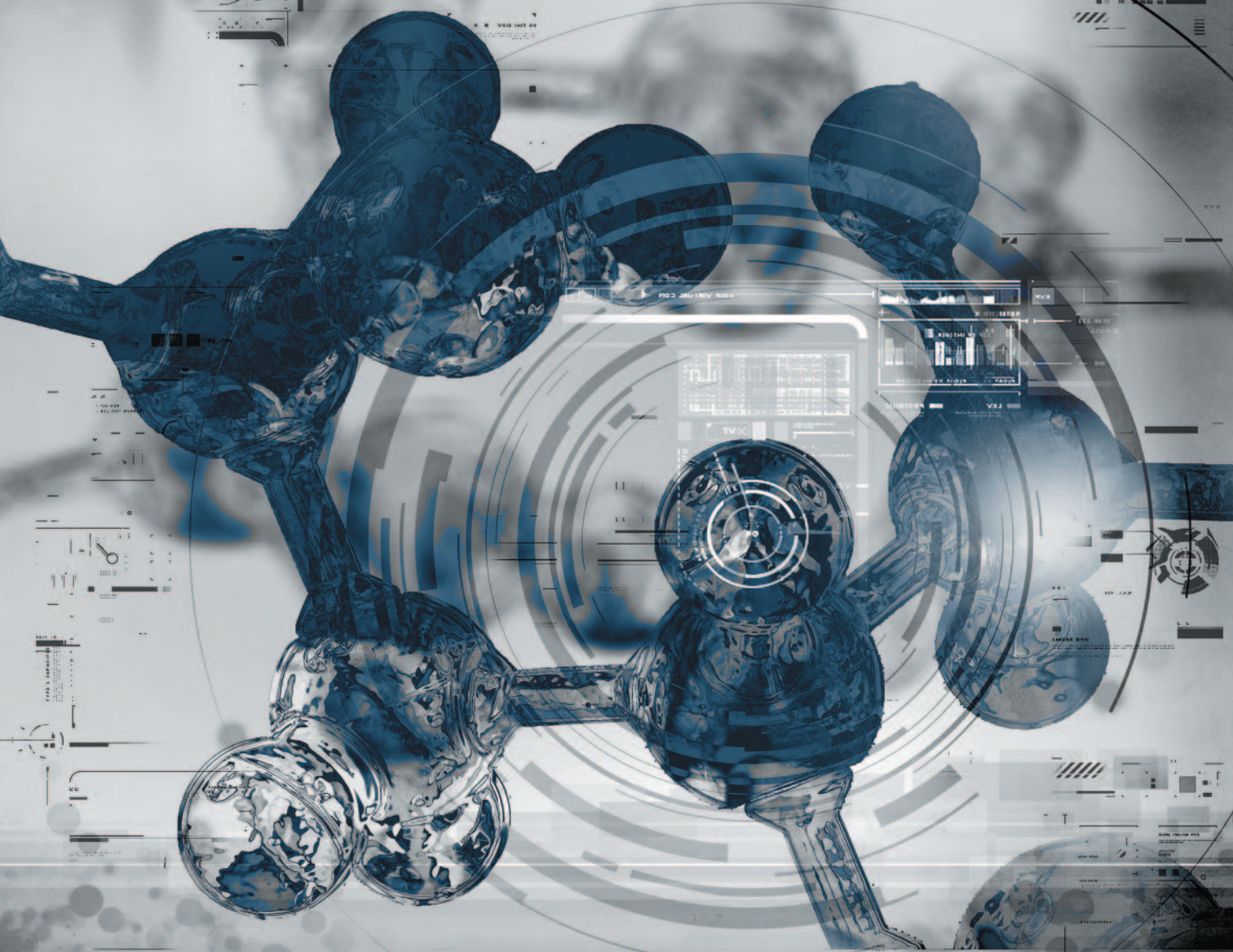
16+



www.naukatv.ru



www.facebook.com/nauka20



просто о
сложном



НАУКА 2.0
ТЕЛЕКАНАЛ

РЕКЛАМА





НОВОРОССИЯ

в зеркале истории

26 августа 2014 г.
по инициативе Института
российской истории РАН
и Российского исторического
общества в президиуме
Российской академии
наук состоялась встреча
председателя Государственной
Думы, председателя Российского
исторического общества **Сергея Евгеньевича**
Нарышкина и президента РАН **Владимира**
Евгеньевича Фортова с историками — членами
авторского коллектива академического труда
«История Новороссии». Участники встречи
обсудили замысел и план коллективной
монографии



Открывая встречу, председатель Государственной Думы отметил: «Уместно вспомнить, что как раз в этом году исполняется 250 лет с тех пор, как Новороссия приобрела статус одной из губерний Российской империи, именно 250 лет назад соответствующий манифест был подписан Екатериной II». Сегодня многим людям довольно трудно разобраться в причинах украинского противостояния, а главное — понять, как выйти из этого кризиса. «Считаю, что в такой ситуации, в такой напряженной обстановке только объективный и спокойный подход может помочь найти ответы на многие вопросы». Необходим диалог с участием специалистов, экспертов и ученых, дискуссия в академической среде. «Наука сегодня должна быть востребована как никогда раньше, в том числе и историческая наука».

По словам президента РАН В.Е. Фортова, «историческая память помогает правильно и объективно понять то, что происходит». Знание истории открывает возможности для нашего общего движения вперед, которое должно быть основано не на конфронтации, а на понимании общих корней, общих исторических судеб. Мы сейчас находимся в очень непростой ситуации, ищем из нее выход, и поэтому

Карта Новороссии 1800 г.

Карта Новороссийской губернии из 12 уездов. Масштаб 48 верст в дюйме (~20 км в 1 см). Источник: Вильбрехт А.М. Российский атлас, из сорока трех карт состоящий и на сорок одну губернию империю разделяющий. СПб.: Географический департамент, 1880.



Президент РАН В.Е. Фортвов и председатель Государственной Думы и Российского исторического общества С.Е. Нарышкин

чрезвычайно важна «принципиальная и объективная оценка, которую может дать нам только наука». Академия наук с большим вниманием относится к этому научному труду.

Директор Института российской истории РАН Ю.А. Петров говорил о том, что история — учительница жизни, но здесь «взаимосвязь и обратная: жизнь нередко заставляет историков реагировать на происходящие события». Корни того, что происходит сегодня на юго-востоке Украины, уходят глубоко в историю. Задача инициативной группы Института российской истории — «создать академический, добротный, спокойный, аргументированный труд, который бы действительно раскрыл всю непростую и долгую историю этого региона с его особым статусом и во времена Российской империи, и в советский период тоже».

Важнейшая составляющая этой проблемы, по мнению директора Института этнологии и антропологии РАН В.А. Тишкова, связана с традиционным этническим многообразием этого региона. Нужно подумать о привлечении к работе над монографией крупных ученых из Национальной академии наук Украины. Хотелось бы, чтобы этот труд помимо высокого академического стандарта был обращен к широкому кругу читателей не только в России, но и на Украине и в других странах. Ученый призвал «воспользоваться этим изданием для изложения как можно более полной и объективной, безукоризненной, если так можно сказать, с сегодняшней точки зрения, академической версии истории».

Завершая встречу, С.Е. Нарышкин поддержал предложение включить академический труд «История Новороссии» в план приоритетных проектов Российского исторического общества, отметив, что перед авторами не стоит задача закончить книгу к определенному сроку, но «есть задача сделать хорошую работу».

«Историки откликаются и на вызовы прошлого, и на вызовы современности»

Интервью с директором Института российской истории РАН Ю.А. Петровым

— Юрий Александрович, почему именно сегодня возникла идея создания академического труда об истории Новороссии? Чем вызван интерес к этой теме?

— Это было коллективное решение Института российской истории. Мы, историки, живем не в башне из слоновой кости и реагируем на происходящее в обществе. Проблемы и серьезные драмы, которые разворачиваются на наших глазах, не оставляют нас равнодушными. И мы в меру своей компетенции хотели бы помочь обществу понять, что происходит. В марте этого года на собрании Российского исторического общества мы объявили, что наш институт будет работать над историей Крыма. А последние события на юго-востоке Украины подвигли нас к тому, чтобы создать академический, фундаментальный, достоверный труд по истории этого крайне важного и недооцененного в современной Украине региона под дореволюционным названием «Новороссия». Почему это важно? Потому что сегодняшняя трагедия стала результатом не просто сиюминутных политических игр и амбиций. У этого конфликта, к сожалению, глубокие исторические корни.

— Что такое Новороссия? Как она возникла? Каковы ее география и история?

— Если говорить об истории этого края, это были северные причерноморские степи, можно сказать, степной коридор из Азии в Европу. В прошлом эти земли назывались Диким полем. Постоянного населения здесь

до XIX в. практически не было, только кочевники пасли табуны. Эта территория находилась под влиянием Крымского ханства, вассала Османской империи. Геополитическое развитие Российского государства вело к тому, что оно, чтобы обезопасить себя от набегов крымских татар, продвигало свои границы — так называемые засечные черты, т.е. черты крепостных укреплений, — к югу этой местности. Этот процесс начался еще в XVI в., а к XVIII в., уже при Петре I, стало очевидно, что геополитические интересы России требовали выхода к Черному морю. Задачу решила Екатерина II, которая в ряде войн с Османской империей отвоевала эти земли, включая Крым, присоединенный к России в 1783 г., а северная часть причерноморских степей была присоединена немного ранее. И в этом году мы отмечаем 250-летие образования Новороссийской губернии.

— Для многих название «Новороссия» звучит сегодня как новый термин. Он практически не употреблялся в советское время даже в научной литературе. Как возникло это слово?

— Новороссия — губерния, которая была образована Екатериной II, и название, которое она ей дала, было глубоко символично. Некоторые придворные льстецы предлагали назвать эту новую область России Екатеринославской губернией, но она на это не согласилась, а нашла очень удачное, как мне кажется, наименование — Новая Россия, Новороссия. С одной стороны, оно вызывает ассоциации с Новым Светом, с освоением новых географических пространств, а с другой — подчеркивает то, что эти земли стали новой частью российского государства. Повторю, что постоянного населения там было очень немного, может быть, несколько десятков тысяч человек на весь огромный регион. И Екатерина поставила задачу освоения, прежде всего заселения этих земель. И задача эта была успешно решена. К моменту образования Новороссийской губернии на ее огромных пространствах начиная от Одессы и Бессарабии и кончая на востоке уже Прикубаньем проживало менее 100 тыс. человек, а через 50 лет там уже жило 1,5 млн человек.

— Кем были эти переселенцы в этническом и социальном плане?

— Это были крестьяне и казаки с Украины, а также великороссы, которых переводили сюда с целью освоения новых территорий. С этим, кстати, связана фабула «Мертвых душ» Н.В. Гоголя. Павел Иванович Чичиков скупал у помещиков умерших крестьян, т.е. «мертвые души», для того чтобы получить казенную субсидию на перевод их в таврические степи для освоения новых земель.

Там были и иностранные колонисты. Екатерина II в известном манифесте пригласила в Россию своих земляков-немцев. Они поселились не только на Волге, где позднее возникла их автономия, но и в районе причерноморских степей. В городах, основанных Екатериной или ее последователями, — Одессе, Херсоне, Николаеве, Екатеринославе (нынешнем Днепропетровске), многих других — население было очень пестрым

по этническому составу. Возникали крупные общины из греков, евреев (особенно в Одессе), армян, бежавших от османского ига в Россию и получивших от Екатерины специальное поселение Нахичевань в районе Ростова-на-Дону. В многонациональном составе населения заключается один из глубинных трендов специфики Новороссии.

— Какой язык в этом этническом симбиозе был основным?

— Города в этом регионе большей частью заселялись русскими переселенцами, великороссами, и русский язык был самым распространенным и обиходным. По-украински говорили в основном в деревнях, где жили украинские крестьяне. Дальнейший этап еще более усилил русификацию этого региона, я бы назвал этот этап экономическим. Кстати, среди поселенцев были и южные славяне. Со времен Елизаветы Петровны сюда, в донецкие степи, приглашали сербов, которые спасались на новых землях от ига Османской империи. Возникает Новая Сербия (в основном ныне — Кировоградская область) и Славяносербия (на территории нынешнего Донбасса), которые вошли в состав Новороссийской губернии.

Со второй половины XIX в. в этом регионе начинается бурный экономический рост. Донбасс, Криворожье — это уникальное сочетание топливных и коксующихся углей и высококачественной железной руды. Район самой природой предназначен для развития металлургии. Сюда хлынули фабриканты, заводчики из России, из западных стран. Очень крупные инвестиции были вложены в экономику края французами, бельгийцами, англичанами. Известно, что город Донецк, называвшийся при советской власти Сталино, до революции носил название Юзовка — в честь англичанина-заводчика Джона Юза, который основал здесь металлургический завод. Этот маленький штрих говорит о том, что здесь были очень серьезные иностранные инвестиции. И благодаря совместным усилиям российских и иностранных предпринимателей за вторую половину XIX в. этот район из дикого захолустья превратился в огромный индустриальный центр, которым могла гордиться Российская империя.

— Учитывая этническое многообразие этого региона, можно ли говорить о Новороссии как о едином культурно-историческом феномене? Ведь как самостоятельная единица она существовала не так долго?

— Как единое целое Новороссия существовала до 1775 г., когда была разделена на Новороссийскую и Азовскую губернии. В 1783 г. обе они входят во вновь созданное Екатеринославское наместничество во главе с Г.А. Потемкиным. В 1796 г. Павлом I восстанавливается Новороссийская губерния, охватившая практически всю территорию Новороссии. В 1802 г. она разделяется на три губернии: Екатеринославскую, Таврическую и Николаевскую (вскоре ставшую Херсонской). Эти губернии составили основу административного деления и управления края вплоть до революции 1917 г., т.е. в административном плане она дробилась, но всегда оставалась историко-культурная специфика этого региона.





Границы Российской империи существенно расширились в годы правления императрицы Екатерины II (1762–1796). В 1764 г. была образована Новороссийская губерния, а в 1783 г. у Османской империи был отвоен и присоединен к России полуостров Крым.

И слово «Новороссия» звучало в XIX в. довольно часто, даже тот самый завод Джона Юза, который был основан на месте нынешнего Донецка, был построен компанией «Новороссийское общество каменноугольного, железного и рельсового производств». Этот регион стал индустриальным хребтом страны. Старый полуфеодальный Урал с его древесным топливом и невысокими технологиями отступал, а громадный район юга России, где заводы строились по новейшим технологиям, вырос до огромных масштабов. На современников Донбасс производил сильнейшее впечатление. У Александра Блока есть стихотворение «Новая Америка», созданное в 1913 г. Он побывал в этих краях и настолько проникся видом заводских труб в степи, что написал такие строки:

Путь степной — без конца, без исхода,
 Степь, да ветер, да ветер, — и вдруг
 Многоярусный корпус завода,
 Города из рабочих лачуг...
 <...>
 Уголь стонет, и соль забелелась,
 И железная воеет руда...
 То над степью пустой загорелась
 Мне Америки новой звезда!

Сравнение Донбасса с важнейшими металлургическими районами Европы и Северной Америки в те времена имело под собой все основания. Акции российских металлургических компаний широко распространялись по всей Европе. И сейчас на любом аукционе ценных исторических бумаг можно найти красивые, идеальные в полиграфическом смысле бумаги — акции с названием, например, *Dubovaya balka* или *Geltaya reka*. Все знали, что «Дубовая балка» и «Желтая река» — это не просто географические понятия, а огромные комбинаты.

— Как складывалась судьба Новороссии в XX в.? Как она оказалась в составе Украины?

— В начале XX в. сложилось противостояние между индустриальным востоком Украины и аграрным, относительно отсталым западом. Правобережная Украина была базой украинского национализма. Такие фигуры, как Петлюра, гетман Скоропадский, известный историк Грушевский, строили свою политику, идеологию на противопоставлении России.

Позиции большевиков были очень сильны в Донбассе, поскольку здесь был пролетариат, на который они сделали основную ставку. У советских властей во время Гражданской войны, в 1918–1919 гг., был план — создать в противовес националистическому Киеву самостоятельную Донецко-Криворожскую республику. Но по мере того как советская власть побеждала на территории всей Украины, от этой идеи отказались, и новороссийский регион был включен в состав УССР. Это было сделано не в последнюю очередь для того, чтобы промышленный потенциал и политический вес пролетариата этих восточных регионов могли бы воздействовать на западную часть страны. Маленький штрих: до 1934 г. официальной столицей Украинской Советской Социалистической Республики был Харьков. И только позже столица была переведена в Киев. Тем не менее, несмотря на серьезные меры советского правительства по так называемой украинизации региона, русский русскоязычный характер оставался у него всегда.

— Как вхождение в советскую Украину отразилось на этническом составе, культуре, языке Новороссии?

— В 1920-е гг., когда большевики сделали ставку на развитие титульных наций в республиках, началась так называемая политика коренизации, когда буквально насильственно распространялся украинский язык. Русских, не спрашивая, зачисляли в украинцы. Переписи населения этого периода показывают, как за три-пять лет ситуация кардинально изменилась: если в начале 1920-х гг. в Донецке абсолютно преобладало русское население, в конце 1920-х гг. оно вдруг стало украинским. Это была определенная политика. Но после Великой Отечественной войны подход стал противоположным: усилилась русификация этого края.

Для украинского этноса в рамках самоидентификации на протяжении его нахождения в империи, особенно после революции, был важен мотив противостояния с «Большим Братом» — с Москвой. Кто мы? Мы не русские, мы и не малороссы, мы украинцы. Это довольно болезненный и непростой вопрос созревания нации. Но строить политику на идее моноэтнического

государства, как это происходит сегодня, невозможно. Что они будут делать с евреями, греками, армянами и множеством людей других национальностей, которые живут на территории этого государства? Новороссия — особый регион со своей спецификой: симбиоз разных народов и собственная история, которая всегда была теснейшим образом связана с Россией. Эти связи никуда не делись, и их нельзя просто так разорвать.

— Расскажите, пожалуйста, об авторском коллективе этого академического труда.

— Мы сейчас еще в поиске, но основная канва определена. Это ученые академии наук из ведущих академических институтов: Института российской истории, Института славяноведения, Института этнологии и антропологии, возможно, Института всеобщей истории и Института археологии. К нам еще присоединяются представители вузовской науки: МГУ и РГГУ. Сейчас мы ведем поиски новороссийских или украинских партнеров. Я надеюсь, что мы включим в наш авторский коллектив ученых из ведущих вузов Донецка, Луганска и других центров.

— На какие исторические и археологические источники будут опираться авторы книги?

— Мы рассматриваем историю этого края с древнейших времен, со времен скифов и сарматов. Существует огромная масса опубликованных источников. Дореволюционный период достаточно неплохо изучен в историографии. Что касается советского периода, там могут быть новые документы, с которыми мы постараемся ознакомиться в наших российских и, если удастся, новороссийских архивах. Это будет коллективный труд объемом 60 авторских листов, т.е. около 700–800 страниц.

Хочу подчеркнуть, что это не учебное пособие, а именно фундаментальный академический труд, который потом можно будет взять за основу при разработке учебных пособий.

— Помимо истории Новороссии над какими исследованиями сейчас работает ваш институт?

— Мы приступили к работе над огромным коллективным трудом «История России с древнейших времен до сегодняшнего дня» в 20 томах. Это для нас самый главный, приоритетный труд. В целом институт изучает очень широкий спектр проблем нашей национальной истории. Это военная история, экономическая, социальная, гендерная. Мы занимаемся и периодом Средневековья, и новой историей, дореволюционной, и отдельно советским периодом, включая историю революции. Мы принимали активное участие в подготовке к празднованию столетия начала Первой мировой войны. В Институте подготовлена коллективная монография о России в годы войны, в которой рассматриваются экономическое положение страны, социальные процессы и политический кризис, который застиг Россию в 1917 г. К столетию Октябрьской революции мы планируем аналогичное издание, цель которого — исследовать, как реагировало российское общество на революцию.

Историки откликаются на вызовы как прошлого, так и современности. Мы хотим помочь обществу разобраться с тем, что происходит сейчас, исходя из того, что происходило ранее.

Беседовала Ольга Беленицкая



! Справка

Юрий Александрович Петров

Российский историк, доктор исторических наук, директор Института российской истории РАН.

- ✓ В 1978 г. окончил исторический факультет МГУ, работал в Государственном историческом музее заведующим экспозиционным отделом.
- ✓ С 1985 г. работает в Институте истории СССР (впоследствии Институте российской истории), занимая должность ведущего научного сотрудника Центра истории России XIX в. С 2010 г. — директор института.
- ✓ Кандидат исторических наук (1986 г., диссертация «Роль акционерных коммерческих банков Москвы в процессах формирования финансового капитала в России»), доктор исторических наук (1999 г., диссертация «Московская буржуазия в начале XX в.: предпринимательство и политика»).
- ✓ В 1990–2003 гг. Ю.А. Петров возглавлял отдел новой истории в журнале «Отечественная история» (ныне «Российская история»), с 1995 г. входит в редколлегия журнала. В 2004 г. занял должность заведующего сектором истории Департамента внешних и общественных связей Центрального банка РФ (Банка России).
- ✓ В 2007–2010 гг. — член экспертного совета РГНФ по российской истории до XX в., с 2010 г. — председатель экспертного совета РГНФ по истории России XX — начала XXI в.
- ✓ Лауреат Макариевской премии 2003 г.



COSPAR В МГУ: ИТОГИ

Ассамблея фантастических результатов



В августе, пока большинство студентов и преподавателей еще набирались сил для нового учебного года, в МГУ состоялась ассамблея COSPAR, которую без преувеличения можно назвать одним из главных научных событий в области космических исследований. COSPAR (Committee on Space Research), одна из ключевых организаций в международном космическом сотрудничестве, была создана в октябре 1958 г., вскоре после запуска первого искусственного спутника Земли. Однако, несмотря на явный приоритет СССР в этой области, лишь 13-я сессия прошла в нашей стране, в Ленинграде, в 1970 г. И вот теперь, спустя 44 года, впервые за всю историю научная ассамблея COSPAR состоялась в Москве. Сегодня организаторы этого грандиозного мероприятия не скрывают: они опасались, что из-за сложной ситуации в мире все сорвется и наши ученые останутся в грустном одиночестве. К счастью, науки о космосе в буквальном смысле оказались выше преходящих политических сложностей. Итоги нынешнего COSPAR подводит директор Института космических исследований РАН академик **Лев Матвеевич Зеленый**



По мнению директора Института космических исследований Льва Зеленого, современная астрофизика выглядит фантастикой — как на картине К.Ф. Юона «Новая планета»

— **Лев Матвеевич, довольны ли вы результатами прошедшей ассамблеи?**

— В целом все прошло достойно. Если вы спросите, каков главный научный итог, я затруднюсь выделить что-то одно. Было около 50 симпозиумов, и на каждом докладывались интереснейшие вещи. Программа ассамблеи представляет собой толстенную килограммовую книгу. Академик В.Е. Фортов сказал, что она читается как фантастический роман. Хотя там перечислены только заглавия докладов — сами доклады в книгу уже не помещаются.

— **Почему же как фантастический роман?**

— Потому что там очень много новых потрясающих результатов по самым разным направлениям — экзопланеты, гравитационные волны, физика молний, исследования Луны, будущие проекты и планы разных стран, очень интересные и смелые. Если бы такая книжка попала на глаза какому-нибудь ученому лет 20 назад, он бы счел, что это художественная литература, фантастика. В целом все получилось очень здорово. Конечно, мы опасались разных политических трудностей, того, что число участников будет невелико. Но, как оказалось, зря. Конечно, рекордной планки в 3 тыс. человек, которая была в Бремене в 2010 г., мы не достигли, но 2,4 тыс. участников — это тоже неплохо на уровне всех остальных COSPAR. Что особенно

порадовало — большое количество молодежи: мы делали для них специальные программы. Но было и много маститых ученых, в том числе из стран, которые объявили о проблемах сотрудничества с Россией, но на международную конференцию ключевые участники приехали. Скажем, коллеги из США — их делегация была очень представительной. Кстати, новый президент COSPAR профессор Мичиганского университета Леннард Фиск в тот момент, когда NASA объявило о прекращении контактов с российскими коллегами, занял очень твердую позицию. Он выступил с рядом обращений, в результате чего было принято решение американской академии, чтобы такие международные мероприятия, как COSPAR, никоим образом не затрагивались всеми этими преходящими политическими проблемами.

— **А ваши коллеги с Украины присутствовали?**

— Да. Не так много, как мы первоначально ожидали, но были. Надо сказать, у нас был специальный спонсор — компания ЛСР, которая выделила деньги на поддержку участников из стран СНГ, Эстонии, Латвии, Литвы и стран Восточной Европы, потому что все они, как правило, испытывают материальные затруднения. Благодаря этой спонсорской программе мы смогли им всем оплатить организационный взнос. Мы были рады видеть украинских друзей, и доклады у них были интересные. В частности, приехал легендарный человек — Клим

*Программа ассамблеи
представляет собой толстенную
килограммовую книгу — и это
лишь заглавия докладов, каждый
из которых имеет большую
научную ценность*

Иванович Чурюмов, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Украины, действительный член Нью-Йоркской академии наук и президент Украинского общества любителей астрономии. Это заслуженный и уже немолодой ученый, посвятивший свою жизнь в науке изучению «небесных странников» — комет. Наибольшую известность Климу Ивановичу принесло открытие двух комет: короткопериодической кометы Чурюмова — Герасименко в 1969 г. и долгопериодической Чурюмова — Соловникова в 1986 г.

И надо так случиться, что как раз в те дни, когда он оказался в Москве, произошло очень интересное событие — европейский аппарат *Rosetta*, запущенный десять лет назад, прибыл к той самой комете Чурюмова — Герасименко, открытой им 45 лет назад! Мы не подгадывали, так распорядилась небесная механика. Сам эксперимент очень интересный. На нем работали некоторые наши инженеры и техники, хотя официально Россия в эксперименте не участвовала. Однако мы с большим интересом ждем результатов. Была организована прямая трансляция из Центра управления полетом в Darmstadt, и все мы наблюдали, как происходит сближение, как аппарат встал на орбиту кометы. Очень красиво. А в ноябре будет высадка специального посадочного зонда на ее поверхность.

— Почему такое необычное название аппарата — *Rosetta*? Ведь все названия космических аппаратов несут какой-то смысл...

— Да, и здесь смысл, конечно, есть. Так его называли в честь камня, который был обнаружен во время французской экспедиции Наполеона Бонапарта в Египет в 1799 г. Было это недалеко от города Розетта (ныне Рашид), а потому камень назвали розеттским. Артефакт до сих пор хранится в Британском музее. На камне имеются три надписи, сделанные на разных языках, — древнеегипетские иероглифы, демотический текст и надпись на древнегреческом языке. Загадка в том, что древнеегипетского языка ученые до той поры, когда была совершена находка, не знали. Именно древнегреческий язык, который был хорошо изучен, стал ключом к расшифровке иероглифов. Аппарат так называли именно потому, что с его помощью, как мы все надеемся, можно будет расшифровать некоторые загадки Солнечной системы, возможно, даже узнать тайну происхождения жизни.

Кстати, именно на это в свое время был нацелен наш проект «Фобос», но все мы знаем, где он теперь оказался. Сегодня мы думаем об его повторении, но на новом техническом уровне, о чем я рассказывал на COSPAR. Это вызвало большой интерес. Мы теперь назовем его по-другому. Нельзя давать новому кораблю имя утонувшего, это плохая примета. Теперь он будет называться «Бумеранг»: он должен взять грунт и вернуться. Мы собираемся запустить его в 20-х гг. нынешнего века.

Наши коллеги из Института медико-биологических проблем рассказали об экспериментах на МКС. Говорили о спутнике «Фотон», который был запущен два года назад. Хотя там были проблемы с несколькими животными, которые в результате не дожили до посадки на Землю, в целом спутник отработал хорошо. Результаты очень любопытные.



Жан-Луи Пуже (миссия Planck)



Эдвард Стоун (миссия Voyager)

— **Насколько мне известно, большой интерес вызвали исследования нашего спутника — Луны.**

— Да, были крайне познавательные доклады американских коллег по результатам работы спутника *LRO* (*Lunar Reconnaissance Orbiter*) о радиации на Луне — для меня это во многом стало откровением. Я знал, что у них есть прибор, который определяет радиационный фон на Луне, но результаты его работы пока не печатались. На *COSPAR* они были впервые представлены полностью. Оказалось, что вблизи Луны очень сложная радиационная обстановка и высокий радиационный фон. Почему меня это особенно заинтересовало? Дело в том, что сейчас совместно с «Роскосмосом» мы планируем большую совместную программу, продолжающую проект исследования Луны на автоматических космических аппаратах. После этого, уже во второй половине 2020-х гг., планируется переход к пилотируемой программе. А для этого важно понимать все радиационные характеристики пространства вблизи Луны и условия на ее поверхности, так что американский аппарат сделал очень важную работу.

— **Есть ли уже предложения, как решать эту проблему?**

— Решать ее придется другим людям. Сейчас важно понять сам уровень проблемы. Мы хорошо понимаем, что такое радиация в межпланетной среде, но поверхности небесных тел без атмосферы и магнитного поля облучаются частицами, которые выбивают вторичные частицы, в частности нейтроны. И тогда получается дополнительный радиационный фон — уже вторичных частиц. Фон космической радиации везде один, для этого не надо лететь на Луну. А его сложение, суперпозиция с фоном от самого тела — вот что интересно понять. Это плохо изученные вещи, а теперь появились новые интересные результаты.

— **Что еще для вас стало откровением?**

— Откровением всегда становятся новые результаты по экзопланетам. Это уже ожидаемая сенсация: каждый месяц приносит все новые открытия планет, методы становятся более точными и совершенными, исследуются их атмосферы. Несколько планет находятся

Изначально планировалось, что COSPAR будет проводиться в новом московском конгресс-центре, который должен был появиться в районе Москва-Сити. Но начался кризис, и идею осуществить не удалось. Мы оказались у разбитого корыта — и на помощь пришел МГУ, который ведет свою активную космическую программу

в «зоне обитаемости», и на них теоретически может развиться землеподобная жизнь. Конечно, все это пока фантастические допущения, сказать наверняка никто не может, но условия для ее существования там вполне могут быть.

— **Иначе говоря, там должна быть жизнь.**

— Это неизвестно, должна она там быть или нет. Возможно, нужно еще что-то, чтобы жизнь возникла. Например, она могла бы там быть, если бы человек ее туда занес или сам бы поселился.

— **Биосфера на Земле ведь тоже могла возникнуть аналогичным образом, и это одна из научных теорий формирования жизни вообще.**

— Не совсем так. Есть много составляющих, важных для возникновения жизни. Расстояние от звезды, наличие атмосферы как таковой и в частности наличие там кислорода — все это необходимые, но недостаточные условия для формирования жизни. А вот какие условия достаточны, не знает пока никто. Хотя все, кто занимается этими вопросами, очень воодушевлены. Существует формула Дрейка, которая содержит множество неопределенных коэффициентов. Если раньше коэффициенты брались с потолка, то сейчас мы имеем возможность точнее оценить некоторые из них. Хотя неопределенностей по-прежнему остается немало, но со времен Дрейка, когда он выводил свою формулу, или Шкловского, который писал свою знаменитую статью об уникальности жизни на нашей планете, прошло много времени, и за это время оптимисты, которые надеются на «возможность встречи с иноземным существом», как пел Владимир Высоцкий, получают все больше и больше аргументов.

— **А у вас лично какое к этому отношение? Вы тоже надеетесь на такую встречу?**

— Кто же не хочет встретиться с Аэлитой!

— **Как вы относитесь к теории космической панспермии — распространении жизни во Вселенной с помощью комет?**

— Эта идея кажется мне разумной и интересной. Мы видим сейчас, в частности в экспериментах на МКС, где экспонируются микробы на внешней поверхности, под радиацией, под холодом, что они все равно живут, сохраняют фертильность, могут размножаться. Казалось бы, чего только с ними не делают, а они остаются «готовыми к бою».

— **Ведь все это может касаться Марса и сакраментального вопроса, есть ли на нем жизнь. Какие-то формы жизни могут там существовать, хотя школьные учебники утверждают обратное. Вчера ребенок принес из школы вопрос из домашнего задания: «Почему на Марсе нет жизни?»**

— Да, вопрос некорректный. Марс и Земля вышли из одного «детского сада», но и после того, как они разделились, между ними сохранилось взаимодействие. Оно осуществлялось при ударах больших метеоритов, когда с поверхности Марса отделялись фрагменты, и некоторые из них долетали до Земли. Есть такой класс метеоритов, которые с большой степенью вероятности относят

к марсианским. то же самое работает и в обратном направлении — метеориты ударяли по Земле, и фрагменты ее поверхности, может быть, со спорами жизни, долетали до Марса. Это, кстати, к вопросу о «Фобосе». Когда мы говорили, что привезем грунт с Фобоса, то имели в виду, что получим и грунт с Марса, потому что это выбиваемое метеоритами вещество оседало на его спутнике. Мы хотели поймать сразу двух зайцев — но не поймали ни одного.

— Надеюсь, эти результаты вы обязательно получите.

— И я надеюсь. На COSPAR тоже велись разговоры о доставке грунта с Марса, но это сложная задача. Организовать так, чтобы на Красную планету сел какой-то аппарат, забрал грунт и улетел обратно на Землю, — пока на современной технике такое осуществить крайне сложно. Поэтому такой проект если и будет осуществляться, то в две стадии: сначала один аппарат выйдет на околомарсианскую орбиту, от него отсоединится капсула с грунтозаборным устройством, а основная часть, которая вернется потом на Землю, не будет садиться на поверхность планеты, потому что это бы потребовало огромных запасов топлива. Эта многоступенчатая процедура пока существует только в перспективных планах освоения космоса. А исследуя Фобос, мы бы уже могли это вещество привезти.

— Лев Матвеевич, вы поневоле все время возвращаетесь к этой грустной теме. Может быть, хватит сожалеть о том, чего не изменишь?

— Здесь вы правы. Это тяжелая травма. После того как люди побывают в зоне военных конфликтов, с ними работают психологи. С нами психологи не работали. Хотя в этой роли выступил предыдущий руководитель «Роскосмоса» Владимир Александрович Поповкин. Он сказал примерно то же самое, что и вы, и при этом очень поддержал нас делом. Он положительно откликнулся на инициативу ученых участвовать в проекте *ExoMars*, понимая, как это важно для науки. Довольно быстро мы переключились на эту задачу, и сейчас все команды, которые занимались «Фобосом», вовлечены в *ExoMars*. Об этом на COSPAR тоже немало говорили. Владимир Александрович недавно ушел из жизни, и мы всегда вспоминаем его добрым словом.

— *ExoMars* — ключевой космический проект нашей страны, и ваш институт стал головной организацией в его осуществлении. Расскажите о нем подробнее.

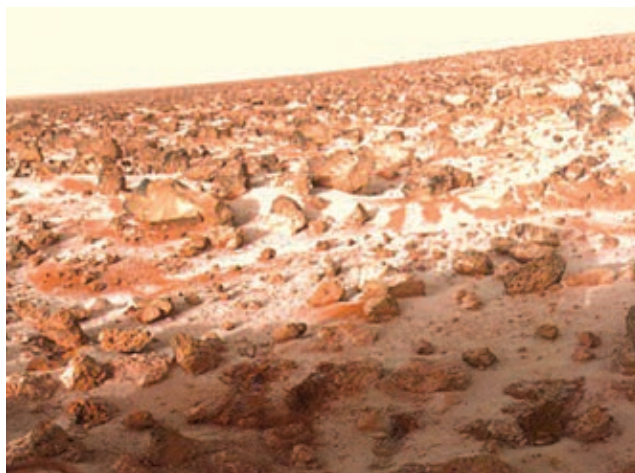
— В рамках проекта планируется как выполнение ранее намеченных научных исследований, так и решение принципиально новых научных задач. Важными задачами стали создание наземного комплекса приема данных и управления межпланетными миссиями, а также консолидация опыта российских и европейских специалистов при разработке технологий для межпланетных миссий. Россия в этом проекте должна сыграть важную роль, не только предоставив средства вывода для обеих миссий и многочисленные научные приборы для них, но также создав посадочный модуль для второй миссии.

Президент РАН академик В.Е. Фортвов назвал нынешний COSPAR ассамблеей фантастических результатов: звучали доклады о большом количестве прорывных, уже работающих в космосе проектов

Разработать и построить его должны инженеры Научно-производственного объединения им. С.А. Лавочкина.

Все это уже, что называется, на выходе. В 2016 г. летит европейский аппарат *Trace Gas Orbiter*, он будет исследовать редкие газы типа метана, которые могут свидетельствовать о какой-то биологической активности. Некоторые данные говорят о том, что в атмосфере Марса есть метан, другие, наоборот, о том, что он из атмосферы исчезает. Все эти противоречивые данные нуждаются в проверке. Наличие метана — это очень серьезный аргумент в пользу тех, кто говорит, что на поверхности Марса, там, где присутствует какая-то влажность, может существовать жизнь. Мы ведь знаем, что всякая жизнедеятельность связана с выделением каких-то веществ: в частности, коровы выделяют много «приятно пахнущей» смеси метана и других органических субстанций.

На *ExoMars-2016* будут работать два больших приборных комплекса, изготовленных в стенах нашего института, один для анализа нейтронного излучения, другой — состава атмосферы и поиска этих редких газов. А главная часть программы по миссии 2018 г. — это посадочный аппарат, который делает НПО им. С.А. Лавочкина. Там будет целый комплекс научных приборов для исследования сеймики, атмосферы, радиоизлучения, ионосферы, различных шумов, метеорологии — т.е. весь набор серьезных планетных исследований. Мы взяли обязательство перед европейскими коллегами привезти



Иней на поверхности Марса
(снимок марсианской станции Viking 2)



Осколки Чебаркульского метеорита



Вспышка сверхновой

туда марсоход, который называется «Пастер», и на нем также стоят два российских прибора. Марсоход по пандусу съедет с посадочной платформы, которая превратится в научную станцию, и начнет самостоятельную работу на Красной планете. Ждем прорывных открытий. Хотя мы не одиноки — к Марсу сейчас стремятся США, Индия, Китай.

— **Еще один важный проект, который подготовлен у вас в институте, — это малый спутник «Чибис» для изучения молний. Он ведь тоже был оценен по достоинству на COSPAR?**

— Сейчас все интересуются малыми аппаратами — это некая космическая мода. Большей частью они имеют учебное значение. Наш первый спутник такого рода, запущенный уже много лет назад (он тоже назывался именем маленькой птички — «Колибри»), имел именно образовательный характер. А «Чибис» — уже более серьезный спутник, он дает важные научные результаты. Сейчас мы думаем о продолжении проекта — аппарате «Чибис-2», который будет запущен с борта МКС.

— **Популярностью на COSPAR пользовались также междисциплинарные лекции.**

— Да, это очень престижная часть программы. Их отбирает специальная комиссия. Речь идет о самых новых научных результатах. В частности, была сессия по марсоходу *Curiosity*, который и сейчас работает, ищет следы воды на своем пути. Его специально посадили в таком месте, где не должно быть много влаги, однако он находит в грунте ее следы, хотя бы несколько процентов водяного льда. Жидкая вода на Марсе бывает, но очень редко, в основном марсианским летом и на экваторе. Уже доказано, что серьезные запасы воды есть под его поверхностью. И марсоход шаг за шагом это исследует. Были сенсации — якобы нашлись какие-то органические вещества. Однако впоследствии это не подтвердилось. На COSPAR сообщили, что марсоход продвинулся

дальше, дал новые важные результаты. Он проводит измерения не только содержания воды, но и атмосферных составляющих, и для специалистов это было очень любопытно.

— **Большой интерес вызвал доклад о Чебаркульском метеорите.**

— У нас сейчас не очень много работающих космических проектов, и на этом фоне метеорит стал для нас подарком природы. Доклад академика РАН Михаила Яковлевича Марова из Института геохимии и аналитической химии РАН им. В.И. Вернадского пришли послушать многие, яблоку было негде упасть, не то что метеориту. Он рассказал о результатах почти детективного расследования.

Тело, которое упало, — это маленький фрагмент самого метеорита. Его нашли, вытащили из озера. В своем полете оно неоднократно сталкивалось с другими телами, образуя некий космический бильярд. Внутри него нашли такие области, которые образовывались именно при очень сильном ударном воздействии, а не в результате того, что он обгорал в атмосфере Земли. Меня заинтересовала структура этого метеорита. Мы сейчас много говорим о метеоритной опасности, и поэтому очень важно понять физико-химические свойства метеоритов. По химическому составу этот камень оказался достаточно стандартным и был отнесен к одному из известных классов метеоритов. Но его структура оказалась необычной. По дороге он претерпел множество изменений. Изначально это было достаточно рыхлое тело, но из-за многочисленных ударов, которые он терпел на своем пути, при попадании в земную атмосферу у него образовались новые, достаточно плотные фракции.

— **А ведь по оценкам некоторых специалистов метеорита масштаба Тунгусского можно ждать в любую минуту, поскольку они падают раз в 100 лет.**

— Такие, как Тунгусский, падают реже — раз в 300–400 лет, хотя это очень условная статистика. Я скептически отношусь к паникерам, которые всерьез считают главной угрозой человечеству метеориты. Вероятность этого очень мала — как, например, то, что нам сейчас на голову упадет люстра. Или даже меньше. Есть гораздо более реальные опасности. Но это не значит, что их не надо изучать.

— Лев Матвеевич, расскажите о регистрации гамма-излучений кобальта-56 в результате вспышки сверхновой, о чем тоже шла речь на COSPAR.

— Этому докладу предшествовала наша статья в *Nature*. Действительно, не так давно российские астрофизики и их зарубежные коллеги впервые наблюдали гамма-излучение от распада радиоактивного изотопа кобальта-56 после вспышки сверхновой SN2014J, и эти данные блестяще подтвердили теоретическую концепцию того, что сверхновые такого типа — это гигантские термоядерные взрывы белых карликов, сверхплотных остатков звезд.

На COSPAR был еще один невероятно интересный астрофизический доклад наших коллег из Корнеллского университета о том, что в регистрации космических лучей сверхвысоких энергий нашли некий артефакт — анизотропное пятно сверхускорения космических лучей. Энергия там почти запредельная — 10^{18-19} эВ. Это так много, что даже непонятно, как такие частицы ускоряются. Обнаружена локальная область ускорения — горячее пятно, что в каком-то смысле противоречит всем имевшимся представлениям. Считалось, что все в космосе более-менее изотропно. А здесь — сильнейшая анизотропия, которая пока не имеет никакого объяснения.

— Почему ассамблею было решено проводить именно в МГУ?

— Ни у нас в институте, ни в академии, к сожалению, нет помещений, которые могли бы принять одновременно такое количество участников. К тому же это множество разных сессий и симпозиумов, поэтому одного большого конференц-зала, какой есть, например, в президиуме академии наук, недостаточно, — нужно множество залов и аудиторий, способных одновременно вместить 10–15 различных симпозиумов. Для этого нужен либо специальный конгресс-центр, либо университет. МГУ оказался идеально приспособленным для этой цели.

Изначально планировалось, что COSPAR будет проводиться в новом московском конгресс-центре, который должен был появиться в районе Москва-Сити. Но начался кризис, и идею осуществить не удалось. Мы оказались у разбитого корыта — и на помощь пришел МГУ. Виктор Антонович Садовничий сразу заинтересовался идеей. Надо сказать, МГУ ведет свою активную космическую программу. У них есть несколько своих малых спутников — недавно запустили малый спутник «Рэле» для исследования энергичных космических частиц. Единственной проблемой было то, что мы не поместились в одном корпусе. Пришлось делиться между двумя корпусами — Шуваловским и Ломоносовским,

и многим участникам приходилось совершать ежедневный моцион между корпусами. А там довольно приличное расстояние.

Те встречи COSPAR, которые проходят на университетских площадках, имеют совершенно особую атмосферу. Видимо, сказывается аура университетов, придающая мероприятию особое качество, которого достичь в формальном, безликом бизнес-центре невозможно. В этом своя прелесть. Хотя все равно конгресс-центр Москве обязательно нужен.

— Давайте подведем итоги этому масштабному мероприятию. Теперь, когда все позади, можете ли вы сказать, положила руку на сердце, что не зря все это затеяли?

— Конечно, не зря. Пожалуй, конференций соизмеримого масштаба в других областях знаний у нас в стране еще не было. И Москва показала, что может справляться с такого рода сложнейшими задачами. Чего греха таить, было много проблем — организационных и не

Успех нынешнего COSPAR был обеспечен слаженной работой многих организаций – ИКИ РАН, МГУ, аппарата правительства Москвы и Минобрнауки, что доказало: даже в сложный период наука может и должна объединять людей

только. Однако мы их решили. Успех COSPAR в том, что самые разные ведомства сработали дружно и сообща, и когда мы закончили, я всем послал благодарности — московскому правительству, руководителю департамента науки А.Г. Комиссарову, который очень нам помогал. Москва выдала всем участникам ассамблеи бесплатные, очень красивые проездные билеты. Мы не смогли бы ничего сделать без помощи МГУ, на плечи которого легла основная организационная тяжесть. Минобрнауки, с которым мы, к сожалению, не всегда находим общий язык, здесь работало с нами в одной команде. МОН очень существенно поддержал специальную новую программу для молодых ученых и учителей физики и астрономии. Около 100 школьных учителей из самых разных городов получили возможность приехать на нашу конференцию, активно в ней участвовали, посетили часть докладов и лекций — приобщились к тому духу науки, который царил на COSPAR. Это новая черта, которой раньше не было. Большую помощь оказал аппарат вице-премьера А.В. Дворковича, который был председателем оргкомитета. Я думаю, успех связан в первую очередь с тем, что была дружная, координированная работа самых разных ведомств, и это хороший пример на будущее. ■

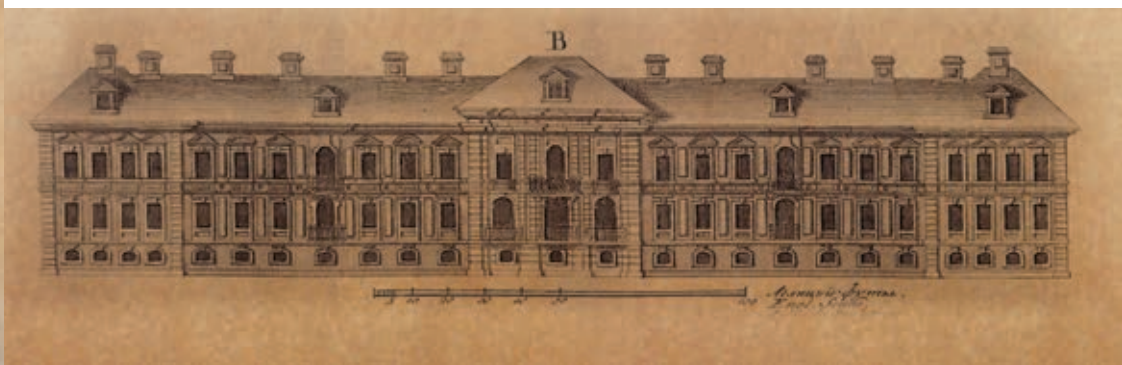
Беседовала Наталия Лескова



ВЗГЛЯД из глубин истории



Е.Г. Виноградов с рисунка М.И. Махаева. Проспект вниз по Неве реке между Зимним ее Императорского Величества домом и Академиею наук (фрагмент, правая сторона), 1753



Х.-А. Вортман. Фасад здания Императорской академии наук, 1741

В годовщину реформы академической науки в России журнал «В мире науки» обратился к истории главной научной организации страны.

*Почему академия наук в России отличается от западных академий, каким преобразованиям она подвергалась, можно ли найти в прошлом аналогичные нынешним реформы? За ответами на эти вопросы мы обратились к академику **Валерию Александровичу Черешневу**, автору статьи «Реформирование академии наук в прошлом и настоящем», вышедшей недавно в «Вестнике Российской академии наук» (т. 84, № 10)*

Интерес к истории академии наук у В.А. Черешнева давний. В 1990 г. за работы в области иммунологии его избрали в члены-корреспонденты, через семь лет он стал академиком, занимал должность вице-президента. Сейчас состоит в президиуме РАН, руководит Институтом иммунологии и физиологии Уральского отделения РАН. А еще занимается политикой. В 2007 г. В.А. Черешнев был избран в Государственную Думу РФ и с тех пор возглавляет Комитет Государственной Думы по науке и наукоемким технологиям. Собственно, в его думском кабинете и было записано это интервью.



Первый отечественный президент академии наук Кирилл Григорьевич Разумовский

— **Валерий Александрович, расскажите об академии наук с самого начала. Как она возникла в России, в каком историческом контексте?**

— Академия возникла при Петре I. Будучи в поездках по Европе — Голландии, Германии, Франции, — Петр удивлялся большому количеству университетов, которые служили учебным и научным целям. Они были там в каждом городе. В России ничего подобного не существовало, и Петр решил это изменить. Он 25 лет переписывался с выдающимся философом Лейбницем и советовался с ним по таким вопросам: как в России создать учебное заведение, подобное европейским университетам? Как это сделать в феодальном государстве, где большинство населения крестьянское? Где дети высшего сословия обучаются за рубежом? Петр сам был избран почетным членом Парижской академии. Идею создания академии наук он вынашивал долго, и за год до смерти,

в 1724 г., издал указ, которым основывал Санкт-Петербургскую академию наук и художеств, а при ней университет и гимназию. Как писал позже М.В. Ломоносов, университет без гимназии — что пашня без семян.

И представьте, как Петр все продумывал. Он создал в университете кафедры математики, физики и гуманитарных наук. Кафедры теологии там не было, в отличие от европейских университетов, где все строилось вокруг теологии. России другое нужно было совершенствовать: металлургию, машиностроение, строить корабли, вооружение. Мы же вели постоянные войны.

Первый регламент академии он попросил составить своего лейб-медика Лаврентия Блюментроста. В архиве сохранились черновики регламента с множеством исправлений Петра. Он понимал, что для создания системы науки и образования нужны выдающиеся педагоги, профессора, способные воспитать учеников, создать кафедры. Он придумал сделать свою академию за счет иностранцев. Многие выдающиеся ученые отказались ехать в Россию, в том числе Лейбниц. Они боялись как холода, так и неизвестности. Тогда Петр принял решение пригласить молодых иностранцев. Первым приехал 46-летний математик Герман Якоб. Его избрали первым российским академиком 8 января 1725 г. Вскоре Петр умер, и наследовавшая престол Екатерина I сразу разослала письма по дипломатическим посольствам о том, что все договоренности о приглашении ученых остаются в силе, что она сделает все, чтобы воплотить в жизнь мечту Петра о создании академии. Приехали еще 13 чело-

век, в их числе математик Эйлер — 19 лет, братья Бернулли — 25 и 26 лет. Так родилась российская академия наук.

— **Академию финансировало государство?**

— Конечно. Академию сразу взяли на государственное содержание, выделили 25 тыс. руб. в год. Академики получали зарплату 1000–1600 руб. в год — огромные деньги. Адъюнкт-академики получали 400–500 руб. Создали аппарат: президент, непререкаемый секретарь, казначей — «комиссар», как тогда его называли. Это удивило Запад, где академии государством в основном не финансировались.

Академики были обязаны читать лекции в университете, готовить себе смену. Они подбирали адъюнкт-академиков. Через несколько лет начали выбирать почетных членов. Академики захотели сами выбирать себе президента, но им не разрешали — президенты академии до мая 1917 г. назначались царем из лиц высокого

ранга, покровительствующих науке, ремеслам. Так обеспечивался быстрый контакт президента с царской семьей.

Но основная проблема академии была в кадрах. Их формирование шло с трудом. Только в 1733 г. академиком избрали первого россиянина — 24-летнего математика Василия Ададунова.

В 1736 г. М.В. Ломоносова направили как способного ученика в Германию. В воспоминаниях он пишет, как его поразил университет в Марбурге, отмечавший свое 200-летие. А в России из высших учебных заведений — духовная Спасская школа, которую окончил Ломоносов, и Киево-Могилянская академия. Университету при академии было в то время всего 12 лет. Тогда у Ломоносова появилась мечта создать настоящий учебный университет, и он ее воплотил в Московском университете.

Вернувшись из-за границы, 30-летний Ломоносов начал борьбу за отечественные кадры. В 1742 г. его вместе с ботаником Григорием Тепловым избрали в академию. Среди 15 академиков-иностранцев тогда было всего трое россиян.

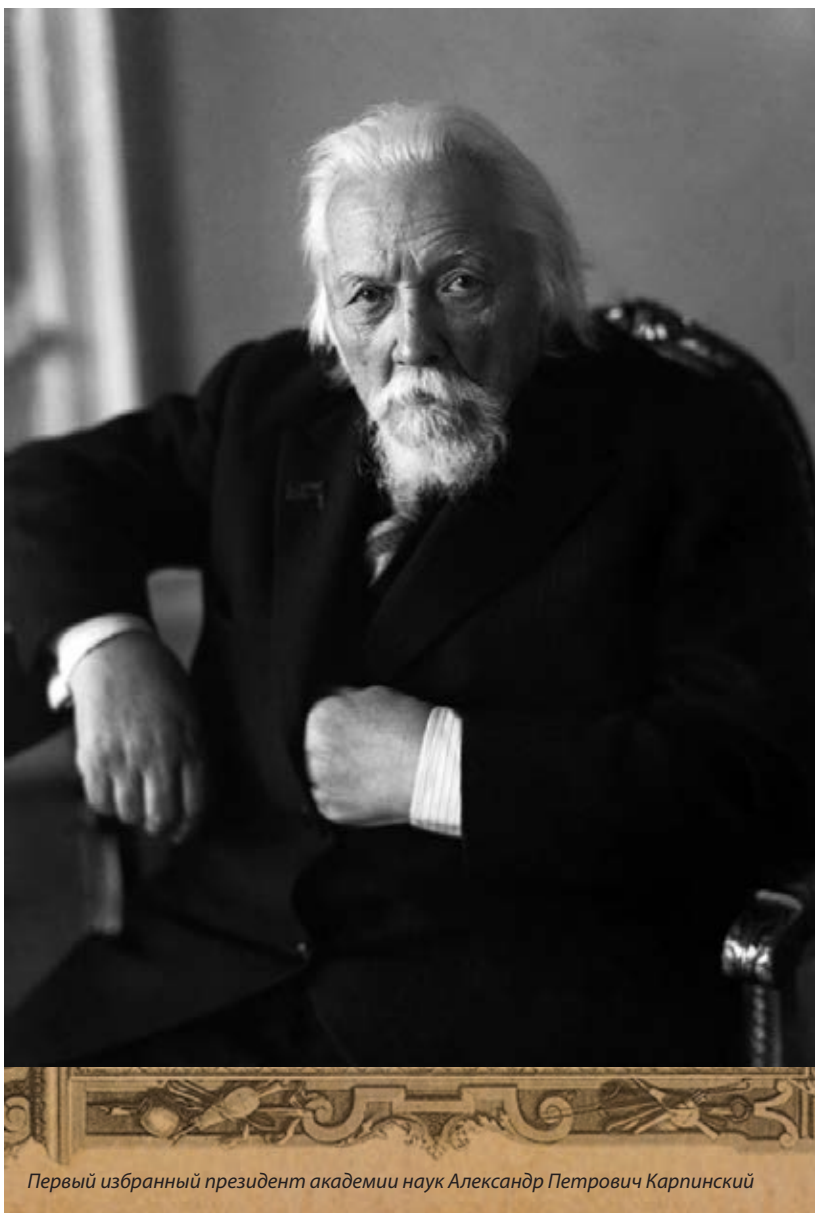
Надо продвигать наших, но как? Официальный язык — латынь, все работы печатаются на немецком и французском. Русская речь практически не звучит, лекции на латыни и немецком. Ломоносов настаивал, что каждый иностранец в академии должен знать русский язык. И сам начал читать лекции на русском. Три года он был ректором университета, привлек слушателей, там уже училось по 15 студентов.

— Как же все-таки переломили ситуацию с отечественными кадрами?

— Началось гласное и негласное притормаживание иностранцев в академии. Уже в регламенте 1747 г. сказано: «Стараться, чтобы адъюнкты были все из русских». В регламенте 1801 г. предписано при прочих равных условиях академиков избирать из россиян. Противостояние иностранцев и россиян в академии существовало долго.

Когда на трон взошла Елизавета, она сказала: будет все на русских началах, воспитаем своего президента. И воспитали — Кирилла Разумовского. Он возглавлял академию наук 52 года.

В 1841 г. к Санкт-Петербургской академии наук присоединили Российскую академию, которая занималась развитием русского языка. В Санкт-Петербургской академии наук было 20 академиков, а в Российской академии — 60 академиков, все россияне. Если механически объединить, то проблема численного превосходства



Первый избранный президент академии наук Александр Петрович Карпинский

иностранцев над россиянами в большой академии была бы решена. Николай I настаивал именно на таком варианте, он был за русские начала вслед за Елизаветой. Но академики воспротивились, потому что науки в Российской академии было немного. Ученые сами хотели решать, кто из литераторов заслуживает звания академика. И президент академии наук граф Уваров уговорил царя. В итоге они выбрали 15 человек во главе с Иваном Крыловым в ординарные академики, пять во главе Владимиром Далем — в члены-корреспонденты, остальных 40 сделали почетными членами. Перевеса россиян не наступило, но никто не был ущемлен. И создали для новых членов отделение — русского языка. Вот как делали раньше — продумали, и получалось хорошо.

— Какие еще в академии были острые вопросы, требовавшие реформ?

— Как я уже рассказывал, со времен основания проблема была в университете и гимназии: некого было учить. Крепостные не могли учиться, дети дворян и богатых уезжали за рубеж, в новый университет они никак не хотели идти. В 40–50 гг. XVIII в. на 17 академиков приходилось три ученика. После смерти Ломоносова академический университет закрыли, а в 1805 г. закрыли и гимназию. В 1819 г. университет пришлось возрождать графу Уварову, президенту академии наук. Трения между академией наук и университетами происходили постоянно. В академии ценились научные достижения, а наличие высшего образования, диплома — это все не имело значения. Есть выдающиеся труды — значит можно избирать академиком. Математик Михаил Остроградский, ученый с европейским именем, стал в 1828 г. академиком, хотя формально он университет не оканчивал. В уставах до 1865 г. включительно говорилось, что академик без ученой степени может занимать должность ординарного профессора. Это раздражало университетских преподавателей. В итоге в положении 1830 г. записали, что академия занимается только наукой, а преподавательская деятельность перешла в университеты. На Западе нашу академию уважительно называли «Василеостровский Ватикан» — потому что ее штаб-квартира находилась на Васильевском острове и за сосредоточенность на науке, определенную отчужденность от всего, с наукой не связанного.

После Февральской революции 1917 г. ученые обратились к властям с просьбой дать возможность выбрать президента и переименовать академию. Они не хотели называться императорской академией. Им разрешили называться Российской академией наук. А 15 мая состоялись первые выборы президента. Им стал 70-летний геолог Александр Карпинский. Началось время реформ, и ему приходилось лавировать. Большевики за три года поменяли в стране все и всех, кроме академии наук, которая жила по уставу 1836 г. Последний оплот империализма, как тогда говорили. Непременный секретарь Сергей Ольденбург был избран еще в 1904 г. и оставался на посту до 1929 г. — 25 лет. И ничего нельзя было сделать: избран на общем собрании, по уставу, зарплату получает. Если его убрать, то тогда придется всех убирать. Как? Сначала большевики создали в противовес Социалистическую академию общественных наук, которую объявили главной научной организацией страны, потом Всесоюзную ассоциацию работников науки и техники для содействия социалистическому строительству — ВАРНИТСО. К 1928 г. началась индустриализация страны, и власть потребовала план развития металлургии. Общественные академии план выработать не смогли. Страна была на 70% феодальная, заводов минимум. Только закончились Первая мировая война, гражданская, и дело шло к новой войне. Наука нужна была как никогда. И тогда ЦК партии просит академию наук помочь. К университетам обращаться им не хотелось, потому что в прошлом почти у всего советского руководства с ними были сложные отношения: их оттуда отчисляли, или они оканчивали их экстерном.

— Получается, в академии наук после революции принципиально ничего не изменилось?

— Было что-то вроде охранной грамоты от Ленина, который дал Луначарскому распоряжение «не озорничать вокруг академии». В первые годы после революции ее не трогали. Реформы были незначительными. В 1925 г. РАН переименовали в АН СССР. Изменили систему членства — упразднили звания адъюнкта, субординанного и ординарного академиков и оставили почетного члена — для иностранцев. Сейчас предлагают против традиций убрать членов-корреспондентов и сделать одноступенчатую систему членства, не учитывая, что раньше было еще больше градаций.

С 1930 по 1939 г. финансирование академии наук увеличилось в 25 раз. Начались выездные сессии на Урал, в Сибирь. Создали филиалы в Свердловске, Новосибирске. В 1917 г. у академии было 74 института, к 1939 г. стало 150. Было три отделения — стало восемь. Все это — для обороны страны. К Великой Отечественной войне академия наук подошла подготовленной. По плану эвакуации за три месяца все институты перенесли за Урал, в Среднюю Азию. После войны академиков было 123, членов-корреспондентов — 180. Героями соцтруда стали 20 академиков. Начали войну с дореволюционными винтовками и фанерными самолетами, а закончили лучшей армией мира. После войны благодаря академии наук страна совершила рывок — в космос, к ядерным технологиям. Всего за несколько лет из второго технологического уклада мы шагнули сразу в четвертый.

А там и реформы опять подоспели. Неожиданно Хрущев решил сделать академию наук поближе к жизни, и 50 институтов передают в отраслевые ведомства. Академик А.Н. Несмеянов был против, и ему пришлось в 1961 г., на полгода раньше срока, уйти с поста президента.

В 1964 г. на выборах в академию на вакансию академика выдвигался член-корреспондент Н.И. Нуждин, ставленник Лысенко, продолжатель его концепции. Его кандидатура была согласована с ЦК партии. Против выступил А.Д. Сахаров, ему тогда было 43 года, но он уже трижды герой труда, академик. Он прямо сказал о том, кто такой Нуждин, что он притеснял генетиков. Сахарова поддержал академик В.А. Энгельгардт, и Нуждина провалили. Тогда Хрущев, выступая на пленуме ЦК, где присутствовал и президент академии М.В. Келдыш, вдруг вспомнил эту историю и заявил, что кандидатура была одобрена Политбюро и ЦК, а если академия будет вмешиваться, то ее разгонят. Все были в шоке. В ноябре состоялся еще пленум, где Хрущева снимали с постов, и среди причин снятия был такой пункт: не смог наладить отношения с академией наук СССР.

— То есть раньше академию не реформировали столько кардинально, как в прошлом году?

— Гурий Иванович Марчук, последний президент Академии наук СССР, говорил, чтобы академию хотели разогнать трижды — в начале советской власти, Хрущев

и в 1991 г. Когда не стало Советского Союза, в научной среде выступили активисты и сказали, что АН СССР — это последний оплот коммунизма, поэтому ее надо ликвидировать и создать новую. И начали уже создавать, появились какие-то оргкомитеты. Но академики сказали Ельцину: зачем новое создавать? Переименуйте АН СССР в РАН, и все. Ельцину хватило решимости так и сделать. Но к 1996 г. финансирование РАН уменьшилось в пять раз, к 2000 г. — в 25 раз. Потом появились идеи сделать академию общественной, а науку перенести в университеты. В этом году финансирование РАН достигло уровня 1991 г., а поддержка вузов, наоборот, резко увеличилась.

Реформа 2013 г. — самая радикальная за всю историю академии наук. У академии всегда было государственное имущество в оперативном управлении. Теперь институты, земли, финансирование передали в ФАНО, а это принципиально новое в истории академии, новое и необычное за весь трехвековой опыт головного штаба фундаментальной науки в нашем государстве. ■

Подготовила Татьяна Пичугина

От редакции

Когда готовился материал, пришло известие о подписании соглашения о сотрудничестве между РАН и ФАНО России. Этот документ стал итогом года совместной работы руководства академии, его региональных отделений и Федерального агентства. Соглашение определяет порядок взаимодействия по различным направлениям, и к нему еще предстоит утвердить десять регламентов. Но главная цель соглашения — координация научных исследований, которые проводят институты трех академий, переданные теперь под управление ФАНО. А это более тысячи исследовательских организаций. Для сохранения их в работоспособном состоянии, смягчения процедуры перехода в новое управление академия наук пошла на многие компромиссы, несмотря на жесткое неприятие реформы. Но перевод институтов — это лишь небольшая часть работы по реформированию науки, теперь предстоит кардинально обновить их оборудование, подготовить новые кадры, поставить перспективные задачи. И РАН максимально этому способствует, ведь ее миссия — работать на благо российской науки, быть выше политики и приносить пользу стране.

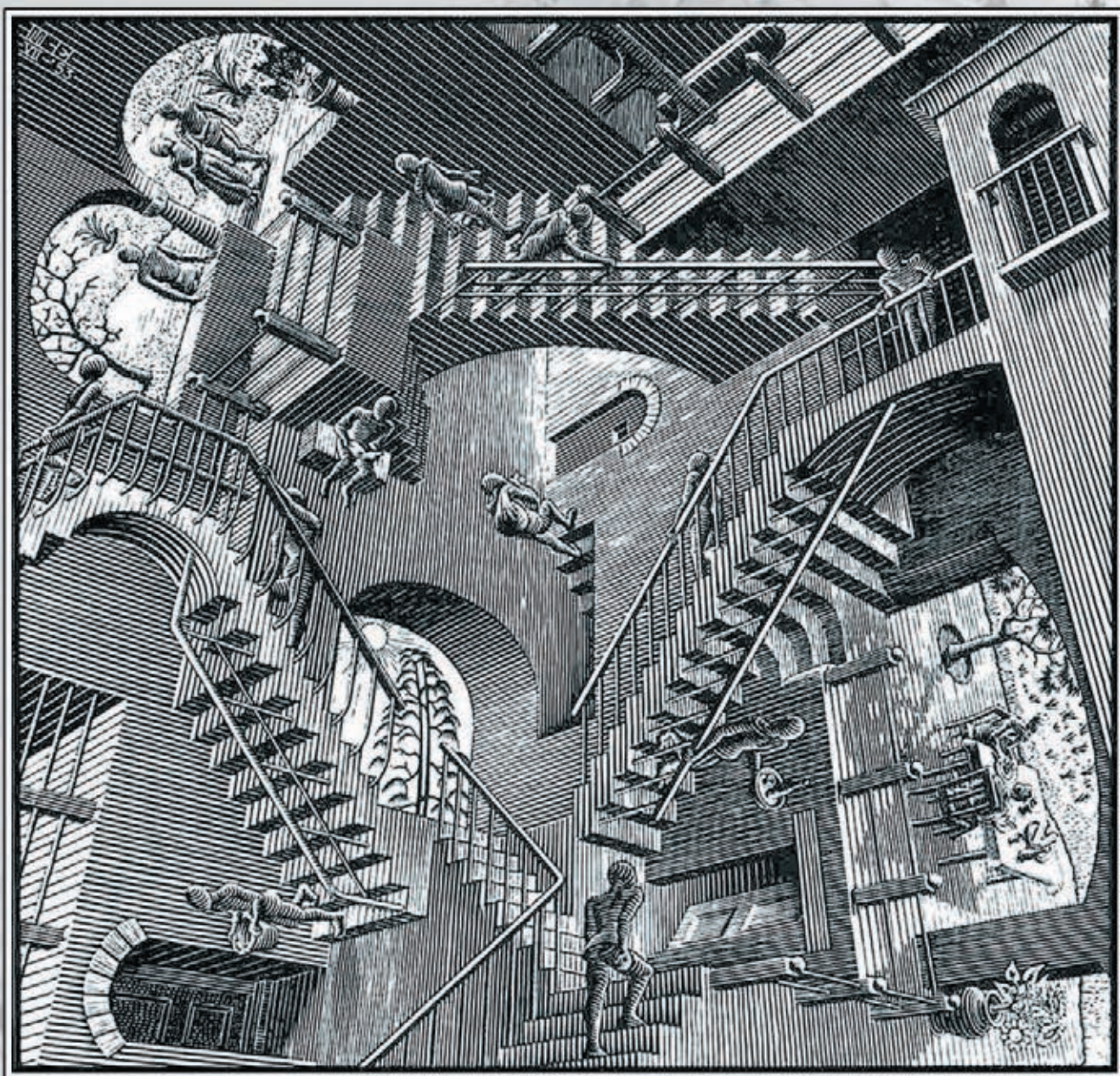


! Справка

Валерий Александрович Черешнев

Российский ученый и политический деятель, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН и РАМН.

- ✓ В 1988 г. — директор Института экологии и генетики микроорганизмов УрО АН. В 1999–2001 гг. — вице-президент Уральского отделения РАН. В 2001 г. — председатель Уральского отделения РАН. Член Президиума РАН. В 2002 г. был избран членом президиума Общенационального совета «Российской партии жизни». В 2007 г. избран депутатом Государственной Думы пятого созыва по списку «Справедливой России». Председатель Комитета по науке и наукоемким технологиям.
- ✓ Член Объединенного ученого совета по биологическим наукам, член правления Российского общества иммунологов и правления общества иммунологов СНГ, член Комитета Урала за глобальную безопасность, член экспертного отдела совета ВАК, член редколлегий ряда журналов, член попечительского совета Уральского государственного университета им. А.М. Горького.
- ✓ Был организатором проведения регулярных международных конференций по проблемам «Экология и иммунитет», «Микробное разнообразие».
- ✓ Специалист в области экологической иммунологии, автор и соавтор более 200 научных работ (в том числе девяти монографий, 12 изобретений и патентов). Подготовил 24 кандидата и доктора наук.
- ✓ Направление научных исследований — экология и иммунитет. Возглавлял исследования по установлению основных закономерностей нарушений иммунного гомеостаза при воздействии на организм экологически неблагоприятных факторов.
- ✓ Награжден медалью «За трудовое отличие», орденом Дружбы, орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени.



**Наука никогда не решает проблемы,
не создавая десять новых.**

Джордж Бернард Шоу



И невозможное возможно...

Александр Блок

Александр Шварцбург

ПАРАДОКСЫ нанооптики метаматериалов

Объединенный институт высоких температур РАН (Москва)
Институт космических исследований РАН (Москва)

*Оптика градиентных наноструктур предлагает новый взгляд
на старую проблему туннелирования света и открывает
путь к созданию необычных оптических систем*

Недавно автор этих строк был приглашен выступить на семинаре в Колорадском университете в Боулдере. Семинар проходил в Башне Гамова, приглашение было почетным: именно здесь, на одиннадцатом этаже башни, названной в честь знаменитого денверского профессора, предстояло напомнить о самом первом открытии Георгия Гамова, сразу взметнувшем его еще в 1928 г. в когorte первопроходцев новой физики, и, главное, рассказать о сегодняшних отголосках того давнего открытия. Аудитория собралась разномастная: атомщики связывали имя Гамова с радиоактивностью, астрофизики — с теорией «горячей Вселенной», биологи — с генетическим кодом, а его занимательные научно-популярные книги (в частности, «Приключения мистера Томпкинса») читали почти все. Но — место обязывало — научный прорыв следовало соотнести с новыми горизонтами для прикладных задач и технологии, для нанотехнологии, для искусственных материалов и особенно метаматериалов; к счастью, связка возникла естественно.



Георгий Антонович Гамов

Туннелирование: рождение парадигмы

Уроженец Одессы, выпускник Ленинградского государственного университета 23-летний Георгий Гамов имел в 1927 г. редчайшую в СССР того времени профессию — физик-теоретик. Эта профессия дала ему тоже редкую тогда возможность поехать в зарубежную научную командировку в Геттинген, где работал тогда самый молодой профессор Германии — Вернер Гейзенберг, а оттуда — в Копенгаген, в Институт им. Нильса Бора. Приехав, гость сразу окунулся в «горячую» задачу: было известно, что при радиоактивном распаде атомных ядер излучаются два типа частиц, которые Резерфорд назвал «альфа» и «бета». Известна была и природа этих излучений: в частности, в альфа-частице опознали ядро атома гелия, состоящее из двух нейтронов и двух протонов (название «протон» тоже предложил Резерфорд), возник новый термин «альфа-распад». Однако, как водится, был и «скелет в шкафу»: покидая материнское ядро, альфа-частица должна преодолеть так называемый потенциальный барьер, созданный ядерными силами притяжения, а расчеты показывали, что работа частицы по преодолению барьера оказывалась больше энергии самой частицы. Возникал парадокс: такое нарушение закона сохранения энергии было невозможно, но это «невозможное» наблюдалось.

Размышляя над парадоксом, приезжий теоретик обратил внимание на формальное сходство недавно найденного уравнения, описывающего движение атомных объектов, — уравнения Шредингера — и классического уравнения, описывающего полное внутреннее отражение (ПВО) света на границе двух прозрачных сред. В рамках уравнения Шредингера движение атомных частиц представлялось с помощью нового вида воображаемых волн, так называемых «волн материи». Бывший в те годы ленинградским студентом академик И.К. Кикоин вспоминал, что это таинственное двуликое существо «волна-частица» студенты по-свойски наделили кличкой «волчица». В отличие от этой новинки оптическое явление полного внутреннего отражения было знакомо из школьных учебников.

Когда полтора века тому назад появилась электромагнитная теория света, закрепленная в знаменитых уравнениях Максвелла, в научный обиход вошли представления об электромагнитных световых волнах. Пользуясь этими уравнениями, профессор МГУ А.А. Эйхенвальд показал, что световая волна при ПВО не обрывается на границе сред: проникая в отражающую среду, амплитуда поля монотонно затухает в несколько раз на расстоянии порядка длины падающей волны, и, что было неожиданно, это затухание не связано с привычным поглощением волны. Если толщина отражающего слоя конечна, то волна, хотя и ослабленная, пройдет через слой. Такие случаи обозначают как нарушенное полное внутреннее отражение (НПВО), или туннелирование волн через фотонный барьер.

Пользуясь образным замечанием одного из патриархов теории колебаний профессора Л.И. Мандельштама о «волновой интуиции», можно было увидеть аналогию между загадочным проникновением волн материи, соответствующих альфа-частицам, через потенциальный барьер и эффектом экспоненциального ослабления светового потока при НПВО. От аналогии явлений и аналогии уравнений оставалось перейти к аналогии решений — и этот переход был совершен: в 1928 г. появилась формула Гамова, определяющая, в нарушение привычной механики, экспоненциально малую, но конечную вероятность прохождения волны, описывающей альфа-частицу, через потенциальный барьер, т.е. вероятность альфа-распада атомного ядра. Этот эффект не нарушает закона сохранения энергии.

Как известно, в определении импульса p квантовой частицы и ее координаты x всегда присутствуют неопределенности Δp и Δx , связанные с постоянной Планка $\hbar$ фундаментальным «принципом неопределенности» Гейзенберга: $\Delta p \times \Delta x \geq \hbar/2$; при этом неопределенность импульса частицы, пролетевшей через барьер, допускает неопределенность координаты за барьером

Как сказали бы сегодня, прорыв произошел на стыке наук — оптики и той новой науки, для которой Макс Борн придумал непривычное название «квантовая механика». После работы Гамова сформировалось новое понятие — туннелирование, общее для волновых полей различной физической природы. В процессах туннелирования периодические во времени колебания полей

сопровождаются их аperiодическими изменениями в пространстве, показатель преломления волны описывается мнимой величиной, а ключевое понятие «длина волны» не возникает, при этом другие характеристики таких процессов — скорость и время туннелирования — тоже требовали пересмотра. Многим из старшего поколения физиков концепция туннелирования казалась надуманной, а молодые ученые — язвительный Ландау в красной куртке, порывистый Гамов на гоночном мотоцикле, азартный игрок в пинг-понг Гейзенберг — не вязались с хрестоматийным обликом корифеев науки. Но, как философски заметил Макс фон Лауэ, физик старшего поколения, открывший дифракцию рентгеновских лучей: «В науке никогда один человек не убеждает другого, просто приходит новое поколение, которое с самого начала думает по-другому». Начиналась эпоха новой физики, понятие волны выросло в ключевой компонент научного климата эпохи, концепция туннелирования «заиграла» в разных областях физики, квантовой и классической: вместо расплывчатых словесных описаний наподобие «частичного проникновения радиации» или «просачивания частиц» появилось целое семейство породненных терминов — «туннельная эмиссия» и «туннельный переход», позже заговорили про туннельные диоды, туннельные микроскопы, туннелирование света через фотонный барьер и радиоволн через плазменный слой.

Сам автор теории альфа-распада к своей пионерской работе больше не возвращался, его извилистая научная судьба делала лишь первые зигзаги. Впереди было избрание в Академию наук СССР (самый молодой член-корреспондент — 28 лет), бегство с женой из СССР в 1933 г., участие в разработке американской водородной бомбы, космология Большого взрыва и захватывающая, почти детективная автобиография с «релятивистским» заглавием «Моя мировая линия» и иронические стихи, описывающие, например, дискуссию в космологии, а параллельно и позже — расшифровка генетического кода и работа в непрестижном по тому времени Колорадском университете в Боулдере в 11-этажной башне, названной потом

в честь знаменитого одессита, так и не ставшего нобелевским лауреатом, Башней Гамова. А теория альфа-распада, ответив на один вопрос, вскоре породила другой, не менее острый.

Перелеты в мнимом времени или свет быстрее света?

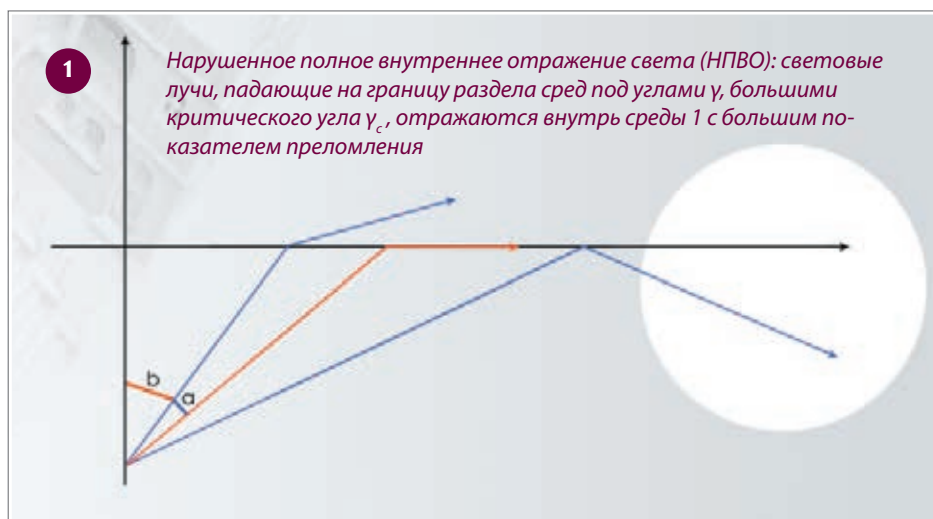
Когда обсуждают туннелирование частицы через потенциальный барьер, возникает естественный вопрос: какова скорость частицы v или ее пролетное время t внутри барьера, где энергия частицы меньше высоты барьера? По закону сохранения энергии скорости частицы следовало бы приписать мнимые значения, более того, связывая пролетное время t с толщиной барьера D соотношением $t = D/v$, пришлось бы приписать мнимые значения и времени t . Чтобы избавить теорию от странных «мнимых» времен, была выдвинута гипотеза о мгновенном, без задержки, пролете волн материи через барьер в режиме НПВО ($t = 0$). Однако такой вывод противоречил постулату теории относительно

сти о скорости света в вакууме (c) как о предельной скорости распространения любых физических воздействий. Вопрос остался открытым, но в течение трех десятилетий, последовавших за работой Гамова, были найдены вероятности туннельных переходов через различные типы потенциальных барьеров для множества задач спектроскопии, электроники и физики твердого тела. На фоне этих успехов парадокс тридцатилетней давности казался академической «заморочкой», а измерение малых времен туннелирования атомных объектов t представлялось тяжелой задачей. Однако послевоенные успехи радиотехники и наступление «лазерной эры» внушали надежду на упрощение задачи и — вместо эффектов НПВО воображаемых волн материи — измерение времени t для «привычных» электромагнитных волн.

Но, как говорил академик М.А. Леонтович, умение разгадывать парадоксы требует хорошего понимания физики, а отличное понимание физики — это умение придумывать парадоксы самостоятельно. Такое умение выказал Томас Хартман, обнаружив в 1962 г. новый парадокс в теории



Башня Гамова в Колорадском университете в Боулдере (США)



Луч света, падающий наклонно из среды 1 с большим показателем преломления n_1 в среду с меньшим показателем преломления n_2 , отразится назад, в среду 1, если угол падения γ больше так называемого критического угла γ_c . Величина угла γ_c зависит от соотношения показателей преломления n_1 и n_2 . Для границы стекло ($n_1 = 1,41$) — воздух ($n_2 = 1$) угол $\gamma_c = 45^\circ$. При более пологом падении (например, при $\gamma = 60^\circ$) падающие лучи из стекла в воздух не выйдут и, не проникая через их границу, полностью отразятся внутрь стекла — это и будет полное внутреннее отражение (ПВО) (илл. 1).

туннелирования света, возникший, казалось бы, на ровном месте — на страницах стандартного учебника металлооптики: как известно, металлическая пленка может пропускать ультрафиолетовое излучение, но непрозрачна для видимого света. Различие в прозрачности связано с существованием в металле газа свободных электронов высокой плотности — порядка $N = 6 \times 10^{22}$ частиц в кубическом сантиметре. Эти частицы совершают хаотические колебания, частота которых, так называемая плазменная частота, зависит от плотности газа и достигает значений порядка $\omega_p = 10^{16}$ рад/с, что в миллионы раз выше

частот дальней радиосвязи, таким высоким частотам ω_p соответствуют электромагнитные волны с длиной волны в воздухе $\lambda \approx 200$ нм, т.е. ультрафиолетовая часть спектра. Металлическая плазма непрозрачна для «низкочастотных» волн ($\omega < \omega_p$), поэтому излучение видимого диапазона $\lambda \approx 400\text{--}780$ нм и тем более инфракрасное (ИК) излучение ($\lambda > 780$ нм) туннелируют, затухая вглубь металла. Пользуясь термином из радиотехники, граничную частоту ω_p называют иногда частотой отсечки.

Про экспоненциальное затухание туннелирующей волны знают все, но менее известен другой сопутствующий эффект — «насыщение фазы» этой волны ϕ_t : фаза ϕ_t , в отличие от распространяющейся волны, не растет пропорционально длине пути D , а при выходе из оптически толстого слоя, содержащего несколько длин волн, стремится к постоянной величине, не зависящей от толщины слоя D . В этом случае пролетное время t , определяемое через фазу ϕ_t , также становится независимым от толщины D — эта независимость пролетного времени или времени распространения t от длины пути и составляет парадокс Хартмана. Если время t окажется короче времени распространения света на расстояние D в вакууме $t_0 = D/c$, то, казалось бы, можно говорить о НПВО со сверхсветовой передачей туннелирующего сигнала: «свет быстрее, чем свет». Сенсация? Правда, для выполнения сверхсветового условия $t < t_0$ нужно увеличивать толщину слоя D , а чем толще слой, тем поток туннелирующих фотонов слабее и тем труднее регистрировать этот поток. Но принципиальный вопрос все равно оставался открытым: можно ли, хотя бы гипотетически, обсуждать туннелирование фотонов со сверхсветовыми скоростями? Иными словами, можно ли распространить фундаментальный запрет на такие скорости, сформулированный ранее для волн, частота и длина волны которых связаны однозначно, на туннелирующие волны, у которых длина волны вообще не определена, и показатель преломления — мнимая величина? И что такое скорость таких волн: скорость ли это движения переднего фронта волнового импульса, или скорость его максимума, или скорость переноса энергии через барьер? Но все равно соблазн хотя бы в чем-то нарушить запрет теории относительности оказался притягателен, тем более что парадокс Хартмана был выведен прямо из признанной модели без каких-либо новых физических допущений. Атмосфера дискуссий особенно накалилась в преддверии 2005 г., когда отмечалось столетие специальной теории относительности, но и сегодня энтузиасты не прекращают поиск волн или частиц, туннелирующих быстрее света.

За несколько десятилетий до этого юбилея концепция туннелирования волн охватила совсем другую область, причем это второе дыхание возникло не из академических проблем, а из успехов нанотехнологии метаматериалов.

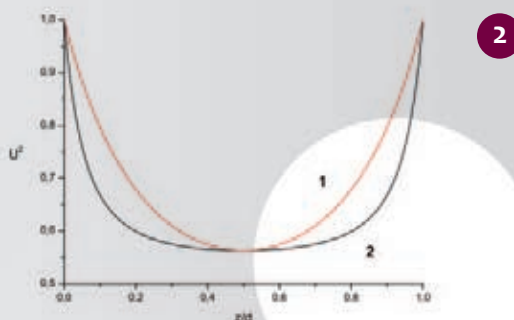
Градиентные метаматериалы: дисперсия по заказу

Говоря о метаматериалах, обычно имеют в виду искусственно созданные среды со специальными электромагнитными или акустическими свойствами. Такие среды позволяют контролировать параметры световых или звуковых потоков на малых расстояниях, соизмеримых с длинами волн или меньших, чем эти длины. В частности, для оптических систем, предназначенных для работы в видимой и инфракрасной части спектра, необычные

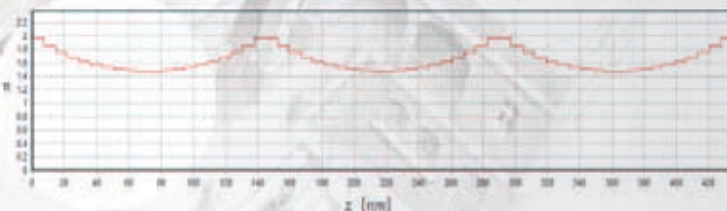
возможности открываются при использовании в этих системах наноразмерных металлических и диэлектрических структурных элементов, составляющих так называемые наноструктуры. Технологию и оптику наноструктур объединяет стремительно развивающееся направление сегодняшней физики — нанофотоника. Важной задачей нанофотоники стало создание оптических систем, обеспечивающих требуемые значения отражения, поглощения и пропускания света в заданной части спектра.

Обсуждая процесс НПВО в прозрачных однородных средах, мы предполагали для простоты, что показатели преломления сред не зависят от частоты волн. Однако такая зависимость существует: достаточно вспомнить металлические пленки, непрозрачные для видимого света, но пропускающие ультрафиолетовое излучение. Существование областей прозрачности и непрозрачности,

Профили нормированного показателя преломления n/n_0 в градиентном плоском слое в направлении Z , перпендикулярном к поверхности слоя; n_0 — значение показателя преломления на границах слоя, z/d — нормированная толщина слоя. Профили 1 и 2, имеющие одинаковые значения максимума и минимума, различаются формой и характеризуются разными спектрами пропускания; в структурах, связанных с илл. 3–5 и 6а, профили показателя преломления соответствуют кривой 1.

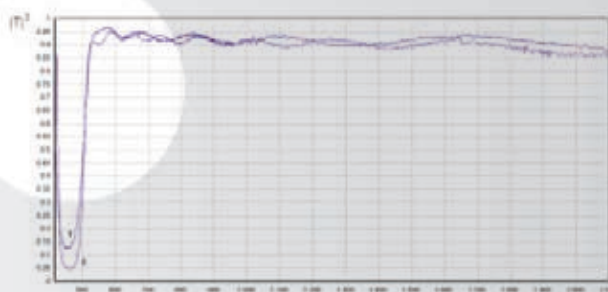


3



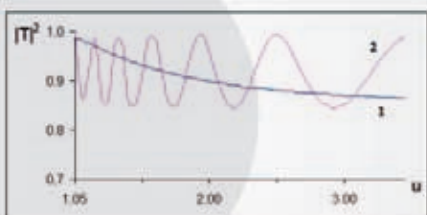
Пространственный профиль показателя преломления в периодической градиентной пленочной наноструктуре; толщина каждой пленки $d = 140$ нм, максимум и минимум показателя преломления составляют $n_{\max} = 2$ и $n_{\min} = 1,5$. Структуры с такими параметрами использованы в эксперименте (илл. 4) и при численном моделировании (илл. 5).

Измеренные спектры пропускания периодических структур, содержащих семь (кривая 1) и 11 (кривая 2) градиентных нанопленок; вне области сильной нелокальной дисперсии в видимой части спектра эти структуры можно рассматривать как широкополосные безотражательные покрытия, прозрачность которых почти не зависит от их толщины. В режиме НПВО ($\lambda > \lambda_c = 1320$ нм) эффективный перенос излучения ($|T|^2 \geq 0,9$) обусловлен туннелированием волн.



4

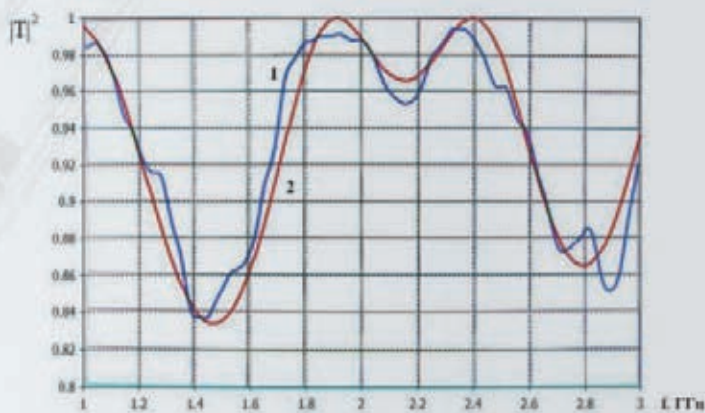
5



Спектры пропускания волн, туннелирующих через структуры, содержащие одну (кривая 1) и 20 (кривая 2) градиентных нанопленок с толщиной $d = 140$ нм; $|T|^2$ — коэффициент пропускания, безразмерный параметр $u = \Omega/\omega$, Ω — критическая частота пленки, ω — частота волн. Дискретное расположение «окон прозрачности» $|T|^2 = 1$ (кривая 2) в режиме НПВО определяется интерференцией аperiodических волновых полей в многослойной наноструктуре.

6a

Пористые пластиковые диафрагмы, создающие нелокальную дисперсию в волноводе, имитируют наноструктуру, показанную на илл. 3, линейка дает представление о размерах диафрагм.



6b

Спектр пропускания волновода, обусловленный нелокальной дисперсией пористой диафрагмы: $|T|^2$ — коэффициент пропускания, f — частота волн; кривые 1 и 2 соответствующие измеренным и рассчитанным значениям $|T|^2$, показывают соответствие эксперимента и теории.

разделенных частотой отсечки ω_p , показывает, что показатель преломления n , а значит и скорости волн, может зависеть от их частоты ω . Зависимость n от ω называют частотной дисперсией показателя преломления. Дисперсия — ключевая характеристика оптического материала, определяющая область его прозрачности, спектры отражения и пропускания и пригодность материала для создания оптической системы с заданными параметрами.

Однако дисперсия как металлических, так и диэлектрических составляющих наноструктур имеет ряд ограничений, затрудняющих оптимизацию параметров оптической системы видимого и ИК-диапазонов: 1) в материалах со свободными носителями заряда (металлы и некоторые полупроводники) область сильной дисперсии локализована вблизи частоты отсечки; однако в металлах эта частота, как отмечалось выше, лежит в ультрафиолетовой части спектра, а в полупроводниках эта частота обычно попадает в инфракрасный диапазон, где эффекты поглощения света усиливаются; 2) в материалах без свободных носителей (например, в стекле) дисперсия в видимой части спектра обычно невелика: показатель преломления во всем видимом интервале меняется лишь на несколько процентов, частота отсечки отсутствует.

Обойти эти ограничения оказалось возможно с помощью теории, основанной на новых точных решениях уравнений Максвелла. Эта теория предсказывала промежуточный вариант, позволяющий спроектировать материал с заранее заданной дисперсией — чисто диэлектрическую наноструктуру, без металлических включений, при условии, что показатель преломления этого диэлектрика изменяется в пространстве по заданному

закону (градиентный диэлектрик). Дисперсия такой структуры, а значит и ее оптические характеристики, зависят от пространственного распределения показателя преломления, причем вклад этой зависимости в дисперсию может стать решающим. Проявления такой зависимости удобно проследить, рассматривая простую задачу о преломлении света, падающего из воздуха в направлении нормали к плоской пластинке (направление Z), распределение показателя преломления поперек такой пластинки (профиль $n(z)$) показано непрерывной кривой 1 на илл. 2. Предполагается, что материал пластинки — прозрачный диэлектрик без свободных носителей, естественная дисперсия материала невелика, но в пластинке возникают сильная искусственная «геометрическая» дисперсия и критическая частота Ω , зависящие от формы профиля $n(z)$, его градиента и кривизны. Эта зависимость, отсутствующая в однородных материалах, может кардинально изменить оптические свойства пластинки: пропускание света через градиентную пластинку имитирует пропускание через слой плазмы, а частота Ω — плазменную частоту ω_p , хотя свободных электронов в пластинке нет. Так, пластинка толщины $d = 140$ нм, у которой профиль $n(z)$ меняется (илл. 2) от значения $n_0 = 2$ на гранях до минимального значения $n_{\min} = 1,5$ в середине, характеризуется критической частотой $\Omega = 1,428 \times 10^{15}$ рад/с, на порядок меньшей плазменных частот металлов; длина волны, соответствующая этой частоте $\lambda = 2\pi/\Omega = 1320$ нм, попадает в ИК-диапазон. Продолжая эту аналогию, можно, казалось бы, ожидать ослабления волн низкой частоты ($\omega < \Omega$, $\lambda > \lambda_c$), проникающих в эту пластинку в режиме НПВО, и сильного отражения от пленки — однако нет: теория предсказывала сюрпризы, не предусмотренные

классическими формулами Френеля, уже два века описывающими отражение и пропускание волн однородными слоями. На первый взгляд представлялось, что предсказанные эффекты противоречат здравому смыслу: а) область непрозрачности для низкочастотных полей, характеризуемая, как и при туннелировании в плазме, мнимыми значениями волновых чисел $k = 2\pi/\lambda$, возникает в прозрачной, но неоднородной среде; б) низкочастотные волновые поля внутри среды формируются интерференцией прямых и обратных волн, аperiodически изменяющихся в пространстве, результирующие амплитуды таких полей не падают экспоненциально; в) отражение волн от наноструктуры с мнимыми волновыми числами остается слабым даже тогда, когда толщина структуры в два–три раза превосходит длину световой волны; г) спектральный интервал, соответствующий режиму НПВО в градиентной пленке, зависит не только от максимума ($n_{\max}$) и минимума ($n_{\min}$) показателя преломления, но и от формы профиля $n(z)$; так, несмотря на совпадающие значения $n_{\max}$ и $n_{\min}$ для профилей 1 и 2 (илл. 2), интервалы НПВО для этих профилей не совпадают; д) волна, прошедшая через градиентную наноструктуру в режиме НПВО, формируется при интерференции аperiodических волн, возникающих на разрывах как показателя преломления, так и его градиента и кривизны.

Наряду с этими ожиданиями исследователей подстегивал и особый азарт: среди коллег бытовала подспудная уверенность в том, что настоящая новизна кроется в нелинейных волновых проблемах, а линейные задачи распространения волн давно уже решены, теоретику делать там нечего, и вдруг — такая «изюминка».

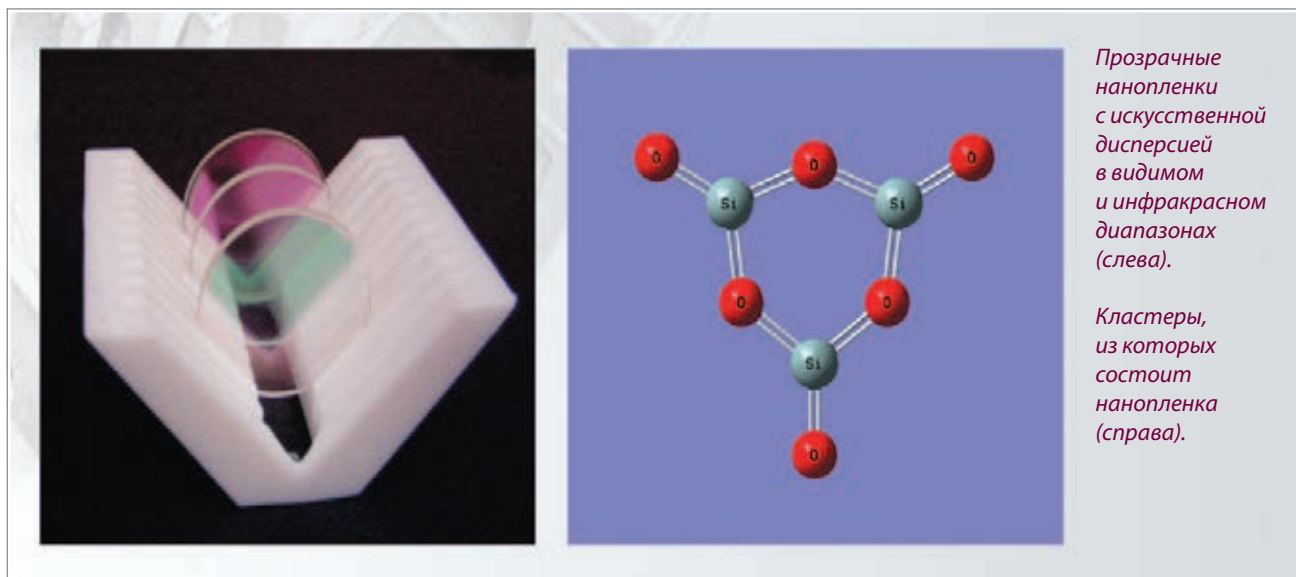
Новые эффекты хотелось поскорее «потрогать руками», но в природе таких материалов не найти, а градиентные нанополенки из диэлектрика с глубокой непрерывной модуляцией профиля $n(z)$ (илл. 2) не производили даже такие именитые фирмы, как Spectragon (Великобритания) и Jenoptik (Германия). За инновацию рискнули взяться в небольшом московском НПК «Фотрон-Авто». Там создали первые периодические градиентные наноструктуры из пленок с профилем, показанным на илл. 2. Профиль $n(z)$, модулированный в направлении поперек пленки, формировался при одновременной работе двух магнетронов, напыляющих смесь окисей тантала и кремния, имеющих разные показатели преломления, на плоскую кварцевую мишень. Компьютерная программа сложного движения мишени определяла переменный состав смеси, контролируя этим распределение $n(z)$ по толщине пленки; повторение этих операций позволило вырастить периодические структуры, содержащие несколько одинаковых градиентных нанополенок (илл. 3).

Меняя параметры наноструктуры, можно гибко «конструировать» дисперсию в любом наперед заданном спектральном интервале. Подчеркивая зависимость спектров пропускания (отражения) от пространственного распределения показателя преломления диэлектрической среды, говорят о нелокальной дисперсии. Возможность создания нелокальной дисперсии электромагнитных волн в заданном спектральном диапазоне указала

Сотрудники НПК «Фотрон-Авто» Ю.А. Обод и О.Д. Вольян измерили также и коэффициенты пропускания таких структур по потоку энергии $|T|^2$ в видимом и инфракрасном диапазонах. Примеры таких спектров $|T|^2$ показали ожидаемые эффекты искусственной дисперсии (илл. 4): 1) узкий глубокий провал в видимой области спектра ($|T|^2 < 5\%$); 2) сильную частотную зависимость пропускания, определяющую спектрально-селективные свойства наноструктуры в этой области; 3) широкополосное плато в спектре $|T|^2$, охватывающее часть видимого и ИК-диапазонов; 4) высокое и почти постоянное пропускание в области плато ($|T|^2 \approx 92\text{--}95\%$); 5) пропускание в области плато для наноструктур разной толщины, содержащих семь и 11 одинаковых пленок, различается не более, чем на 1–3%.

Если вспомнить, что критическая длина волны для наноструктур, показанных на илл. 3, определена выше ($\lambda_c = 1320$ нм), то свойства (4) и (5) в области $\lambda > 1320$ нм соответствуют необычному режиму НПВО в инфракрасной части спектра.

не только необычный механизм эффективного переноса излучения в неоднородных средах, своеобразный «фотонный туннель», но и пути лабораторного моделирования волновых процессов с переменной вдоль направления распространения скоростью волн.



«Нет ничего практичнее, чем хорошая теория»

Это крылатое замечание одного из отцов-основателей спектроскопии Эдварда Кондона вновь подтвердилось в истории градиентной нанооптики. И действительно — измеренные значения пропускания $|T|^2$ в области НПВО в фотонных барьерах с модулированным показателем преломления лишь на 1–2% отличаются от теоретических значений, рассчитанных на основе аналитических решений уравнений Максвелла для градиентных сред. Эти же решения позволяют проектировать наноструктуры, спектры пропускания которых содержат дискретный набор частот, соответствующих безотражательному туннелированию — отсутствию отражения и стопроцентному пропусканию света в режиме НПВО, такие «окна прозрачности» (илл. 5) и спектральные плато с высоким коэффициентом пропускания (илл. 4) открывают пути создания нового поколения наноразмерных широкополосных безотражательных покрытий, востребованные для многих оптических систем и видимого, и ИК-диапазона. Этот же расчет показывает, что фазы волн ϕ_t , туннелирующих через периодические фотонные барьеры, меняются монотонно с ростом толщины барьеров.

Найденные результаты принципиально отличаются от привычных эффектов туннелирования волны в однородной среде, приводящих к экспоненциальному ослаблению волны и насыщению ее фазы. Если вспомнить, что парадоксальный вывод Хартмана о сверхсветовой скорости туннелирующего сигнала построен на эффектах НПВО в однородном слое, то видно, что опытная проверка этого вывода затрудняется противоречивыми требованиями к длине пути туннелирования, т.е. толщине структуры: с одной стороны, эту длину надо увеличивать, чтобы обеспечить насыщение фазы ϕ_t , но с другой — надо ее уменьшать, чтобы ослабить затухание сигнала. При использовании градиентных слоев это противоречие устраняется: насыщение фазы ϕ_t не возникает, а пропускание очень слабо зависит от ширины барьера.

В этих условиях расчет распространения фемтосекундного волнового импульса в режиме НПВО показывает, что передний фронт импульса, туннелирующего через градиентный фотонный барьер (ширина D), отстает от переднего фронта такого же импульса, проходящего такое же расстояние D в воздухе, т.е. «сверхсветовой» эффект не возникает; скорость сигнала v , рассматриваемая как скорость перемещения разрыва поля, остается ограниченной: $v < c$; скорость переноса энергии также оказывается «досветовой». Экспериментальная проверка парадокса Хартмана в метаматериалах с нелокальной дисперсией должна пролить новый свет на определение различных скоростей, описывающих туннелирование импульса в неоднородных средах.

Общность решений волнового уравнения для градиентных сред позволяет проследить эффекты нелокальной дисперсии и переменной скорости волн и в электромагнитных полях другого диапазона, например в СВЧ-линиях передачи, и в полях другой физической природы, например в акустике. Так, искусственная дисперсия в диапазоне сантиметровых радиоволн исследовалась на специальной установке, также созданной в НПК «Фотрон». Условия нормального падения света из воздуха на пленку моделировались в коаксиальном волноводе, в котором, как известно, основная мода распространяется без дисперсии со скоростью света в вакууме. Вместо напыленной нанопленки использовалась пластиковая диафрагма с неоднородно распределенными пустотами (илл. 6а), так что профиль $n(z)$ вдоль оси волновода соответствует знакомому профилю 1 на илл. 2. Измеренный спектр пропускания (илл. 6б) содержал характерный провал, вызванный искусственной дисперсией волновода. Как видно из илл. 6а, размеры таких диафрагм, имитирующих дисперсионные эффекты в наноразмерных пленках, составляют сантиметры; в отличие от медленного процесса напыления нанопленок градиентные диафрагмы быстро изготавливаются на стандартном трехмерном принтере. Использование

таких СВЧ-линий передачи с непрерывно распределенными параметрами открывает пути гибкого моделирования и оптимизации градиентных наноструктур.

Многие представления о волновых процессах зародились в связи с задачами акустики. Сформированная позже теория электромагнитных волн вобрала в себя многие понятия акустики: дисперсия, волноводный режим, фазовая и групповая скорость. В последние годы возник и встречный поток — концепции электродинамики метаматериалов начинают проникать в акустику. Так, возможности синтеза композитных материалов с заданными распределениями плотности или упругих постоянных, определяющих распределение скорости звука в материале, подтолкнули к мысли о градиентной акустике (аналогия градиентной оптики). Продолжая аналогию, можно представить себе неоднородный акустический барьер, например металлический сплав переменного состава, распространение звука в котором описывается тем же волновым уравнением, что и распространение света через неоднородный диэлектрический слой. Пользуясь образным определением американского пионера статистической физики Джозайи Гиббса «Математика есть искусство называть разные предметы одним именем», можно говорить о нелокальной дисперсии звука, создаваемой искусственно в любом спектральном интервале, но, в отличие от однородной среды, не связанной с поглощением звука. И — немного фантазии — хочется убедиться, что туннелирование есть фундаментальное свойство волн различной физической природы, не только «волн материи», не только света, но и звука; но, как говорится в конце каждого выпуска известного телесериала, «это уже совсем другая история». ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- F. de Fornel, *Evanescent Waves: from Newtonian Optics to Atomic Optics*, Springer Series in Optical Sciences, Vol. 73, Springer, Berlin, 2001.
- A. Danner, T. Tyc, U. Leonhardt, Controlling Birefringency in Dielectrics, *Nature Photonics* 5, 357 (2011).
- N. Engheta, Pursuing Near-Zero Response, *Science* 340, 286 (2013).
- A. Shvartsburg, A. Maradudin, *Waves in Gradient Metamaterials*, WSPC (2013).



! Справка

Александр Борисович Шварцбург

✓ Физик-теоретик, доктор физико-математических наук, профессор, сотрудник РАН, одновременно (с 1989 г.) приглашенный профессор университетов Парижа, Мадрида, Лиссабона, Флоренции, Мюнхена, Рочестера, Сиднея, Оттавы.

✓ Автор книг «Нелинейные импульсы в интегральной и волноводной оптике» (*Non-Linear Pulses in Integrated and Waveguide Optics*, 1993), «Нестационарная оптика ультракоротких волновых пакетов» (*Time-Domain Optics of Ultrashort Waveforms*, 1996), «Волны в градиентных метаматериалах» (*Waves in Gradient Metamaterials*, 2013; в соавторстве с А.А. Марадудиным).



Эмблемы международных конференций в Копенгагене, Сингапуре и Хиросиме, где обсуждалось туннелирование света

*Снежный барс, или ирбис, всегда был
для человека существом полулегендарным,
символом мощи и благородства*



Ловушка для Ихтиандра

Чтобы попасть в места описываемых событий, нужно вначале примерно час ехать от знаменитого поселка Шушенское в Хакасии до плотины не менее знаменитой Саяно-Шушенской ГЭС. Потом — на катере, по широкой ленте водохранилища, изменившего облик когда-то порожистого и узкого каньона верховьев Енисея. Наш путь — вверх по реке — к дальним отрогам Кантегирского хребта, туда, где горная тайга сменяется крутыми и сухими каменистыми склонами. Там на самой границе с Республикой Тыва находятся места обитания снежного барса — зверя, почти исчезнувшего из пределов России. Зверя, о котором мы до сих пор знаем крайне мало, труднейшего в изучении и таинственного в повадках, прекрасного и удивительного.

Снежный барс, или ирбис, всегда был для человека существом полуполюгендарным, символом мощи и благородства. На гербах древних городов белого барса изображали крылатым, приписывая ему мистическую власть. Мало кому удавалось видеть ирбиса в природе, и о том, что этот «призрак снегов» незримо присутствует где-то рядом в горах, людям говорили лишь оставленные им следы.

В прошлом ирбис был многочислен в самых труднодоступных горных системах Центральной Азии — массах Тибета, Индийских Гималаев, Гиндукуша и Памира, — там, где берут начало великие реки, где находятся высочайшие вершины планеты. Снежным котам комфортно на высоте до 7 тыс. м над уровнем моря, и личные владения каждого барса, в зависимости от рельефа местности, могут составлять от 12 до 40 кв. км. В Южной Сибири область распространения снежного барса охватывает Алтай и Саяны до юго-западной границы

Монголии — это крайний северный предел его современного ареала. Численность его в России зоологи оценивают лишь как 1–2% от общей численности вида. Каждая новая достоверная встреча снежного барса в горах Алтая или Саян — это событие и повод для научной статьи. В Западном Саяне ирбис обитает на высотах от 540 до 1,2 тыс. м над уровнем моря, охотно использует горные леса и заросли кустарников в речных ущельях, пищей ему служат дикие копытные.

В Саяно-Шушенском заповеднике с 2008 г. с появлением фотоловушек снежный барс перестал быть «призраком» и началась большая наука. За пять лет были составлены «паспорта» на 14 зверей, появились первые важнейшие данные о динамике численности барсов на территории, об их биологии, пространственно-временной структуре популяции.

Рисунок темных пятен на шкуре барса строго индивидуален — как отпечатки пальцев у человека. Один


1

2

3

4

5

6

1. Каньон Енисейского водохранилища очень живописен. **2.** Для проверки фотоловушек высаживаемся с катера. **3.** Виктор Лукаревский — зоолог, эксперт по снежному барсу. **4.** Фотоловушки часто расположены на крутых береговых скалах. **5.** Идет считывание материала с фотоловушки — здесь отмечился барс Монгол. **6.** Так выглядит сама фотоловушка — небольшая камера, закрепляемая на деревьях или в камнях.

из самых знаменитых барсов Западных Саян — это Монгол, который прославился на весь мир участием в его судьбе президента страны. Свое прозвище он получил потому, что на снимках с фотоловушек отчетливо виден слегка раскосый разрез глаз. По данным заповедника, это старый матерый самец, резидент территории. Этот ошейник у него — уже второй по счету. Первый — «президентский» — он получил в марте 2011 г. Монгол, будучи старожилом и консерватором, ответил пока лишь на малое количество вопросов.

— Несмотря на малочисленность, группировка барсов Саяно-Шушенского заповедника — наиболее стабильная в Южной Сибири, — рассказывает Виктор Лукаревский, старший научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции (ИПЭЭ) РАН им. А.Н. Северцова, один из ведущих российских экспертов по крупным кошачьим. — Но здесь этот вид находится в ситуации наибольшего риска, и чтобы выжить, ему нужно сохранить пространственные и генетические связи с популяциями Западной Монголии и Северо-Западного Китая. По данным, которые получены здесь за пять лет, постоянно в заповеднике живут две-три самки и два-четыре самца. В период гона появляются пришлые самцы, кочующие по окрестным горам. Котята, достигнув двухлетнего возраста, покидают территорию родителей. Считается, что звери расселяются на прилежащие территории, предположительно в южном направлении, в сторону Тувы. Их расселение на север маловероятно из-за ограничивающего фактора в виде глубокоснежной тайги.

Основу пространственно-экологической структуры популяции у ирбисов составляют парцеллы — семьи, во главе которых стоят доминирующие самки. Молодые самцы действительно расселяются на значительные расстояния, тогда как самки остаются и поселяются рядом с участком обитания матери. Однако до сих пор неизвестна судьба многих родившихся здесь самок и то, куда уходят молодые самцы. Это лишь часть многих и многих вопросов, ответы на которые нам еще только предстоит получить.

Территория Саяно-Шушенского заповедника огромна — почти 400 тыс. га. Это невысокие — около 1,5 тыс. м — горы, проходимые лишь по немногочисленным тропам, пронизанные сетью быстрых и бурных рек и ручьев. Они покрыты вековой тайгой, густо населенной зверьем, богатой всеми богатствами Сибири. Сама география заповедника позволяет безо всякого вреда для природы показывать эти интереснейшие места туристам с борта речного катера. На нескольких кордонах оборудованы для посетителей уютные гостевые домики — без особой роскоши, но с явным знанием дела. Область расстановки фотоловушек — это самый дальний южный край заповедника.

Главная опасность для снежных барсов — браконьерский лов петлями. Петля — это толстая упругая проволока, настороженная на лесной тропе, она намертво захлестывается за шею или за ногу попавшего в него животного. Петли ставят на кабаргу. Ценится кабарожья «струя» — секрет околоанальных желез, находящийся

применение в народной медицине. У кабарги, попавшей в петлю, вырезают железы со струей, а тушу просто бросают в лесу. За одну железу с этой массой в зависимости от веса скупщики дают от 15 до 20 тыс. руб. Легкий и подлый заработок, распространенный в краях, где трудно найти работу. За поимку браконьера с поличным следует штраф, но в тайге поймать петельщика почти невозможно.

Прошедшей весной стало известно о настоящей трагедии, случившейся в этих горах. В кабарожью петлю попала самка-барсиха, водящая выводок — двух котят. Эта самка неоднократно регистрировалась в заповеднике, на протяжении нескольких лет приносила потомство. На снимке с фотоловушки отчетливо была видна проволочная удавка, захлестнувшая ее шею. Специалист, наблюдавший барсов, забил тревогу слишком поздно, и снаряженная заповедником для оказания животному ветеринарной помощи экспедиция опоздала. Вся семья барсов погибла.

В Саяно-Шушенском заповеднике с 2008 г. с появлением фотоловушек снежный барс перестал быть «призраком» и началась большая наука. За пять лет были составлены «паспорта» на 14 зверей, появились первые важнейшие данные о динамике численности барсов на территории, об их биологии, пространственно-временной структуре популяции

— Нашим инспекторским группам остается только снимать эти удавки десятками штук, — говорит директор заповедника Геннадий Киселев. — Причем необходимо по-настоящему прочесывать тайгу, день за днем, чтобы был какой-то результат. Здесь трудный ландшафт, нужно лазить по каменистым склонам, это очень тяжело физически, нужны закалка и терпение. При этом каждая петля может стоить жизни барсу. А потеря каждого зверя для нас просто невозможна — ведь их можно по пальцам пересчитать. В конце июля опергруппа привезла из рейда 104 петли. В предыдущий рейд — 297. К сожалению, 2013 г. был для нас годом больших потерь, но это не повод кричать на весь мир, что все барсы погибли. Ситуация рабочая, мы принимаем ее такой, какая она есть, и будем работать.

Рано утром следующего дня выезжаем к фотоловушкам. Они не проверялись с начала июля. Первая — в устье горного ручья. Пусто. Вторая — на противоположном берегу, в скалах охранной зоны. Долго листаем картинки, на которых запечатлены любопытные горные

козы. Есть первый портрет! Совсем недавно ночью сюда приходил барс. Катер сворачивает в приток Енисея. Третья фотоловушка стоит на почти отвесной скале недалеко от берега. Виктор Лукаревский внимательно осматривает камни и клочок земли около камеры и показывает нам «поскреб» — место, где барс оставил следы задних лап, энергично метя свою территорию. Камера, в свою очередь, дает портрет зверя. Это знаменитый Монгол. Его нетрудно узнать по спутниковому ошейнику. И дальше, одна за другой, камеры вновь показывают нам Монгола, шествующего по скале, выглядывающего из-за камня и даже скачущего, азартно задрал свой великолепный хвост. Одна из ловушек запечатлела визит во владения Монгола молодого барса-самца, коему Мон-

Когда верстался номер нашего журнала, из Саяно-Шушенского заповедника пришла радостная новость. Предположение подтвердилось, и 1 сентября на снимках с фотоловушек ученые увидели мамашу-барсиху с тремя малышами. По итогам учетных работ 2014 г. в Саяно-Шушенском заповеднике были идентифицированы четыре взрослых снежных барса. С рождением трех котят численность группировки достигла семи особей. Это большая радость и большая надежда. И, конечно, огромная ответственность

гол был явно не рад. К вечеру у нас есть и еще несколько портретов барсов, которые нам предстоит идентифицировать вечером на базе.

Вечером садимся за анализ снимков. Результат немного остужает наш азарт — на снимках всего два зверя. Это Монгол и еще один — тот самый молодой самец, явный претендент на соперничество с матерым хозяином заповедного берега. Зато камеры преподнесли нам интересный сюрприз: этот молодой зверь с интервалом буквально в сутки отметился на ловушках по обе стороны Енисея. Снежный кот преспокойно переплыл водную преграду шириной не менее 800 м. «Это просто... Ихтиандр какой-то!» — восклицает директор Саяно-Шушенского заповедника Геннадий Киселев. Барс-пловец вполне заслужил такую кличку. По данным фотоловушек, наш Ихтиандр прошелся по одному берегу

реки, потом переплыл ее и пошел в обратную сторону по другому берегу, возможно, стремясь замкнуть круг. Этот зверь и ранее неоднократно попадал в объективы фотоловушек, но теперь мы знаем точно — на противоположный берег Енисея он может попасть не только по льду зимой, но и вплавь летом. Это маленькое, но открытие. Еще одну радостную находку принес нам следующий день: фотоловушка запечатлела молодую самку ирбиса. Она уже показывалась перед объективами раньше и есть в каталоге барсов Саяно-Шушенского заповедника.

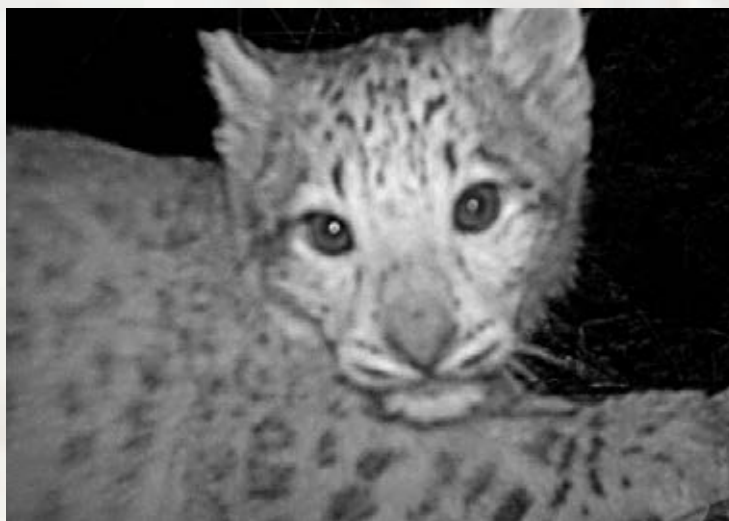
— Сам факт способности барса переплывать реки не настолько важен, насколько важно то, что оба берега — это единая территория, на которой живет единая группировка зверей, — говорит Виктор Лукаревский. — Получается, что для них водное пространство — не преграда. Один берег реки заповедный, второй — всего лишь охранный зона. А это означает, что судьба каждого барса зависит теперь и от того, что происходит на соседней неохраняемой территории. Эта новость крайне важна для сохранения этой популяции. Что еще важно: большинство фотоловушек установлены в прибрежной зоне, и хотя эффективность их работы высокая — 12 проходов барсов за месяц, но я считаю, что необходимо установить новые группы камер в глубине территории, особенно учитывая то, что самки часто используют более укромные места. А самки — это для нас сейчас самое важное. Снижение численности снежного барса в Саяно-Шушенском заповеднике в последний год обусловлено гибелью взрослой самки, которая не смогла вывести своих котят к периоду гона и таким образом обеспечить указанную за прошедшие годы стабильность численности в семь-восемь снежных барсов.

По нашим данным работы, например, с леопардом, самки попадают на фотоловушки в 4,2 раза реже самцов. Надо отметить, что самки вообще скрытны, особенно в период, когда у них появляются маленькие котята. Так что эта самка, возможно, молодая мама и осенью может показать нам свой выводок. На фотоловушках заповедника в начале лета была зарегистрирована еще одна особь, которую также условно идентифицировали как молодую самку, и с тех пор она не попадала в объектив.

Длинный и крайне тяжелый маршрут по гребням скал и крутым распадкам, поиски барсовых следов вдали от берега реки принесли нам новую информацию — поскребы и метки разной свежести этого лета. О том, как барсы обходят свои территории в летнее время, как делают эти уголья более старые и более молодые звери, о том, где могут находиться выводки, куда уходят детеныши, достигающие возраста самостоятельности, мы пока ничего не знаем. Нужны новые и новые исследования. ■

Подготовила Екатерина Головина

*Выражаем большую благодарность Саяно-Шушенскому государственному природному биосферному заповеднику и лично его директору **Геннадию Киселеву** за организацию поездки для репортажа*

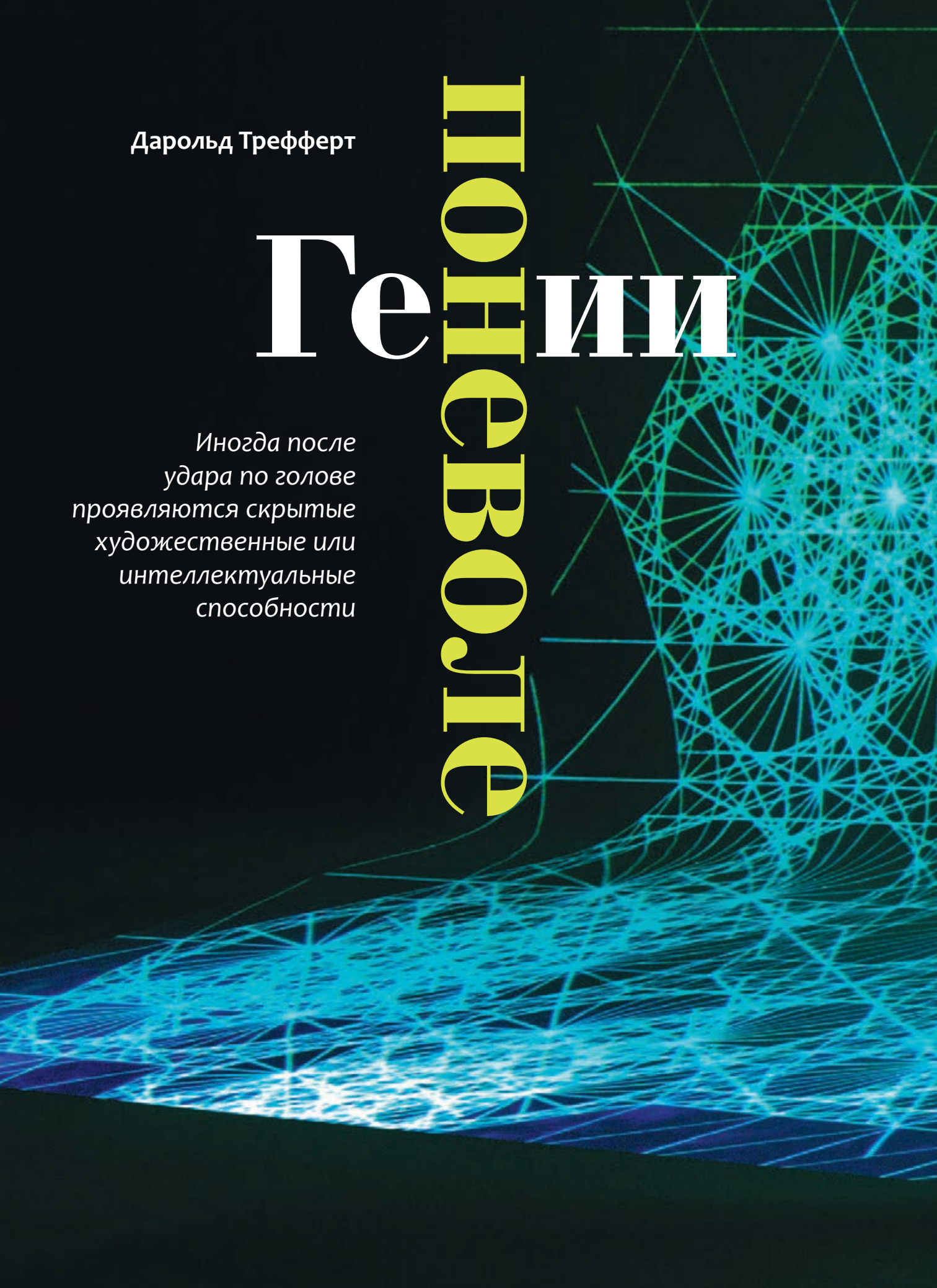


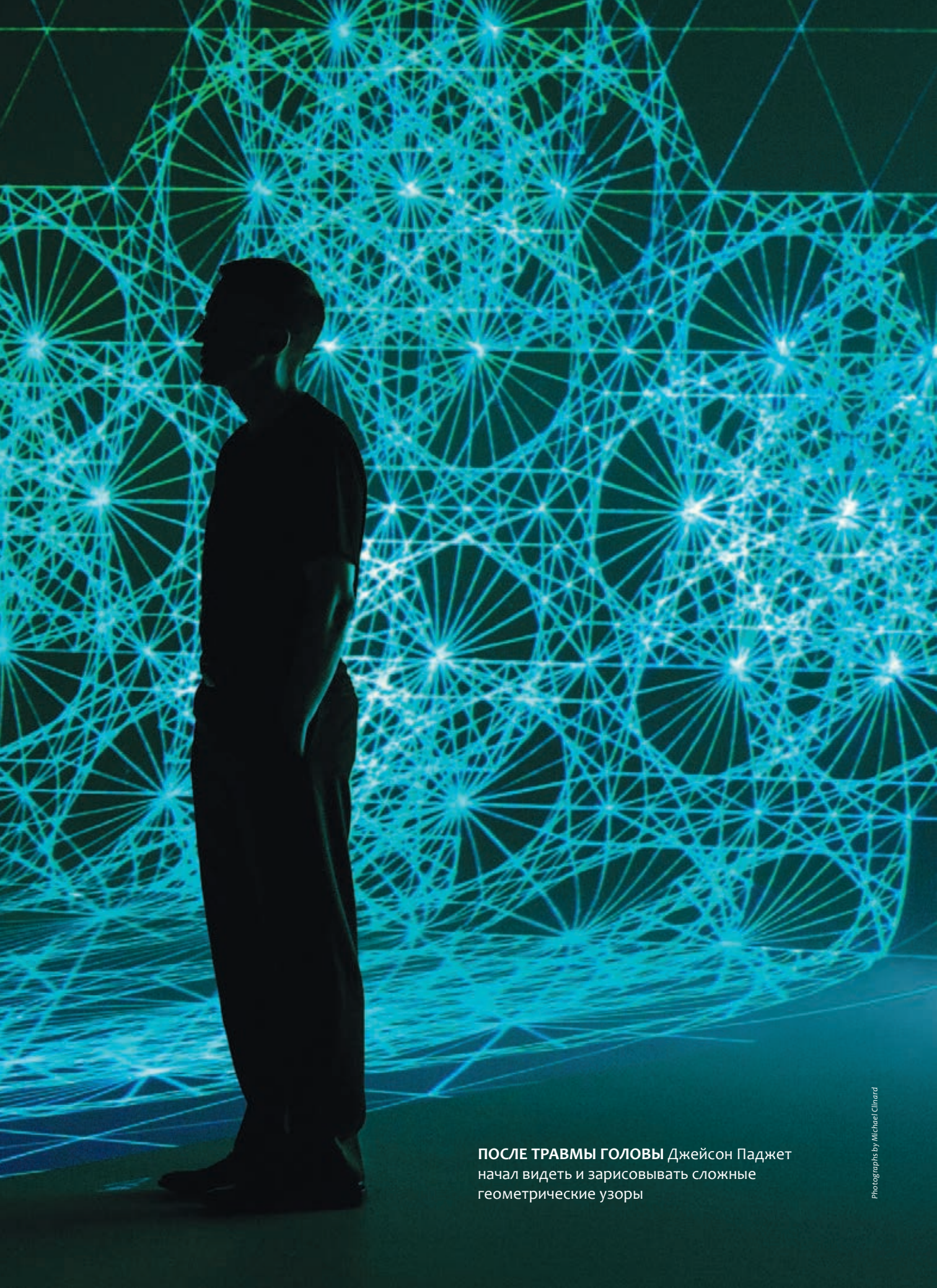
Ночные снимки с фотоловушек очень выразительны: часто можно увидеть настоящие портреты снежных барсов крупным планом и даже группы из нескольких зверей. Особым обаянием отличаются детеныши (нижний ряд, фото слева). И, конечно, долгожданный снимок: молодая самка ирбиса с одним из своих трех малышей (верхний ряд, справа).

Дарольд Трефферт

Гении Поневолге

*Иногда после
удара по голове
проявляются скрытые
художественные или
интеллектуальные
способности*

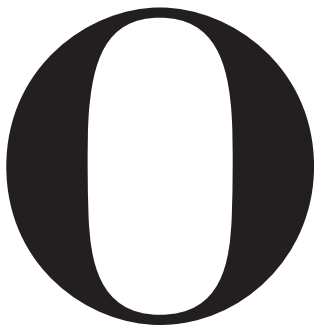




ПОСЛЕ ТРАВМЫ ГОЛОВЫ Джейсон Паджет начал видеть и зарисовывать сложные геометрические узоры

ОБ АВТОРЕ

Дарольд Трефферт (Darold A. Treffert) — психиатр из Висконсина. Впервые он столкнулся с савантизмом в 1962 г. и с тех пор исследует этот синдром. Он был консультантом при создании фильма «Человек дождя» и занимается поддержанием сайта www.savantsyndrome.com на базе Висконсинского медицинского общества.



Однажды десятилетний мальчик Орландо Серелл (Orlando Serrell) во время игры в бейсбол потерял сознание. После обнаружилось, что он может назвать день недели для любой даты и вспомнить, какая погода была в любой из дней с момента получения травмы.

Джейсон Паджетт (Jason Padgett) в 2002 г. подвергся жестокому нападению, во время которого получил сильное сотрясение мозга. Вскоре он начал видеть «образы» и стал зарисовывать их на бумаге. Когда он показал свои рисунки, то узнал, что повторяющиеся узоры — фракталы.

У этих двух людей — уникальное состояние, известное как приобретенный синдром саванта. Есть и более обычная форма савантизма, ставшая известной после выхода в 1988 г. фильма «Человек дождя». При такой форме у человека с раннего детства проявляются необычный талант в узкой сфере — музыке, живописи, математике, уникальная память или механические навыки, но при этом отмечаются нарушения речи, социальных взаимодействий и других умственных способностей. Например, в фильме «Человек дождя» у Рэймонда Бэббита, персонажа Дастина Хоффмана, были потрясающие способности к арифметическим и календарным вычислениям и феноменальная память, но при этом из-за аутизма он имел серьезные умственные и поведенческие недостатки.

При приобретенном синдроме саванта вследствие деменции, серьезного удара по голове и других повреждений мозга у человека появляются почти гениальные художественные или интеллектуальные способности. Существование такого необычного явления означает, что, возможно, они есть в скрытом виде у каждого из нас. Если это действительно так, то, вероятно, есть способ высвободить их без помощи заболевания или травмы.

Скульптор внутри вас

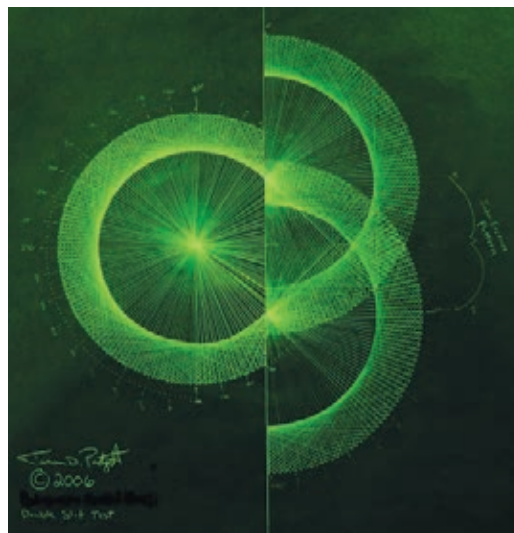
Я изучал синдром саванта на протяжении большей части своей карьеры. До середины 1980-х гг. я предполагал, что это дар от рождения, иначе говоря, синдром саванта — врожденная патология. Но потом я попал на открытие выставки уникальных скульптур Алонзо Клемонса (Alonzo Clemons). В раннем детстве Клемонс, казалось бы, быстро обучался. В возрасте около трех лет он упал, получил черепно-мозговую травму, из-за чего его когнитивное развитие резко замедлилось и он остался с серьезной умственной отсталостью и плохо развитой речью. Однако у него появились чрезвычайные способности к лепке из любых подручных материалов. Вместе с новым талантом к нему пришло растущее увлечение животными. Например, он мог посмотреть на фотографию лошади в журнале, а потом слепить объемную копию менее чем за полчаса, в точности воспроизведя все мышцы и сухожилия животного.

Случай Клемонса вызвал у меня интерес к приобретенному савантизму, и я начал искать сообщения об этом состоянии в медицинской литературе, однако их было крайне мало. В 1923 г. психолог Бланш Миноуг (Blanche M. Minogue) описала появление выдающихся музыкальных способностей у трехлетнего ребенка после приступа менингита. В 1980 г. другой психолог, Т.Л. Бринк (T.L. Brink), сообщил о девятилетнем мальчике, у которого развились незаурядные технические навыки после



ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Известный фильм с участием Дастина Хоффмана «Человек дождя» привлек внимание к существованию синдрома саванта, при котором люди с аутизмом от рождения проявляют исключительные интеллектуальные или художественные способности.
- Приобретенным савантизмом называют состояние, когда у человека после травмы головного мозга появляются способности рисовать, играть музыкальные произведения или выполнять в уме сложные подсчеты.
- В скрытой форме савантизм можно выявить у большинства людей, если активировать или подавить работу соответствующих нервных сетей с помощью электрической стимуляции или целенаправленной тренировки определенных навыков.



ГЕОМЕТР: Джейсон Падджет начал делать зарисовки, такие как на иллюстрациях слева, после того как во время нападения получил сотрясение мозга и в результате у него появились математические, физические и художественные способности, о которых он ранее не подозревал

пулевого ранения левого полушария мозга. Ребенок разбирал, собирал и модифицировал велосипеды с переключением скоростей и изобрел боксерскую грушу, имитировавшую замахи и удары живого противника.

Эпизодичность таких сообщений до 1980-х гг. отражает редкость явления: удары и сотрясения обычно не повышают умственные или творческие способности. Тогда я решил собирать описания подобных случаев. К 2010 г. я собрал 319 описаний случаев савантизма по всему миру, из которых только 32 были приобретенными.

В списке была и работа невролога Брюса Миллера (Bruce Miller) из Калифорнийского университета в Сан-Франциско. Он собрал данные о 12 случаях заболевания лобно-височной деменцией (ЛВД), первый из которых описал в 1996 г. У пожилых пациентов с таким диагнозом отмечалось внезапное появление музыкальных и художественных способностей. В отличие от болезни

Альцгеймера, затрагивающей обширные области мозга, при лобно-височной деменции повреждаются в основном лобные доли.

При ЛВД нарушается работа левой передней височной области и орбитофронтальной коры. В норме эти отделы тормозят активность в затылочной части мозга, которая отвечает за обработку зрительной информации, идущей от глаз. По-видимому, посредством выключения тормозящих сигналов от лобной части мозга болезнь способствует возникновению художественного восприятия. Снятие торможения позволяет мозгу обрабатывать зрительную и слуховую информацию другими способами. Это высвобождает художественные и другие творческие способности, хотя повреждение в лобных долях приводит и к характерному для данного заболевания неадекватному поведению. Миллер говорит, что ЛВД позволяет взглянуть на художественный процесс под неожиданным углом.

Как свидетельствуют дальнейшие исследования, гениальность в результате несчастных случаев возникает, по-видимому, за счет того, что активность в некоторых участках мозга снижается, а в других, наоборот, усиливается. Точнее, после повреждения мозга (чаще его левого полушария) происходит ряд изменений, которые я называю «три П». Они похожи на то, что было описано Мюллером при изучении ЛВД. Процесс начинается с «пополнения» — усиления электрической активности в неповрежденных областях коры, обычно правого полушария. Затем следует «перемонтаж» — образование связей между ранее не связанными нейронными группами. И, наконец, происходит «пуск» — доступ к ранее

не реализованным способностям за счет появления возможности пользоваться заново соединенными областями мозга.

Сотрудники Центра по изучению мышления при Сиднейском университете Ричард Чзи (Richard Chi) и Алан Снайдер (Allan Snyder) с помощью современной технологии нашли доказательства, что подобные изменения в работе мозга действительно выступают причиной возникновения незаурядных способностей. С помощью транскраниальной микрополяризации (ТКМП) исследователи смогли вызвать савантоподобное состояние у здоровых добровольцев. Они подавляли электрическим током нейронную активность в некоторых структурах

левого полушария, отвечающих за обработку сенсорной информации, память, речь и другие способности, что приводило к увеличению активности правого полушария (в переднем отделе височной доли).

Исследователи попросили добровольцев решить задачу о девяти точках, требующую творческого дарования для поиска решения. Испытуемые должны были соединить точки, расположенные в трех столбцах, по три точки в столбце, четырьмя прямыми линиями, не отрывая карандаша от бумаги и не проводя одну и ту же линию дважды. В отсутствие стимуляции испытуемые задачу не решили. Потом для контроля эффекта плацебо для 29 человек применили ложную стимуляцию: электроды помещали на голову, но не генерировали электрические импульсы. Это не помогло. Однако когда включили электрический ток, примерно 40% (14 человек из 33) успешно справились с задачей.

Как удалось так сильно улучшить результат, просто щелкнув переключателем? Мгновенно созданные саванты, так же как и люди с врожденным или приобретенным савантизмом, вдруг «знают» вещи, которым их раньше никогда не учили. Скульптор Клемонс не обучался искусству, но интуитивно понимал, как сделать каркас для скульптуры, чтобы показать лошадей в движении.

Одно из возможных объяснений скрытых талантов, проявляющихся при синдроме саванта с детства или в результате травмы, заключается в том, что запасы знаний и навыков каким-то образом наследуются. Ошибочно считать, что наша жизнь начинается с чистого листа, который потом заполняется с помощью образования

Клинические случаи

МОМЕНТЫ ОЗАРЕНИЯ

В результате приобретенного савантизма люди получают возможность заниматься поэзией, музыкой и мгновенными сложными подсчетами в уме.

Ниже описано несколько известных случаев савантизма.

Ныне покойный строитель из Ливерпуля Томми Макхью (Tommy McHugh) до 51 года не проявлял особого интереса к поэзии или живописи. Пережив в 2001 г. внутричерепное кровоизлияние, в результате которого были повреждены лобные доли, он неожиданно начал заполнять блокноты стихами и проводить много времени, рисуя или создавая скульптуры. Врачи объяснили новые таланты «относительной расторможенностью», благодаря которой высвободились способности создавать необычные сочетания слов или образов. Макхью стал известен в Великобритании, про его случай было рассказано в нескольких документальных фильмах.

Уже упоминавшийся в тексте Орlando Серелл после того, как еще мальчиком был оглушен во время игры в бейсбол, начал производить календарные вычисления: он может определить день недели для любой даты. Кроме того, он помнит погоду в каждый из дней с момента получения травмы. Сейчас ему 45 и он по-прежнему способен производить календарные расчеты, а его память даже улучшилась, так что он может вспомнить мельчайшие подробности того, что он делал в каждый из дней (это называется гипертимезия). Сканирование его мозга, проведенное в Медицинском центре Колумбийского университета, подтвердило, что Серелл пользуется бессознательными подсчетами и его способности основаны не на запоминании календаря.

Дерек Амато (Derek Amato) был 40-летним специалистом по корпоративному обучению без особого интереса или способностей к музыке. В 2006 г., ныряя в бассейн, он получил тяжелое сотрясение мозга и оглох на одно ухо. После выписки из больницы его почему-то потянуло к пианино, к которому он никогда раньше не прикасался. Дерек начал видеть черные и белые пятна, которые мог переносить из своей головы на клавиши пианино. Теперь он зарабатывает на жизнь сочинением, записью и исполнением музыки.

Когда Тони Сикория (Tony Cicoria), хирург-ортопед из Нью-Йорка, в 1994 г. разговаривал по телефону, в него ударила молния. По-видимому, у него была остановка сердца, но его реанимировала медсестра, которая ждала своей очереди воспользоваться телефоном. На протяжении первых недель у него были небольшие проблемы с памятью. Они постепенно прекратились, и Тони в полном объеме возобновил свою работу в области ортопедической хирургии без каких-либо последствий от удара молнии. Но кое-что изменилось. У него развилась одержимость классической музыкой. До происшествия он считал себя преимущественно рокером. Его свежеприобретенная страсть превратилась в желание играть классическую музыку. Вскоре после происшествия он услышал музыку во сне. Мелодия прицепилась к нему и крутилась в голове и днем и ночью. В итоге он решил записать ее в виде 26-страничного концерта для фортепиано и назвал ее «Фантазия: соната, рожденная молнией» (*Fantasia: The Lightning Sonata, op. 1*).

Работник мебельного магазина в штате Вашингтон Джейсон Паджетт (Jason Padgett) пристрастился к математике, физике и рисованию геометрических узоров после того, как на него напали и он получил сотрясение мозга. До нападения он считал себя неспособным к математике. Тогда он был даже отчислен из колледжа, а сейчас специально изучает более сложную математику, чтобы лучше разобраться в тех геометрических фигурах, которые ему навязчиво являются.

и жизненного опыта. Может быть, у мозга имеются врожденные предрасположенности для обработки зрительной информации и понимания «правил» в музыке, искусстве или математике. И у савантов доступ к врожденным знаниям значительно лучше, чем у обычных людей.

Переключатель гениальности

Поскольку такие способности могут появиться даже в позднем возрасте, возникает вопрос, любой ли человек может стать гением и возможно ли этого достичь без травм головы и слабоумия.

Скрытые способности можно выпустить на свободу с помощью ТКМП или близкой к ней методике — повторной транскраниальной магнитной стимуляции, также позволяющей включать и выключать некоторые области мозга и, возможно, усиливать творческие способности человека. Но использование специальной техники — не необходимое условие. Медитации или просто тренировки художественных навыков может быть достаточно для того, чтобы активизировать творческое правое полушарие и получить доступ к скрытым художественным способностям.

Возможно, ученым удастся найти другие способы объяснения происходящего при таком переключении. Диффузионная тензорная визуализация (ДТВ) и трактография (ДТТ), показывающие связи между нейронами, лучше предыдущих методов подходят для выявления запутанных связей в голове человека, позволяя соотнести особенности активности мозга с внезапным возникновением способностей. Эти более точные технологии могут создать трехмерное изображение нервных связей в мозге.

Одна из проблем, мешающая понять нейробиологические механизмы савантизма, заключается в том, что сложно наблюдать за работой мозга, когда человек выполняет задания, связанные с движением. Помимо того что трудно лепить или играть на пианино внутри МРТ-сканера, любое движение снижает четкость изображения. Новая методика — инфракрасная спектроскопия (ИКС) — поможет решить эту проблему. Вместо громоздкой установки там используется удобная шапочка, с помощью которой измеряется количество кислорода в кровеносных сосудах мозга, и полученное изображение передается на компьютер. Еще большие перспективы имеет недавно разработанный шлем, в котором используется другой метод визуализации — позитронно-эмиссионная томография и который может работать, когда человек сидит, стоит и даже выполняет упражнения.

Расширение возможностей мозга

ВРЕМЕННЫЙ САВАНТИЗМ

Методика, которая называется повторной транскраниальной магнитной стимуляцией, может временно высвобождать савантоподобные способности и позволяет изучать их возникновение. Когда катушку помещали над левым виском, магнитное поле проходило сквозь череп и, по-видимому, выключало участки в левой височной области, обрабатывающие слова и другую информацию. Области правого полушария, связанные с пространственными задачами, начинали играть более значимую роль. В некоторых случаях при использовании такого воздействия испытуемые могли лучше определять на глаз количество предметов в большой группе.



Эти исследования имеют большое значение. Существование приобретенного савантизма убедительно доказывает, что в каждом из нас таятся скрытые таланты. Задача сейчас состоит в том, чтобы найти способ включить нашего внутреннего гения, чуть-чуть похожего на «человека дождя», но при этом не затронуть умственные способности.

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Savant-Like Skills Exposed in Normal People by Suppressing the Left Fronto-Temporal Lobe. Allan W. Snyder et al. in Journal of Integrated Neuroscience, Vol. 2, No. 2, pages 149–158; December 2003.
- Islands of Genius: The Bountiful Mind of the Autistic, Acquired, and Sudden Savant. Darold A. Treffert. Jessica Kingsley Publishers, 2010.
- Struck by Genius: How a Brain Injury Made Me a Mathematical Marvel. Jason Padgett and Maureen Seaberg. Houghton Mifflin Harcourt, 2014.



С помощью методов, заимствованных из медицины и экономики, ученые выясняют, как эффективнее всего работать с учащимися, но до школ эти результаты не доходят



Барбара Кантровиц

К

огда Анна Фишер (Anna Fisher) вела студенческий семинар, посвященный теме внимания и отвлечения у маленьких детей, она заметила, что стены в ее классе были пусты. Тогда она вспомнила, что классные комнаты детских садов обычно были украшены веселыми плакатами, разноцветными картами, схемами и картинками. Она задумалась, как все эти зрительные стимулы действуют на детей, которые значительно более чувствительны к отвлекающим раздражителям, чем ее студенты в Университете Карнеги — Меллон. Влияют ли украшения на стенах на способность к обучению?

ОБ АВТОРЕ

Барбара Кантровиц (Barbara Kantrowitz) — главный редактор *Hechinger Report*, некоммерческой организации, занимающейся новостями в области образования. Она преподает в школе журналистики Колумбийского университета и более 20 лет писала и редактировала статьи в журнале *Newsweek*, посвященные образованию, здравоохранению и социальным вопросам.



Для выяснения этого вопроса студентка Кэрри Годвин (Karrigie Godwin) под руководством Фишер провела эксперимент с участием малышей из детской школы при Университете Карнеги — Меллон. В опыте было две группы по 12 человек в каждой. Детей из одной группы помещали в украшенную комнату, из другой — в пустую и там зачитывали им три истории с научным содержанием. Происходящее записывали на видео и потом отмечали, насколько внимательным был каждый ребенок. По окончании чтения задавали вопросы на тему прочитанных текстов. Ребята, находившиеся в пустой комнате, были более внимательны и лучше справились с тестами на понимание.

Сотни экспериментов, подобных этому, направлены на то, чтобы дать строгое научное обоснование происходящему в школе. Исследования начались после того, как президент США Джордж Буш — младший подписал известный закон «Ни одного отстающего ребенка», и продолжают и при нынешнем президенте Бараке Обаме. В 2002 г. Министерство образования учредило Институт педагогических наук (*Institute of Education Sciences, IES*) для поддержки «научно обоснованных исследований», золотым стандартом для которых считается наличие случайной выборки и контрольных групп (рандомизированное контролируемое испытание). Кроме того, правительство создало информационный ресурс *What Works Clearinghouse*, на котором собрана вся информация для преподавателей, начиная от обзоров по конкретным учебным программам и заканчивая научно обоснованными методиками преподавания.

Сейчас при проведении экспериментов ученые используют новые технологии и методы анализа данных, которые были невозможны еще десять лет назад. С помощью видеокамер отслеживается направление взгляда у учеников, чтобы определить, куда направлено их внимание, а датчики, размещенные на коже, фиксируют, заинтересован обучающийся или скучает. Экономисты выяснили, как собирать данные, чтобы их надежность была такой же, как и при случайной выборке, организовать которую при проведении экспериментов в школах бывает сложно и дорого.

Большинство новых исследований выходят за рамки обычных стандартизированных тестов и оценивают сам процесс обучения. «Мне интересно увидеть, что происходит на самом деле, — говорит Пауло Бликштейн (Paulo Blikstein), ассистент-профессор Стэнфордской высшей школы образования. — Чтобы уловить сам про-

Хватит читать мне лекции

Стало окончательно ясно, что студенты колледжа усваивают материал хуже, если пассивно слушают лекцию

Занимаясь наукой в университете, профессора призывают искать истину на основе научных данных и аккуратно проведенных экспериментов, но когда они идут преподавать, то пользуются устаревшими и неэффективными методами. Большинство предметов преподают студентам в виде лекций, хотя существуют сотни исследований, показавшие, что другие методы дают значительно более высокий результат и снижают количество ошибок. У альтернативных методов существует много названий, например активное обучение. У них всех есть общая черта: вместо того чтобы пассивно слушать, ученики во время урока отвечают на вопросы, решают задачи, обсуждают решения со сверстниками и рассуждают о том материале, который изучают, и все это на фоне постоянной обратной связи от учителя. Как сообщалось в 2012 г. в исследовании, проведенном Национальной академией наук США и опубликованном со всеми подробностями онлайн в мае в журнале *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, новый подход улучшает обучение в естественно-научных и технических дисциплинах и на начальном, и на продвинутом уровне (*график на следующей стр.*). Есть много способов реализации активного обучения. В небольших классах студенты часто работают в группах, чтобы выполнить ряд задач, объединенных в одну большую. Если в аудитории 100–300 человек, можно использовать систему интерактивного опроса: пульт, позволяющий студенту ответить на вопрос преподавателя простым нажатием кнопки. Это позволяет сразу оценить, какая часть подопечных усвоила материал. Хорошо построенные вопросы достаточно сложны, и чтобы на них ответить, нужно понимать основные принципы, а не просто что-то запомнить. Если большая часть класса отвечает неправильно, преподаватель предлагает студентам обсудить вопрос со своими соседями и потом ответить еще раз. При этом он прислушивается к обсуждению и помогает студентам. При таких методах преподаватель тоже довольно много говорит, но в отличие от обычных лекций тут слушатели подготовлены и могут учиться. Они понимают, в чем ценность материала и как его можно использовать для решения конкретных задач. Теперь материал имеет осмысленный контекст, это не набор бессмысленных фактов и инструкций, которые можно выучить, но нельзя понять.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

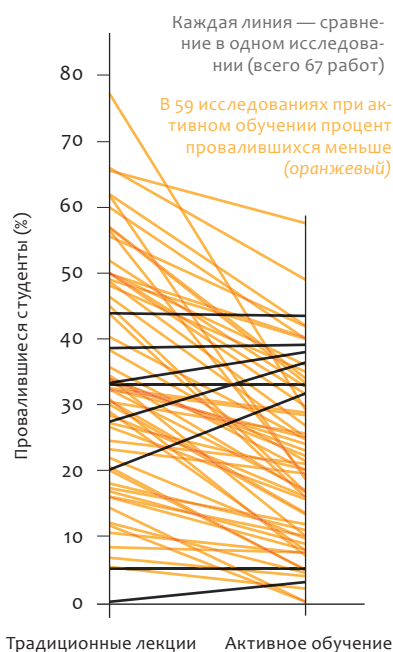
- Ученые проводят сотни экспериментов, чтобы всесторонне исследовать, как происходит обучение в школах США.
- Эти работы начались после того, как президент США Джордж Буш — младший подписал известный закон «Ни одного отстающего ребенка», и продолжают по сей день.
- Сегодня с помощью новых технологий и методов анализа данных проведены исследования, которые были невозможны еще десятилетие назад.
- Новые данные подвергают сомнению широко распространенные идеи, что качество работы учителя нужно оценивать по имеющимся у него дипломам, что многое зависит от размера классного помещения, а ученикам для успешного обучения нужны подробные инструкции.

Для школ исследования не показали такого однозначного преимущества активного обучения. Однако проводить подобные исследования сложнее, т.к. возникает больше факторов, которые ученые не могут проконтролировать. По-видимому, наиболее важным параметром оказывается неравномерный и часто низкий уровень владения предметом у учителей. Поскольку при активном обучении нужна практическая деятельность и обратная связь от компетентного человека (ученого), для этого от учителя требуются гораздо более глубокие знания. Для колледжа компетентный учитель — не проблема, уровень студентов примерно одинаков, и гораздо меньше факторов, которые могут повлиять на обучение. К сожалению, низкий уровень знаний у преподавателей естественных наук в школе будет сохраняться до тех пор, пока преподавание в колледжах не улучшится настолько, что все студенты, включая будущих школьных учителей, будут заканчивать обучение с полноценными научными знаниями и с умением их преподавать.

При наличии такого большого количества научных свидетельств в пользу активного обучения возникает очевидный вопрос: почему эти методы так редко используются в колледжах и университетах? Отчасти это просто привычка, лекции появились в университетах, потому что не было книг, поэтому информацию нужно было надиктовывать и переписывать. Методы преподавания до сих пор не успели адаптироваться к изобретению печатного станка. Другая причина заключается в принципиально ошибочном понимании обучения. Большинство людей, в том числе преподаватели и администрация, считают, что обучение происходит, когда человек просто слушает учителя. Это так, если происходит обучение чему-то очень простому, например: «Ешьте красные фрукты и не ешьте зеленые», но для сложного обучения, в том числе научному мышлению, требуются большая практика и описанное выше взаимодействие, которое в буквальном смысле меняет мозг, придавая ему новые способности. Однако основная причина, почему методика преподавания в высшем образовании не меняется, в том, что для этого нет стимула. Факультеты и университеты оцениваются и поощряются только за то, насколько успешно им удастся потратить те \$40 млрд в год, которые выделяются на научные исследования. У них отсутствует стимул применять эффективные научно обоснованные методики преподавания вместо старых педагогических суеверий и привычек. В самом деле, в университетах если и отслеживают, какая методика преподавания используется в аудиториях, то делают это крайне редко. До тех пор пока так будет продолжаться, абитуриенты не смогут сравнить качество образования в разных вузах, и поэтому у институтов и университетов нет потребности в улучшении.

Карл Виман (Carl Wieman), получивший Нобелевскую премию по физике в 2001 г., работает одновременно на кафедре физики Стэнфордского университета и в Стэнфордской высшей школе образования.

В обзоре, опубликованном в мае в интернет-версии журнала *Proceedings of the National Academy of Sciences USA (PNAS)*, показано, что те студенты, которых обучали естественным наукам в традиционной лекционной манере, с большей вероятностью провалятся на экзаменах, чем те, кто записался на курсы, где используются методики активного обучения. При активном обучении группе дается задача, во время решения которой преподаватель обеспечивает ученикам обратную связь.



цесс, мы разрабатываем новые технологии и новые способы сбора данных». Оценить, насколько хорошо студенты выполняют задание, — всего лишь часть эксперимента. Исследователи регистрируют также направление взгляда учеников, кожно-гальваническую реакцию и взаимодействия с одноклассниками. Бликштейн называет такой подход мультимодальным анализом обучения.

Новые исследования уже опровергли некоторые широко распространенные мнения, показав, что качество работы учителя нельзя оценивать по имеющимся у него дипломам, что размер классного помещения не всегда имеет значение и что ученики могут работать гораздо активнее, когда стараются завершить начатое в классе. Хотя результаты этих исследований не стали той «волшебной палочкой», взмах которой позволил бы решить все проблемы американских школ, открытия, сделанные в процессе работы, начинают заполнять пробелы в чрезвычайно сложной головоломке, называемой обучением.

В поисках закономерностей

Использование провокационных вопросов дает иногда совершенно потрясающие результаты. С помощью серии экспериментов Бликштейн попытался найти наилучшие способы обучения учеников среднего и старшего школьного возраста математике и естественным наукам. При оценке результата он не ограничился такими примитивными методами, как тестирование для определения уровня знаний. Он говорит, что в технике и естественно-научных дисциплинах важно иметь возможность ошибаться: «Вы пытаетесь что-то сделать, но это не работает, вы переосмысливаете свои идеи, возвращаетесь и пробуете еще раз, уже с новым набором идей». Это как раз один из тех процессов, которые он надеется оценить с помощью новых подходов: «Мы приводим детей в лабораторию и начинаем исследования, во время которых они должны выполнить какой-то технический или научный проект». Исследователи размещают датчики в помещении и иногда вешают их и на детей. Затем они собирают данные и анализируют их, чтобы выявить различные закономерности. Бликштейн рассказывает, что в том, как люди учатся, есть много нелогичного: «Очень интересно обнаруживать, что наши интуитивные представления неверны».

В последнее время вошло в моду эвристическое обучение, когда ученик должен сам сделать открытие, а не получить знание от преподавателя. В 2009 г. Бликштейн создал сеть учебных лабораторий *FabLab@School*, и теперь вместе с работающими там коллегами они пытаются разобраться, какое количество инструкций на самом деле нужно давать ученикам. Родителям может не нравиться, что их дети расстраиваются в школе, но Бликштейн считает, что некоторое количество

неудач и огорчений может быть очень продуктивно для обучения. Вместе с коллегами они провели комплексное исследование, чтобы выяснить, в каком случае ученики лучше разберутся в научном вопросе: если начнут с прослушивания лекции или с практической части. Учеников разделили на две группы: первая группа сначала слушала лекцию, а другая начинала с практики. Эксперимент повторяли несколько раз и стабильно получали такие результаты: те ученики, которые начинали с практической работы, усваивали материал на 25% лучше тех, кому вначале читали лекцию. По словам Бликштейна: «Если обучение начинается с лекции, и до этого вы даже чуть-чуть не пытались исследовать эту проблему, вы просто не поймете, на какие вопросы отвечает лекция».

Новое оборудование и методы анализа данных позволяют эффективнее и точнее проводить педагогические исследования. Джордан Мацудайра (Jordan Matsudaira), профессор управления и политики Корнеллского университета, помог возродить старый метод исследования и применил его для оценки полезности летних школ и эффективности финансирования федеральной программы поддержки школ, имеющих определенный процент малообеспеченных учеников, под названием *Title I*. Этот метод называется разрывной регрессией. Он позволяет разделить выборку на две части, задав определенное пороговое значение, и сравнить две образовавшихся группы. Например, чтобы оценить влияние летних школ на улучшение учебных контрольных результатов, Мацудайра сравнил школьников, у которых результаты тестов были чуть-чуть выше и поэтому давали им право на участие в летних школах, и учеников, результат которых был ниже. Методика позволяет получить корректные данные, не используя рандомизированные контролируемые испытания.

Исследователь пришел к заключению, что экономически более эффективно повышать результаты с помощью летней школы, чем путем уменьшения количества учеников в классе.

Изучая эффективность программы *Title I*, Мацудайра сравнил школы, которые были чуть выше уровня, необходимого для получения федеральных средств, с образовательными учреждениями, которые были чуть ниже этого уровня. Оказалось, что выделение денег не приводит к большим различиям в успеваемости школьников. Но такие исследования имеют некоторые ограничения. Вполне возможно, что школам со значительно более высоким процентом малообеспеченных учеников дополнительное финансирование принесет намного больше пользы. Кроме того, возможно, школы, имеющие пограничный процент малообеспеченных учеников, используют деньги не на реализацию долгосрочных проектов, а для разовых расходов, поскольку у руководства нет уверенности, что школа в ближайшем будущем сохранит право на получение федеральной помощи, поскольку контингент учеников может измениться.

Другие исследователи собирают данные, которые позволили бы проследить, как улучшаются с течением

времени результаты большого количества учеников. Райан Бейкер (Ryan Baker), адъюнкт-профессор Педагогического колледжа Колумбийского университета и президент Международного общества, занимающегося сбором данных в сфере образования, вспоминает, что, когда он работал над диссертацией в начале 2000-х гг., он ежедневно вставал в шесть утра, чтобы поехать в школу, где стоял весь день, делая пометки в своем блокноте. Спустя десятилетие его работа стала выглядеть совершенно иначе. Вместе со своими коллегами он недавно завершил семилетнее исследование, финансируемое Национальным научным фондом, проанализировав, как тысячи учеников средней школы используют компьютерную программу *ASSISTments* для обучения математике. Затем исследователи отследили, попали ли эти ученики в колледж, и если да, то какой там был конкурс и какую они выбрали специализацию, чтобы увидеть, есть ли связь между тем, как ученики работали с программой, и их дальнейшими учебными достижениями.

Привлечение педагогов к участию в исследовательском процессе может дать положительные результаты в классе. Учителя часто сетуют, что опыт, который они приобрели, игнорируется и что каждые несколько лет им навязывают новые программы без дополнительных объяснений

Бейкер говорит, что полученный массив данных позволяет проводить наблюдения на протяжении длительного времени и при этом замечать мельчайшие детали. Ему вместе с коллегами было особенно интересно посмотреть, что происходит со студентами, которые пытаются «надуть» систему, проскакивая через некоторые задачи, не проходят все положенные этапы: «Попадете вы в колледж или нет, можно точнее предсказать по тому, обманывали ли вы программу, а не по тому, до какого уровня вам удалось продвинуться». Обман не так вреден на более простых уровнях, как на более сложных. Ученикам, жульничавшим на простых уровнях, вероятно, просто было скучно, а те, кто проскакивал более сложные уровни, могли не понять материал. Бейкер считает, что информация такого рода в конечном счете поможет учителям и школьным психологам не только выяснить, у кого могут быть проблемы с учебой, но и почему так получается и как им помочь.

Создание базы знаний

В процессе новых исследований собираются экспериментальные доказательства, которых давно не хватало в науке об образовании. Основатель *IES* Гровер Уайтхарст (Grover Whitehurst) вспоминает, что когда он начал работать в 2002 г., сразу после вступления в силу закона «Ни одного отстающего ребенка», окружной инспектор по проблемам меньшинств попросил порекомендовать учебную программу по математике, эффективность которой для его подопечных была бы доказана. Уайтхарст рассказывает: «Я сказал, что такой нет. Он не мог поверить, по закону его обязывали давать научное обоснование всему, что он делает, а таких исследований не было». Сейчас Уайтхарст — директор Брауновского центра по политике в области образования и научный сотрудник Брукингского института, и он говорит, что тот инспектор в своих безуспешных поисках был далеко не одинок: «Было очень мало исследований, отвечающих нуждам политиков и педагогов. Большинство работ написаны учеными для того, чтобы их прочли другие ученые. Они не имели практического смысла».

Многие исследователи не согласились бы с такой суровой оценкой. Тем не менее критика подтолкнула научное сообщество к тому, чтобы пересмотреть и объяснить свои цели и подходы. В первые годы существования *IES* Уайтхарст с коллегами часто сравнивали педагогическую науку с медицинскими исследованиями, говоря, что ученые, исследующие образование, должны проверять учебные программы и методики обучения так же, как фармакологи тестируют новые лекарства. Методики и программы, прошедшие такую проверку, заносятся в базу данных *What Works Clearinghouse*.

Нынешний директор *IES* Джон Истон (John Easton), в прошлом исследователь в области образования в Чикагском университете, считает, что эта база данных особенно полезна тем, что позволяет правительству проверять продукцию, которую собираются приобретать школьные округа. Он говорит: «Я считаю, что это очень полезный и надежный ресурс, куда можно прийти и посмотреть, есть ли какие-то доказательства эффективности данного коммерческого продукта». Сейчас информационный ресурс *What Works Clearinghouse* содержит более 500 рецензий на свежие исследования в таких областях, как математика для маленьких детей, обучение письму в начальной школе или помощь учащимся при подаче заявления в колледж. Кроме того чтобы помочь пользователям отличить качественно выполненные исследования от слабых, там проанализированы тысячи статей, в том числе по таким дискуссионным темам, как исследования эффективности работы независимых школ и выплаты надбавок учителям.

По словам Уайтхарста, благодаря повышению внимания к научной обоснованности данных резко изменилось представление о том, что такое высококвалифицированный учитель. Раньше качество учителя определяли по наличию документов о специальном образовании и различных сертификатов. Сейчас, по его словам, эффективность работы с классом оценивают

по результатам наблюдений и улучшению успеваемости. Хотя до сих пор еще есть значительные разногласия насчет того, как оценивать эффективность конкретного учителя, Уайтхарст считает, что изменения подхода были инициированы исследовательским сообществом, особенно экономистами, которые занялись этой темой, потому что появились как информационные ресурсы, так и средства для поддержки исследований.

Многие ученые жалуются, что из-за приверженности *IES* рандомизированным контролируемым испытаниям остаются без внимания другие потенциально полезные методики исследований. Анализ конкретных ситуаций в школьных округах, например, позволил бы описать учебный процесс в действии, подобно тому как бизнес-школы используют анализ примеров из практики компаний. «Для изучения имеющейся картины нужен большой набор взаимосвязанных методов, поскольку образование — это феномен, сложный в научном смысле», — считает Энтони Келли (Anthony Kelly), профессор психологии обучения в Университете Джорджа Мейсона. Истон говорит, что, хотя проводить рандомизированные контролируемые испытания очень важно, но это не панацея. Он думает, что такие исследования полезно использовать на ранней стадии разработки образовательных нововведений, чтобы выявить те новшества, которые эффективны и требуют дальнейшего рассмотрения.

Из лаборатории в класс

Проблема, как перенести научные достижения в школу, остается нерешенной. «В сфере образования, как и во многих других областях, от исследований до их практического применения лежит долгий путь, — говорит Джован Феррини-Манди (Joan Ferrini-Mundy), заместитель директора Управления образования и трудовых ресурсов Национального научного фонда. — Сомневаюсь, что отдельное исследование, проведенное за короткий период, будет иметь какое-то влияние». Существует давний барьер между лабораторными результатами и школьным классом. В прошлом многие ученые считали, что искать практическое применение результатам — не их дело. А педагоги обычно думают, что опыт, который они приобрели, работая с классом, значительно важнее, чем что-то, что им могут сказать ученые.

Предполагалось, что ресурс *What Works Clearinghouse* поможет преодолеть этот разрыв, но в 2010 г. счетная палата обнаружила, что среди опрошенных школьных округов только 42% вообще слышали о нем. Кроме того, выяснилось, что лишь 34% опрошенных хоть раз заходили на сайт и еще меньше пользовались им систематически. Позже, в декабре 2013 г., по сообщению счетной палаты, по-прежнему сохранялась проблема недостаточного распространения информации о проекте. Сейчас потребность в этом проекте возросла в связи с внедрением единого комплекса государственных образовательных стандартов. Издатели агрессивно проталкивают программы, которые якобы соответствуют новым стандартам, и окружные сотрудники, отвечающие за снабжение, не могут сами просто выбрать проверенную

программу. Вместо этого им приходится искать исследования эффективности конкретных навязанных программ, а в базе данных есть не все эти работы.

Истон и многие другие признают, что необходимо лучше организовать передачу информации в школы. В качестве частичного решения проблемы было опубликовано 18 практических руководств по таким темам, как обучение английскому или преподавание математики для малышей. Каждое руководство составлялось группой, куда входили ученые, преподаватели и школьная администрация. Кроме того, практические руководства могут задавать направление будущим исследованиям, так утверждает профессор психологии Шэрон Карвер (Sharon Carver), член группы, занимавшейся созданием пособия по преподаванию математики для малышей, и директор детской школы при Университете Карнеги — Меллон. Она призывает своих студентов читать руководства, связанные с темой их работы, и искать те области, которые нуждаются в дополнительном изучении.

Каждый исследуемый вопрос — это попытка добавить недостающий фрагмент в огромную головоломку. «Не думаю, что на образование можно смотреть с точки зрения «работает / не работает», как будто это лампочка, — говорит Джозеф Мерлино (Joseph Merlino), президент некоммерческой организации, изучающей образование в области науки, технологии, инженерии и математики в пригороде Филадельфии. — Сомневаюсь, что человеческое знание устроено именно так.... В механический век мы привыкли думать о вещах с механической точки зрения: как это работает? Можно ли его починить? Я думаю, что отремонтировать образование не удастся, точно так же, как и невозможно починить куст томатов. Вы выращиваете его и заботитесь о нем».

Организация Мерлино проводит пятилетнее рандомизированное контролируемое исследование, финансируемое IES, по использованию принципов когнитивной науки в преподавании естествознания в средней школе. В Пенсильвании и Аризоне были выбраны 180 школ, которые случайным образом либо получили, либо не получили преобразованную учебную программу. Одна часть исследования была основана на знаниях из области когнитивистики о том, как на обучение влияет использование диаграмм. По словам Мерлино, было показано, что некоторые приемы, используемые художниками для украшения диаграмм, например применение большого количества цветов, на самом деле отвлекают от обучения. Кроме того, исследователи обнаружили, что ученикам для понимания диаграмм нужны дополнительные указания. Результаты такого рода могут быть использованы при оформлении новых учебников. Кроме того, учителям стоит потратить время и объяснить детям, что означают символы на диаграмме, такие как, например, стрелочки или врезки.

Хороший результат можно получить, если в исследовательский процесс пригласить педагогов. Учителя часто ощущают, что их опыт игнорируется и что им каждые несколько лет подсовывают новую, якобы научно обоснованную программу без особых объяснений, чем

новая лучше старой. В прошлом исследователи не считали нужным объяснять суть своей работы учителям. Нора Ньюкомб (Nora Newcombe), профессор психологии в Темпльском университете и ведущий исследователь пространственного мышления в учебном центре, говорит, что сейчас ситуация меняется: «Я думаю, люди начинают понимать, что если вы получаете деньги от государства, то предполагается, что вы поделитесь своими знаниями».

Обмен знаниями может идти в обоих направлениях. В Пенсильвании и Аризоне при изучении учебных программ учителя были вовлечены на начальных этапах эксперимента. «Это были действительно высококлассные преподаватели, и они активно с нами взаимодействовали», — говорит Ньюкомб. Поскольку исследование происходило в реальных школах, а не в лаборатории, исследователи обучали учителей.

Другие исследователи ссылаются на финскую модель, в которой педагогические теории, методология проведения исследований и практика составляют важную часть образования учителя. Паси Сальберг (Pasi Sahlberg) в 2011 г. написал книгу «Финские уроки», в которой рассказал, как страна перестроила свою образовательную систему и поднялась на вершину рейтингов грамотности и математики. В некотором смысле сравнение с американскими школами некорректно, т.к. Финляндия — более однородная страна. Тем не менее Ньюкомб считает, что в США при подготовке учителей их надо знакомить с последними достижениями когнитивной науки. Она рассказывает, что при обучении будущих учителей студентам «преподают психологию даже не десяти-, а сорокалетней давности». Хорошее базовое образование поможет учителям оценить важность новых исследований и найти пути их применения в школе. Ньюкомб отмечает: «Невозможно написать точный сценарий того, что будет происходить на уроке, но если вы способны освоить принципы импровизации, то вы сможете работать лучше».

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Обучение в компьютерном веке: специальный репортаж // BMH, № 10, 2013.
- Visual Environment, Attention Allocation, and Learning in Young Children: When Too Much of a Good Thing May Be Bad. Anna V. Fisher et al. in Psychological Science. Published online May 21, 2014.
- Active Learning Increases Student Performance in Science, Engineering and Mathematics. Scott Freeman et al. in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 111, No. 23, pages 8410–8415; June 10, 2014.
- О проекте Пауло Бликштейна FabLab@School подробнее см. по адресу: ScientificAmerican.com/aug2014/fab-lab

24Т Е Х Н О

КРУГЛОСУТОЧНЫЙ НАУЧНО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫЙ
ТЕЛЕКАНАЛ О ТЕХНИКЕ, ТЕХНОЛОГИЯХ
И НЕВЕРОЯТНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ



РЕКЛАМА

ЦИФРОВЫЕ ЧУВСТВА

В XXI веке «цифра» сопровождает, облегчает, улучшает и непредсказуемо изменяет весь наш чувственный опыт, наше взаимодействие с миром. Фильмы расскажут о том, как мозг обрабатывает визуальную, слуховую и прочую информацию; какие технологии приходят на помощь человеку, дополняя его собственные системы восприятия — зрение, слух, обоняние, осязание, вкус и чувство равновесия.

Пять органов чувств — пять каналов, по которым технологии входят в нашу жизнь.



24techno.ru



fb.com/24techno.ru



vk.com/24techno



twitter.com/#!/24techno



24techno.livejournal.com

СПРАШИВАЙТЕ У ВАШЕГО ОПЕРАТОРА ПЛАТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

16+



Как защитить большие данные от самих себя

*Три совета, призванные
уберечь конфиденциальную
информацию от всевидящего
ока государства*

Об Агентстве национальной безопасности на протяжении первых десятилетий его существования было мало что слышно. Главная задача АНБ — шпионить за Советским Союзом. Враг был четко обозначен и хорошо различим. Арсенал спецсредств в те времена использовался довольно ограниченный: прослушивающие устройства для телефонов, самолеты-разведчики, скрытые микрофоны — вот, вроде, и все.

Однако после событий 11 сентября 2001 г. ситуация изменилась. Теперь главным врагом АНБ стала разветвленная сеть террористов-одиночек. Отныне любой гражданин любой страны становился потенциальной мишенью для негласного наблюдения со стороны АНБ. По мере появления новых цифровых технологий передачи информации стала меняться и сущность шпионажа. Мир наводнили различные гаджеты и девайсы, способные

выходить в Интернет. И тут оказалось, что традиционные методы работы и инструменты из арсенала Агентства национальной безопасности безнадежно устарели.

Пытаясь справиться с новыми реалиями, АНБ решило использовать следующий принцип: «Собирай все, что можешь!» Бывший директор агентства Кит Александер (Keith Alexander) как-то однажды высказал аналогичную мысль: по его мнению, чтобы найти иголку в стоге сена, нужно взять сразу весь стог. Вот тогда-то АНБ и кинулось записывать телефонные разговоры практически всех американцев и собирать информацию чуть ли не обо всех гражданах других государств. В скором времени дошло до того, что в АНБ каждые два часа накапливались колоссальные залежи информации, сравнимые по объему разве что с данными статистического ведомства США.

ОБ АВТОРЕ

Алекс («Сэнди») Пентленд (Alex "Sandy" Pentland) — глава Лаборатории человеческого развития при Массачусетском технологическом институте; один из руководителей программы Всемирного экономического форума по исследованиям больших данных и персональной информации; его самая свежая книга, «Социальная физика» (*Social Physics*), вышла в начале этого года.



Единственным местом, пригодным для хранения этого гигантского информационного «стога сена», оставалась традиционная инфраструктура АНБ — его защищенные от постороннего глаза «закрома». Объемы собранных данных были поистине фантастическими — именно в этом-то и был их минус, поскольку персональная информация почти о каждом жителе нашей планеты вдруг стала доступна любому аналитику АНБ, стоило ему только захотеть с ней ознакомиться. Получился парадокс: шпионское ведомство США стало еще более беззащитным, чем когда-либо, поскольку оказалось не в силах предотвращать утечки информации, а причина этого крылась как раз в гигантских объемах собранных данных. В результате Эдварду Сноудену, которого возмутил размах скрытой деятельности АНБ, удалось-таки скачать тысячи секретных файлов с сервера, расположенного на Гавайях, а потом сбежать в Гонконг и передать секретные документы представителям СМИ.

Государство и бизнес всегда используют в своей деятельности информацию о гражданах, например

данные статистического ведомства, — в этом нет ничего нового. Другое дело, когда ведомство, отвечающее за сбор разведывательной информации, закачивает данные на скрытые от посторонних глаз сервера и практически бесконтрольно ими распоряжается: ничего подобного раньше не происходило. Поэтому вовсе не удивительно, что сделанные Сноуденом разоблачения вызвали бурю негодования в обществе.

До сих пор, когда речь заходила о шпионской деятельности АНБ, основное внимание уделялось главным образом моральным и политическим аспектам проблемы, в то время как технические вопросы фактически оставались за кадром. Выяснилось, что не только государственная политика по сбору и обработке больших данных была неадекватной, но и сам процесс ее формирования постоянно запаздывал; но такого быть не должно, ведь государство обязано идти в ногу с научно-техническим прогрессом. Словом, простых решений нет. И все же в настоящей статье мы предлагаем некоторые меры, которые смогут хоть как-то исправить ситуацию.



И все-таки Александер был неправ относительно метода поиска иголки в стоге сена. Вовсе не нужно брать весь стог, достаточно проверить любую из его частей. Нет необходимости хранить гигантские объемы данных в «одной корзине» — это рискованно и для шпионов, и для тех, за кем они наблюдают. При таком положении вещей возрастает вероятность утечек информации, содержащей государственные секреты, а над обычными гражданами нависает угроза нарушения неприкосновенности частной жизни.

Разоблачения Сноудена продемонстрировали следующее: если информация находится в руках у государства, то степень ее централизации возрастает. Агентству национальной безопасности и другим госструктурам не нужно хранить все информационные ресурсы непременно в своих электронных «закромах»; вместо этого контроль над базами данных и шифрование надо передать той организации, которая их создала. Различные виды данных должны храниться отдельно друг от друга: скажем, финансовая информация — в одной базе, а сведения о состоянии здоровья гражданина — в другой, причем данные о физических лицах следует выделить

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Государство и бизнес всегда хотели получать конфиденциальную информацию о частной жизни граждан. Но смогут ли они это делать и впредь, не нарушая неприкосновенности частной жизни?
- Предлагаются следующие основные принципы: большие данные распределяются по локальным базам, которые подконтрольны отдельным организациям, а не АНБ или прочим госструктурам; все, кто осуществляет операции с персональной информацией (в том числе простые граждане), обязательно должны использовать криптографическую защиту.
- В эпоху цифровых технологий традиционные методы и подходы могут не работать. Поэтому новаторство, эксперимент и открытость при работе с большими данными — единственные условия поиска эффективных решений.

в особую категорию. В любом случае при наличии юридических оснований АНБ или любое другое ведомство всегда сможет получить доступ к любому из сегментов информационного «стога сена»; другое дело, что информация больше не будет храниться в одном-единственном кластере серверов.

Итак, необходима децентрализация баз данных, для чего их надо перестать «складировать» в едином центре; пусть телекоммуникационные и интернет-компании хранят всю информацию у себя, на своих серверах. В то же время нет никакой необходимости ликвидировать хранилища данных АНБ: и архивы, и программное обеспечение быстро устаревают.

Агентство национальной безопасности вряд ли добровольно согласится свернуть свою деятельность по сбору информации; следовательно, его надо к этому подтолкнуть при помощи специальных законодательных актов, включая директивы исполнительной власти. В результате выиграет само же АНБ, руководство которого, кажется, это хорошо понимает. Так, выступая на форуме по безопасности, состоявшемся летом прошлого года в Колорадо под патронажем Института Аспена, Эштон Картер (Ashton B. Carter), занимавший на тот момент пост заместителя министра обороны США, отозвался о причинах крупных неприятностей АНБ следующим образом: «Этот провал (т.е. утечка, организованная Сноуденом) возник из-за того, что использовались два подхода, которые необходимо пересмотреть <...>. Огромный массив информации был сосредоточен в одном месте. И это было ошибкой. И второе: у вас работал человек, которому были даны очень широкие полномочия, позволявшие получать доступ к той информации и пересылать ее. Такие ошибки больше повторять нельзя». Если хранить данные в разных «корзинах», используя криптографическую защиту, это не только предотвратит хищение информации такими как Сноуден, но и защитит ее от кибератак. Почему? Потому что в таком случае любому пользователю

будет доступен не весь массив данных, а лишь отдельный его сегмент. Даже авторитарные государства должны быть заинтересованы в децентрализации, рассредоточении данных, ведь в противном случае эти режимы вероятнее всего ожидают печальная участь.

Каким же образом распределение данных по многочисленным узлам сети помогает обеспечивать конфиденциальность информации? Дело в том, что подобная архитектура позволяет отслеживать связи между базами данных и пользователями, ведь при проведении любой операции по обработке данных (поиск по базе, статистическая обработка массивов и т.д.) возникают свои характерные особенности выстраивания связей — свой, так сказать, рисунок, характерный для каждого конкретного взаимодействия с базами данных. Эти особенности взаимодействия — метаданные о метаданных — позволяют выявлять общие закономерности обмена конфиденциальной информацией. Как это понимать?

Для ясности приведем такую аналогию. Если нам, скажем, известны структура компании и особенности формирования связей между всеми ее подразделениями (т.е. мы знаем, как обычно должна перемещаться почта между подразделениями), тогда нам будет известна и информация о ежедневных потоках почты (исключая ее содержание) между сотрудниками компании. И вот если, например, оператор, который ведет базу данных, содержащую конфиденциальную информацию о состоянии здоровья работников, зафиксировал внезапный всплеск обращений к этой базе со стороны, например, финансового отдела компании, то он вправе задать вопрос, чем обусловлен этот всплеск. Точно такой подход можно использовать и в отношении операций с большими данными: если во время этих операций генерируются метаданные о метаданных, то появляется возможность контроля над потоками информации. В таком случае информацию смогут отслеживать телекоммуникационные компании, а за деятельностью АНБ

теперь сможет наблюдать не только пресса, но и общественные организации. Благодаря использованию метаданных о метаданных граждане смогут поступать с АНБ точно так же, как эта организация привыкла вести себя по отношению ко всем остальным.



Итак, децентрализация, рассредоточение данных АНБ — это всего лишь один из способов обеспечить конфиденциальность в мире, перенасыщенном информацией. Для предотвращения утечек не менее важно обеспечить с помощью шифрования безопасные передачу и хранение данных, что особенно актуально на фоне активизации глобальной киберпреступности и возникновения угрозы кибервойн.

Все, кто использует персональные данные, будь то госструктуры, частные предприятия или отдельные лица, должны соблюдать несколько основных правил безопасности. Во-первых, внешний обмен данными должен осуществляться только между теми информационными системами, которые придерживаются сходных стандартов безопасности. Для того чтобы отслеживать, откуда информация поступает и куда передается, каждой операции должна соответствовать надежная цепочка используемых идентификаторов и прав доступа. При передаче информации любого вида нужно всегда проводить мониторинг метаданных и проверку, подобно тому как осуществляется верификация кредитных карт для предотвращения мошенничества.

И здесь вполне подойдет так называемая сеть доверия — компьютерная сеть, которая осуществляет верификацию пользователя и выносит

решение, имеет ли он право доступа к информации, какие операции ему разрешается осуществлять и как поступить в случае, если пользователь нарушил правила доступа. В сетях доверия сохраняется вся информация о верификации пользователей и о правах доступа, благодаря чему данный вид сетей поддается контролю и мы всегда можем проверить, насколько соблюдаются соглашения об использовании данных.

Со временем сети доверия доказали свою надежность и безопасность. Наиболее известная из них — Общество всемирных межбанковских финансовых телекоммуникаций (SWIFT); около 10 тыс. банков и других организаций используют ее для денежных переводов. Насколько мы знаем, эту систему еще никому не удалось взломать, что и стало ее отличительной особенностью. Когда-то известного грабителя Вилли Саттона (Willie Sutton) спросили, почему он грабил банки, на что он якобы по-простецки ответил: «Потому что там лежат деньги». Но времена изменились: в наше время деньги находятся в системе SWIFT, внутри которой ежедневно перемещаются триллионы долларов. Благодаря мониторингу метаданных, автоматизированному контролю и принципу солидарной ответственности система SWIFT остается мошенникам не по зубам, а клиенты всегда могут быть уверены, что денежный перевод обязательно дойдет до адресата.

В свое время сети доверия были дорогостоящими и сложными в эксплуатации. Однако благодаря глобальному снижению стоимости вычислительных мощностей сети доверия стали вполне по карману небольшим организациям и даже физическим лицам. Возглавляемая мной исследовательская группа из Массачусетского технологического института вместе с Институтом систем информационного проектирования участвовала в создании открытого хранилища персональных данных (PDS), а именно коммерческой версии системы данного типа. Идея, лежащая в основе программного обеспечения, которое мы сейчас обкатываем совместно

с различными отраслевыми и государственными партнерами, состоит в том, чтобы как можно шире распространить принципы обеспечения информационной безопасности по подобию системы SWIFT с тем, чтобы компании, местные органы власти и частные лица смогли спокойно обмениваться конфиденциальной информацией — любой, в том числе медицинской и финансовой. Власти некоторых штатов США тоже начинают присматриваться к нашим разработкам, чтобы потом использовать их во внутренних и внешних сервисах анализа данных.

Благодаря более широкому распространению сетей доверия вести обмен данными юридическим и физическим лицам стало намного безопаснее. В результате стало легче внедрять безопасные распределенные системы хранения данных, которые помогают снизить угрозы, связанные с незаконным доступом к большим данным, принадлежащим организациям, и конфиденциальной информации простых граждан.



А теперь сделаем последний и самый главный вывод: проблема безопасности информации окончательно не решена. Признаем это. Понятно, что технологии развиваются, меняются, а вслед за ними должны меняться и структуры, осуществляющие надзорные функции. Наступившая цифровая эра представляет собой, по сути, нечто совершенно новое в человеческой истории. В наше время уже нельзя полагаться только на традиционные методы и подходы — необходимо постоянно предлагать новые идеи и проверять их на практике.

Давление, оказанное на США со стороны других государств, отдельных граждан и высокотехнологичных компаний, уже побудило Белый дом несколько ограничить деятельность АНБ. Скажем, в попытке восстановить пошатнувшееся было доверие некоторые компании уже пытаются в судебном порядке получить информацию о запросах, поступавших от АНБ, — т.е. те самые метаданные о метаданных. А в мае Палата представителей уже приняла Закон о свободе. И хотя многие защитники принципа неприкосновенности частной жизни сочли его слабым, данный правовой акт ограничивает сбор данных, так сказать, оптом, т.е. всех подряд; кроме того, в законе сказано о необходимости поддерживать некоторую степень прозрачности в процессе сбора информации. (Законопроект находится на рассмотрении в Сенате.)

Перечисленные в статье шаги ведут нас в правильном направлении. Однако любые действия, предпринимаемые в настоящее время, следует рассматривать в качестве временного решения глобальной проблемы. Технологии постоянно развиваются и непрерывно изменяются, поэтому инновационная активность государства тоже не должна отставать от научно-технического прогресса. В конечном счете мы обязаны постоянно экспериментировать; необходимо понемногу продвигаться вперед, браться за новые проекты, чтобы понять, что работает, и отделить от того, что не работает, — вот главная наша задача. ■

Перевод: И.В. Ногаев

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Пентленд А. В цифровом обществе // ВМН, № 1, 2014.
- Personal Data: The Emergence of a New Asset Class. World Economic Forum, January 2011. www.weforum.org/reports/personal-data-emergence-new-asset-class
- Social Physics: How Good Ideas Spread — The Lessons from a New Science. Alex Pentland. Penguin Press, 2014.



Н очевидное
невероятное

ежемесячный научно-информационный журнал
В мире науки

ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ

НАУЧНАЯ РОССИЯ

www.sci-ru.org

**Для всех, кто живет
на планете
ЗЕМЛЯ!**

est, tBLAST would return a list
with a quantitative measure of the similarity between the query and
search was Medline, or PubMed (pubmed.org), the repository,
National Library of Medicine at the National Institutes of Health, of all

fine for finding the best idea

In 1994 I re-invented myself. A physicist
and engineer at General Atomics, I was
part of an internal think tank charged
with answering hard questions from any
part of the company. Over the years, I worked on projects as
diverse as cold fusion and Predator drones.
But by the early 1990s I was collaborating frequently with
biologists and geneticists. They would tell me what cool
new technologies they needed to do their research;
I would go try to invent them.

Around that time I heard about a new effort called the
Human Genome Project. The goal was to decipher
the sequence of the approximately 3 billion DNA bases,
or code letters, in human chromosomes. I was fascinated.
I happened to read an article in this magazine noting
that some of the necessary technology had yet to
be invented; physicists and engineers would have to make it
happen. And before I knew it, I found myself a professor at the
University of Texas Southwestern Medical Center, where my lab
partner, a geneticist, and I were building one of the
Human Genome Project's first research centers.

of food

through scientific papers

The obvious database

Medicine

PubMed (pubmed.org)

Автор этой статьи всего лишь хотел написать программу, которая помогла бы ему разобраться в медицинских терминах. Дело кончилось тем, что он обнаружил повсеместный плагиат в научных статьях и указал на потенциальные мошеннические схемы с грантами на сотни миллионов долларов

С 1994 г. для меня началась новая жизнь. Работая инженером-физиком в компании *General Atomics*, я входил в группу аналитиков, которым было поручено отвечать на трудные вопросы, поступающие из всех подразделений компании. Годы я занимался самыми разнообразными проектами — от холодной плавки до беспилотных самолетов *Predator*, но к началу 90-х гг. стал часто сотрудничать с биологами и генетиками. Они все время говорили, что для исследований им не хватает новых передовых технологий, и я пытался эти технологии создать.

Примерно тогда же я услышал о новом проекте под названием «Геном человека». Он ставил своей целью расшифровать последовательность трех с лишним миллиардов базовых пар ДНК, или букв кода, в хромосомах человека. Я был воодушевлен. Мне по-

палась в журнале одна статья, где говорилось, что некоторые из необходимых технологий еще только предстоит изобрести и сделать это придется физикам и инженерам. Прежде чем я успел это осознать, я стал профессором Юго-Западного медицинского центра Техасского университета, где мы с коллегой, ученым-генетиком, начали развивать один из первых научно-исследовательских центров по расшифровке генома человека.

Там все было по-другому. Мои коллеги

говорили на языке медицины, я же — на языке физики. В физике почти все описывается основными уравнениями. В медицине всеобщих уравнений не существует — там есть множество наблюдений, некое отрывочное понимание вещей и огромное количество специальных терминов. Я постоянно ходил на семинары и составлял длиннющие списки слов, которых никогда раньше не слышал, а потом часами разбирался, что они значат. Чтобы прочитать научную работу, мне приходилось держать под рукой медицинский словарь.

Удрученный своей неспособностью понять любой связный кусок текста, в подмогу самому себе я решил написать специальную компьютерную программу. Мне требовался поисковый механизм, который брал

**УКРАДЕННЫХ
СЛОВАХ**

ОБ АВТОРЕ

Гарольд («Скип») Гарнер (Harold "Skip" Garner) преподает биологию, вычислительную технику и медицину в Виргинском политехническом институте. Периодически занимается бизнесом. Соучредитель компании *HelioText*, специализирующейся на анализе текстов. Член консультативного совета *Scientific American*.



бы порцию текста и выдавал ссылки на литературу для дальнейшего чтения, рефераты и статьи, которые введут меня в курс дела по данной теме. Это оказалось не легким делом. Поисковые системы для Всемирной паутины только начали появляться. Они успешно справлялись с поиском ресторана, где лучше всего в городе готовят фалафель, но не могли толком переварить абзац текста, содержащего несколько взаимосвязанных понятий, и выдать мне подходящие ссылки на литературу для чтения.

С помощью нескольких студентов и постдокторантов я занялся изучением анализа текстов, и вместе мы разработали программу под названием *eTBLAST* («электронный механизм поиска базового текстового локального соответствия» — *electronic Text Basic Local Alignment Search Tool*). Она была создана под влиянием программного инструмента *BLAST*, используемого для поиска в базах ДНК и первичных структур белковых молекул. Запросом для *BLAST* обычно была цепочка из 100–400 нуклеотидных оснований («букв») ДНК, в результате программа выдавала более длинные последовательности, которые включали запрашиваемый код. Запрос для *eTBLAST* — это абзац или страница текста, обычно длиной 100 или более слов. Разработать протокол поиска было труднее, чем написать программу для нахождения заданной цепочки символов, потому что поисковый механизм должен был не просто работать пословно, но еще и распознавать синонимы, сокращения и родственные понятия, выраженные другими словами, и учитывать порядок слов. В ответ на запрос в виде куска текста *eTBLAST* должна была выдавать упорядоченный список совпадений, обнаруженных в исследуемой базе данных, с указанием меры соответствия между запросом и каждым найденным фрагментом текста.

Очевидно, поиск следовало вести в базе данных *Medline* (доступной на интернет-портале *PubMed* по адресу *pubmed.org*). Это электронный архив публикаций, который поддерживает Национальная медицинская библиотека при Национальных институтах здравоохранения. Там есть информация обо всех научных исследованиях

в биологии, касающихся медицины. Архив содержит заголовки и краткий обзор каждой из миллионов научных статей из тысяч журналов, публикации в которых рецензируются членами экспертного сообщества. У ресурса *Medline* был поисковый механизм по ключевым словам. Введя в строку поиска несколько слов, например «генетика рака молочной железы», получаем ворох совпадений, зачастую со ссылками на полный текст научных работ. Но, будучи новобранцем в области биомедицинских исследований, я часто даже не знал, как сформулировать поисковый запрос.

Первым версиям *eTBLAST* требовались долгие часы, чтобы прогнать по базе *Medline* абзац в несколько сотен слов для поиска совпадений. Однако программа работала. Пользуясь ею, я мог продираться сквозь заросли научных статей, абзац за абзацем разбираясь в их сути. Я мог забить в программу описание темы студенческой курсовой и быстро выйти на список литературы по данной теме. Мы с коллегами даже предлагали корпорации *Google* запустить нашу программу в коммерческий оборот, но нам сказали, что это не укладывается в бизнес-модель компании.

А дальше события приняли странный оборот. Несколько раз в заявках на тему студенческой курсовой я находил куски текста, совпадающие с текстом из других опубликованных исследований, но ссылка на них отсутствовала. Такие студенты приговаривались к нравоучительным лекциям по этике научного сообщества. Передо мной как исследователем возник вопрос, который впоследствии изменил всю мою карьеру: как много плагиата содержит специальная литература по биомедицине?

Дежавю

Когда я взялся за эту новую проблему, исследования на тему плагиата в биомедицине состояли из анонимных опросов. Согласно последнему на тот момент опросу, который мне удалось найти, 1,4% ученых сознались в незаконных заимствованиях. Но точность этой цифры зависела от честности респондентов. Программа *eTBLAST* могла бы выяснить, не врут ли ученые.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Углубившись в медицинскую литературу с помощью программы текстового анализа, автор обнаружил доказательства повсеместного плагиата и потенциальных финансовых лазеек. Сегодня, считает он, резкий рост количества сомнительных научных сборников облегчает публикацию плагиата.
- Анализ текста — полезный инструмент для обнаружения плагиата. Но, может быть, пришло время обсудить новую модель научно-издательской деятельности — возможно, такую, при которой ученые непрерывно редактируют общий электронный массив знаний типа «Википедии».

Поскольку у нас не было недостатка в помощниках среди студентов и имелся довольно мощный компьютер, мы случайным образом брали аннотации статей из базы *Medline* и использовали их в качестве запроса для *eTBLAST*. Компьютер сравнивал запрос с содержанием всей базы *Medline* в поисках текстовых соответствий и выдавал список совпадений. Каждое совпадение получало оценку соответствия. Сам запрос всегда находился в вершине списка — стопроцентное совпадение. Следующее успешное совпадение обычно имело ранг сходства от единиц до 30%. Однако время от времени мы обнаруживали, что второе, а иногда и третье совпадение имеет ранг, близкий к 100%. Обработав несколько тысяч запросов, мы увидели, что около 5% запросов имеют подозрительно высокую оценку совпадения. Мы перечитали эти аннотации, чтобы убедиться, что человек увидит совпадения там же, где их обнаружила программа. После этого мы начали сравнивать полные тексты статей, чьи аннотации подозрительно совпадали.

Вскоре мы стали находить примеры явного плагиата. К нашему разочарованию и даже изумлению, беспардонно заимствовались не просто отдельные фразы — целые статьи и диссертации. Разумеется, мы знали, что 1,4% ученых сознавались в плагиате. Но увидеть своими глазами, как воруются научные труды, — совсем другое дело. Работа была увлекательной, особенно для студентов. Они чувствовали себя борцами с преступностью, и в каком-то смысле так оно и было.

На следующем этапе мы расширили масштаб вычислений и анализа. Для досконального исследования нам было необходимо выполнить поиск на соответствие по каждому элементу текста разумной длины, хранящемуся в базе *Medline*, — на тот момент это составляло почти 9 млн записей, в среднем по 300 слов каждая, помноженные на те же девять миллионов операций сравнения. Работа заняла несколько месяцев и потребовала приличного объема вычислительных мощностей нашей лаборатории. Получив результаты, мы их проанализировали и разместили сведения о максимальных совпадениях в базе данных, которую мы назвали *Déjà Vu*.

Déjà Vu стала заполняться парами крайне схожих аннотаций из базы *Medline* — нашлось 80 тыс. пар, рейтинг подобия которых превышал 56%. Большинство этих пар имели высокую степень сходства по совершенно понятным причинам — например, это были публикации, дополняющие более ранние исследования, или обзоры научных конференций. Но остальные записи вызывали подозрение.

Мы отправили в журнал *Nature* статью с изложением информации о частоте незаконных заимствований и двойных публикаций (которые иногда называют автоплагиатом), с описанием содержимого базы данных *Déjà Vu* и некоторых особо ярких примеров плагиата. Редакция статью приняла, но, поскольку мы приводили некоторые аннотации в качестве примеров плагиата, редакционные юристы нашу статью зарубили. Они дали этому блестящее объяснение: определять, есть плагиат или нет, якобы уполномочены только редакторы

и комитеты по соблюдению научной этики. Мы же могли только предоставить факты об объеме текстовых совпадений или сходстве между любыми двумя образцами научной литературы. В конце концов — с одобрения юристов — так мы и поступили.

Когда наш отчет был опубликован в *Nature*, случилось настоящее светопреставление. Редакторы научных сборников были удручены, ведь на них свалилась дополнительная работа. Чтобы защитить авторские права, редакторам, публиковавшим оригинальные труды, пришлось настаивать на отзыве статей, содержащих плагиат. Издатели вторичных работ, разумеется, были обескуражены. Ученые злились, потому что наши результаты с очевидностью обнажили порок в системе внутреннего рецензирования научных работ. Однако скрепя сердце все признали, что тема поднята важная и налицо серьезная проблема. Ведь ученые и практикующие врачи принимают ключевые решения на основании информации, которую они берут из литературы. А к чему могут привести решения, опирающиеся на сомнительные исследования?

В конечном итоге мы определили, что 0,1% публикаций по специальности содержат откровенный плагиат. (Мы искали только статьи, которые практически совпадают друг с другом; случаев воровства небольших фрагментов чужих статей наверняка было гораздо больше, но, поскольку наша программа вела поиск лишь по аннотациям статей, такие случаи она бы не распознала.) Около 1% работ представляли собой автоплагиат; статья одного автора могла почти дословно повторяться чуть ли не в пяти научных сборниках. Если эти цифры кажутся вам несущественными, подумайте о том, что ежегодно по биомедицинской тематике публикуется около 600 тыс. новых статей.

Вскоре мы заметили, что издательский процесс меняется. Редакторы журналов стали использовать программу *eTBLAST* для проверки предлагаемых к публикации статей на наличие плагиата. Я тоже изменился. В поисках новых путей я добавил в описание своей квалификации запись «исследователь этики науки» (*ethics researcher*).

Моя жизнь в должности полицейского научных нравов

Это первое большое исследование плагиата было всего лишь началом. Чтобы разобраться в причинах плагиата и понять, как это влияет на науку, предстояло проделать гораздо большую работу. В каких случаях воспроизведение текста представляется допустимым? Когда и почему ученые занимаются плагиатом? Может ли текстовый анализ обнаружить иные виды неэтичного поведения? Какие? Чтобы ответить на эти вопросы, мы усовершенствовали нашу программу, дополнили базы данных и взялись за новые исследования.

Дальнейшая работа привнесла неожиданные оттенки в дискуссию о плагиате. Мы обнаружили, что в некоторых случаях текстовое сходство не только приемлемо, но даже предпочтительно. Например, в методической

части научной работы, где важнейшим фактором выступает воспроизводимость результатов, типовые формулировки служат важной цели — убедить, что в исследованиях был использован стандартный протокол.

Мы обнаружили и подлинно вопиющие этические нарушения. В одном из наших исследований, опубликованном в журнале *Science*, мы взяли худшие примеры плагиата, которые удалось обнаружить, — пары статей, в которых статья В совпадала со статьей А в среднем на 86%, — и детально их проанализировали. Мы отправили по электронной почте копии этих статей с нашими примечаниями авторам и редакторам, работавшим над этими текстами, и попросили их поучаствовать в закрытом анкетировании. Мы спрашивали: знали ли они о сходстве текстов? Могут ли они это объяснить? Откликнулись 90% людей, к которым мы обратились.

Некоторые авторы рассказали о поразительных нарушениях этики. Одни признались, что копировали для себя статьи в процессе рецензирования — и написали на эти статьи плохие отзывы, чтобы они не прошли в печать. Другие сваливали вину на каких-то вымышленных студентов-медиков. Один человек сказал, что опубликовал плагиат ради шутки. У себя в стране он оказался вице-президентом национального комитета по этике. Неудивительно, что большинство ущербных статей из нашего списка впоследствии были отозваны.

И это еще не все виды нарушений этики ученого, которые мы обнаружили. В начале 2012 г. мы начали искать примеры двойных грантов, т.е. денег, полученных из разных правительственных ведомств для выполнения одной и той же работы. Мы скачали почти 860 тыс. заявок на гранты от правительства и частных организаций, включая Национальные институты здравоохранения, Национальный фонд науки, Министерство обороны, Министерство энергетики и фонд *Susan G. Komen for the Cure* (крупнейшая организация в США, занимающаяся предупреждением рака молочной железы) и ввели их в программу *eTBLAST*. Задача требовала 800 тыс. раз выполнить по 800 тыс. сравнений (это приблизительно 10^{12}), для чего была нужна производительность суперкомпьютера.

Просмотрев 1,6 тыс. наиболее похожих грантовых заявок, мы обнаружили, что 170 пар заявок содержали практически идентичные цели, задачи или гипотезы. Мы пришли к нескольким выводам: что двойные заявки на гранты подавались регулярно в течение долгого времени; что этим занимались самые престижные университеты США; что в результате сфера биомедицинских исследований в стране теряла до \$200 млн в год.

Будущее научных изданий

Небольшой процент людей всегда нарушают принятые в обществе нормы, и ученые здесь не исключение. В трудные времена, когда финансирование науки сокращается, а конкуренция за научные должности обостряется, некоторые ученые ведут себя неподобающе. Бурный рост числа сомнительных, не заслуживающих доверия журналов превратил научно-издательскую деятельность

в подобие ковбойской авантюры по завоеванию Дикого Запада. Найти площадку для публикации своих материалов сегодня легче, чем когда-либо, даже если эти материалы позорно скопированы.

Метод анализа текстов дает нам хороший инструмент для наведения порядка в издательской деятельности. Однако он мог бы не только вывести на чистую воду плагиаторов, но в конечном итоге принести намного больше пользы. Он мог бы способствовать появлению совершенно новых способов обмена результатами научных исследований.

Чем не соблазнительная идея — использовать модель «Википедии»: создать динамично развивающийся электронный банк информации по некоторой теме, который ученые постоянно модифицируют и улучшают. Каждая новая «публикация» представляла бы собой индивидуальный вклад в единый растущий массив знания; избыточные разделы с описаниями методик отпали бы за ненужностью. Модель «Википедии» стала бы шагом в сторону создания централизованной базы данных научных публикаций по всем дисциплинам. Авторы и редакторы могли бы использовать метод углубленного анализа текстов для проверки оригинальности новой работы, а также для разработки надежных показателей, которые помогут оценить значение некоей концепции или открытия. В идеале вместо того, чтобы измерять авторитет научной работы с помощью индекса цитирования, мы бы измеряли ее влияние на состояние научного знания в целом и даже на состояние общества.

В Технологическом университете Виргинии, куда я перебрался четыре года назад, мы изо всех сил поддерживаем *eTBLAST* в рабочем состоянии, и у этой программы все еще тысячи пользователей. Между тем мы с Ким Менье (Kim Menier), моей женой и деловым партнером, возлагаем большие надежды на компьютерный анализ текста. Мы думаем о том, как использовать описанный вид поиска текстовых совпадений (в пределах абзаца) для других целей, включая администрирование грантов, маркетинговые исследования и оценку патентной чистоты. Станет ли наш инструмент столь же успешным, как *Google*? Как знать. Но мой опыт мне подсказывает, что анализ текстов может стать подлинным откровением. Однажды с его помощью удалось доказать, что ученые так же несовершенны, как и все прочие смертные. ■

Перевод: С.В. Гогин

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- A Tale of Two Citations. Mounir Errami and Harold Garner in *Nature*, Vol. 451, pages 397–399; January 24, 2008.
- Responding to Possible Plagiarism. Tara C. Long et al. in *Science*, Vol. 323, pages 1293–1294; March 6, 2009.
- Systematic Characterizations of Text Similarity in Full Text Biomedical Publications. Zhaohui Sun et al. in *PLOS ONE*, Vol. 5, No. 9, Article No. e12704; September 15, 2010.
- Research Funding: Same Work, Twice the Money? Harold R. Garner et al. in *Nature*, Vol. 493, pages 599–601; January 31, 2012.



ОКТАБРЬ 1964

Эволюция и творение. Сторонники буквального толкования Библии вновь вступили в конфликт с биологами, на этот раз из-за стремления Национального научного фонда повысить уровень преподавания биологии в старших классах средней школы. После пяти лет под-

готовки и практического тестирования в школах государственным и частным средним школам всей страны были предложены три новых учебника. Они были разработаны в рамках проекта «Изучение программ преподавания биологических наук» (*Biological Science Curriculum Study, BSCS*) стоимостью \$5 млн. Во всех этих учебниках теория эволюции преподносится как логичное объяснение известных фактов из истории биологии. В отличие от обычной практики ни один из этих учебников не был выпущен местными издательствами с изменениями, призванными предотвратить конфликты с предрассудками. В течение 1963–1964 учебного года было продано около 250 тыс. экземпляров этих учебников. Этого количества достаточно, чтобы охватить 12% изучающих биологию школьников США. В Джорджии и Флориде все три учебника были предложены и одобрены государственными органами по надзору за образованием. В Аризоне одна религиозная группа, попытавшаяся организовать референдум против «атеистического преподавания» путем внесения соответствующего вопроса в бюллетени для голосования на предстоящих выборах, не собрала необходимых 55 тыс. подписей.



ОКТАБРЬ 1914

Подводная война. Не подлежит сомнению, что германские подводные лодки свободно курсировали в Северном море с самого начала войны. Они уже потопили три британских крейсера водоизмещением 12 тыс. т, что можно считать самым серьезным успехом военно-мор-

ских сил в нынешней войне и что убедительно доказывает убийственную эффективность этого новейшего вида морского оружия. Нужно признать, что моральный успех Германии важнее материальных потерь, нанесенных ею противнику.

Примечание: слайд-шоу о морской войне с 1914 г. см. по адресу: ScientificAmerican.com/oct2014/naval-warfare

Исчезновение странствующего голубя.

Стало ясно, что на территории США на воле не осталось ни единого странствующего голубя (*Ectopistes migratorius*), хотя в былые времена они мигрировали по стране миллионными стаями. До недавнего времени

в живых оставалась единственная голубка этого вида, содержавшаяся в зоопарке Цинциннати. Она прожила там долгих 29 лет и умерла, по-видимому, от старости в час ночи 1 сентября 1914 г. Ее тело, как было оговорено заранее, передано в Смитсоновский институт в Вашингтоне. Для изображения ее головы в профиль (на илл.) восстановлен ее глаз, чтобы оно выглядело более жизненным.

Электричество на службе обществу. Средней школе Руперта, штат Айдахо, принадлежит честь быть первым в мире крупным зданием, целиком обслуживаемым электроэнергией. Кроме освещения электричество используется в нем и для ряда других целей, так что школа получила название «электрической». Руперт — центр осуществления государственного проекта ирригации на плато Снейк-Ривер, которое восемь лет назад было полынной пустыней, а сейчас представляет собой густонаселенный сельскохозяйственный район. Заселившие его в рамках этого проекта люди весьма прогрессивны и намерены добиваться для себя и своих детей преимуществ, особенно в области образования.

Примечание: упомянутая средняя школа в Руперте работала до 1956 г.



ОКТАБРЬ 1864

Металлообработка. В последние годы большие успехи достигнуты в кузнечном деле. Рукам и глазам искусных кузнецов пришли на смену штампы и пресс-формы, что обеспечило поковкам точность, не меньшую, чем у отливок, при гораздо большей прочности. Используются прессы дляковки в штампах и быстродействующие падающие молоты, но они производят такой жуткий грохот, что рядом с ними почти невозможно находиться.

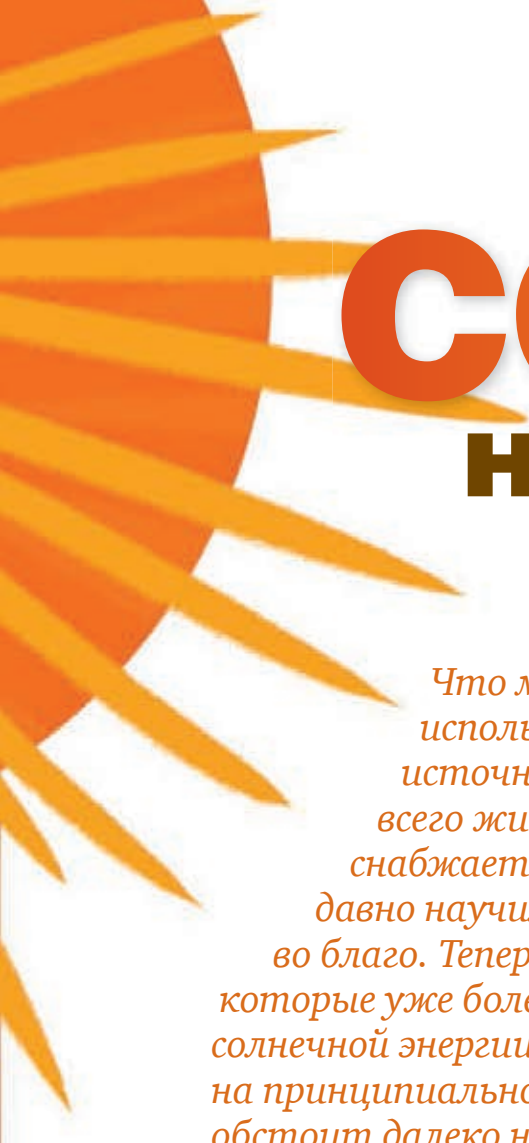
Прибыль от нарушения блокады. Газета *Liverpool Courier* опубликовала некоторые статистические данные о прибылях, полученных в результате нарушения блокады (побережья Конфедерации южан в ходе Гражданской войны в США. — Примеч. пер.). Как показывает

экземпляр добросовестного отчета, один рейс обходился в \$80 265. Из этой суммы 5 тыс. доставались капитану за месяц службы и 3 тыс. за проводку корабля туда и обратно. Но эти большие затраты возмещались доставкой 800 кип хлопка правительству (\$40 тыс.), 800 кип хлопка владельцам (\$40 тыс.), обратными грузами для правительства (\$40 тыс.), обратными грузами для владельцев (\$40 тыс.) и платой за провоз пассажиров (\$12 тыс.). В сумме получалось \$172 тыс. Таким образом, в случае успешного рейса месячная прибыль операторов составляла \$91 735. Следует помнить, однако, что захват судна в первом же рейсе приносил тяжелые потери. ■



Марта, последняя странствующая голубка, умершая в 1914 г.





СОЛНЦУ навстречу

Что может быть заманчивее, чем идея использования бесплатного и неограниченного источника энергии — солнечного света? Источник всего живого на нашей планете не один миллиард лет снабжает ее теплом и светом, который живые организмы давно научились преобразовывать и использовать себе во благо. Теперь настала пора включаться в процесс ученым, которые уже более полувека бьются над преобразованием солнечной энергии в электрическую. И если сам процесс освоен на принципиальном уровне давно, то с эффективностью все обстоит далеко не так радужно. О прошлом, настоящем и будущем солнечной энергетики мы беседуем с заместителем начальника отдела НИЦ «Курчатовский институт» кандидатом физико-математических наук Павлом Анатольевичем Форшем

Неторопливое развитие

— Павел Анатольевич, солнечная энергетика развивается не первое десятилетие. И хотя солнечные панели можно встретить сегодня даже в частных владениях, все равно это воспринимается скорее как некая экзотика. До сих пор не случилось прорыва. Что тормозит процесс внедрения?

— Считается, что эра солнечной энергетики началась с 1954 г., когда Пирсон, Чапен и Фуллер получили первый солнечный элемент с КПД порядка 6%. До этого, стоит отметить, уже получались твердотельные солнечные фотоэлементы с меньшим КПД. Большой вклад в это внесли наши ученые — тогда Ленинградского физико-технического института. Но 1954 г. уже сохранился в истории как начало солнечной энергетики. Получается, она развивается 60 лет — постепенно и довольно уверенно.

Солнечную энергетику можно разбить на два направления. Первое — солнечные элементы для применения в космосе. На данный момент это основной вид получения электроэнергии на борту космических аппаратов. Что касается наземных солнечных элементов, то в отличие от использования в космосе здесь основной вопрос — стоимость электроэнергии, поэтому сейчас идет работа над ее снижением. Рынок захватывается солнечными элементами постепенно, прирост получения энергии за счет солнечных элементов в год составляет примерно 25% в течение последних 30 лет.

Безусловно, довольно сложно сказать, сколько электроэнергии в ближайшее время будет обеспечиваться за счет солнечных элементов. По различным прогнозам, к середине XXI в. можно ожидать, что порядка 20–25% электроэнергии будет получаться за счет Солнца, солнечных преобразователей. На данный момент

1



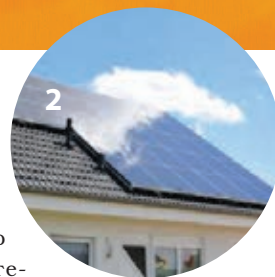
1. Гибридная дизель-солнечная энергоустановка в селе Яйлю, Республика Алтай. 2. Солнечные элементы на скатных крышах жилых домов. 3. Тонкопленочный солнечный модуль на основе аморфного кремния.

идут разработки по снижению стоимости киловатт-часа, пока эта цена довольно высока по сравнению с традиционным способом получения электроэнергии — за счет земных ископаемых.

— В южных странах, в той же Турции, многие дома снабжаются электроэнергией за счет солнечных батарей. Насколько это рентабельно в России? Или с российским климатом можно забыть о рентабельности, особенно в северных широтах, даже на уровне Москвы?

— Сейчас этот вопрос активно изучается, и он очень непростой. Заводские характеристики солнечных элементов даются из расчета определенной интенсивности падающего на элемент излучения. Однако в реальных условиях освещенность колеблется в зависимости не только от региона, но и от времени года. Кроме того, на солнечный элемент может налипать снег, если говорить про широты, где снежные осадки, а в России это преобладающая территория. Солнечная панель может быть некорректно расположена, может работать при повышенной или, наоборот, пониженной температуре. Все это приводит к тому, что вырабатываемая солнечным элементом мощность в реальных условиях может заметно отличаться от заводской. Оценкой вырабатываемой солнечными модулями электроэнергии в реальных условиях в России сегодня активно занимаются ученые, в частности специалисты Научно-технического центра тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф. Иоффе. Они проводят в течение года мониторинг, сколько электроэнергии вырабатывается

различными солнечными модулями — на монокристаллическом и на аморфном кремнии. У них стоят модули и в Санкт-Петербурге, и в Краснодаре. Этот вопрос изучается, потому что надо понимать, что солнечная энергетика — еще довольно молодая область и крайне сложно на данный момент точно сказать, как она в конце концов впишется в глобальное электроснабжение.



Одна из первых в мире гибридных дизель-солнечных энергоустановок установлена в селе Яйлю в Республике Алтай. Она обеспечивает Яйлю электроэнергией в круглосуточном и круглогодичном режиме. В России более 20 млн человек проживают в изолированных энергосистемах, многие из них имеют ограниченный доступ к электроэнергии

На сегодня в России есть места, где солнечные модули уже установлены. Они пока обеспечивают электроэнергией какие-то небольшие участки — деревню, например, — и это рентабельно в том случае, если по каким-то причинам не представляется возможным обеспечить поступление туда традиционной электроэнергии. Вот, скажем, одна из первых в мире гибридных дизель-солнечных энергоустановок установлена в селе Яйлю в Республике Алтай. Система сочетает в себе преимущества солнечной и дизельной генерации электроэнергии. Она обеспечивает Яйлю электроэнергией в круглосуточном и круглогодичном режиме. В России более 20 млн человек проживают в изолированных энергосистемах, многие из них имеют ограниченный доступ к электроэнергии. По прогнозам Минэнерго, потенциал развития возобновляемых источников энергии до 2020 г. в изолированных энергосистемах составляет порядка 1 ГВт. Таким образом, уже сейчас солнечная энергетика востребована в России и, безусловно, имеет свой рынок.

— Солнечный элемент — это именно солнечный элемент, он требует непосредственного прямого солнечного света, или он больше световой элемент? В пасмурную погоду способен ли он снабжать электричеством или будет бесполезен?

— Обычная схема работы следующая: солнечный элемент всегда сочетается с аккумулятором. Когда светло, в солнечную погоду он заряжает аккумулятор. Чем солнца больше, тем лучше этот аккумулятор заряжается. Понятно, что, когда будет ночь, сам солнечный элемент работать не будет и питание можно получать от аккумулятора.

— Если промежуточный вариант — пасмурная погода, как быть в этом случае?

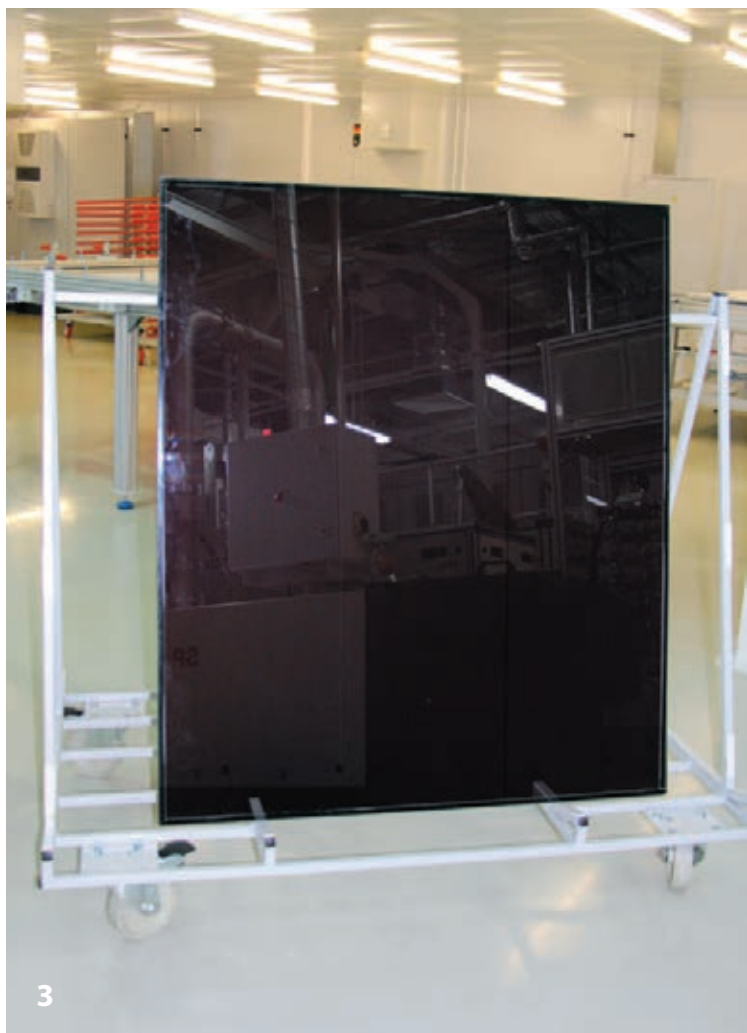
— Все зависит от типа солнечного элемента и от освещенности. Пасмурная погода бывает по-разному пасмурной. Есть данные в единицах интенсивности света, который падает, и сколько электроэнергии дает при этом тот или иной солнечный элемент — это можно посмотреть и выяснить.

Повысить КПД

— За годы развития солнечной энергетики создано ли что-то принципиально новое в этой области, или все это — изобретение велосипеда, ничего нового здесь уже невозможно выдумать, просто нужно совершенствовать технологии, которые существуют?

— Сама идея преобразования света за счет полупроводникового *p-n*-перехода или *p-i-n*-структуры была известна довольно давно: еще в 30-х гг. прошлого века были реализованы солнечные фотоэлементы с эффективностью примерно 1%. Если в 1954 г. было достигнуто КПД порядка 6%, то сейчас, если говорить о солнечных элементах, которые используются на космических аппаратах, КПД достигает 46–47%. Во многом это связано с тем, что научились делать так называемые многокаскадные солнечные элементы.

Одна из основных задач солнечного элемента — поглотить как можно больше падающего солнечного



излучения. Это делается таким образом, чтобы верхний каскад — по сути дела, отдельный фотопреобразователь — поглощал одну часть солнечного спектра, средний каскад — другую, а нижний — третью. Таким образом, удается собрать больше падающей солнечной энергии и, соответственно, получить на выходе большее значение электроэнергии, вырабатываемой солнечным элементом. Это непростая технология, потому что там очень много различных слоев — буферных, межкаскадных.

Кроме того, за последнее время начали развиваться именно дешевые технологии, почему мы и приступаем к разработке солнечных элементов наземного применения. Начали развиваться технологии создания солнечных элементов на основе CdTe , Cu-In(Ga)-Se(S) , аморфного кремния. КПД у этих элементов не так высок по сравнению с используемыми в космосе — например, у Cu-In(Ga)-Se(S) этот КПД приближается к 20%. У аморфного кремния он значительно ниже — порядка 10–11%. Тем не менее низкая стоимость солнечных элементов на основе аморфного кремния позволяет им уже сегодня конкурировать с другими видами получения электроэнергии.



Оборудование для производства солнечных модулей в НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф. Иоффе

Сегодня развивается целое направление создания солнечных элементов на полимерах — это совсем юная область. КПД там в лабораторных условиях составляет 10–11%. Но надо понимать: то, что сделано в лаборатории, как правило, имеет КПД больший, чем то, что получается потом на заводе. Вторая проблема на данный момент связана с полимерными технологиями: наблюдается довольно сильная деградация свойств солнечных элементов на основе полимеров — порядка 40% за несколько лет. Уменьшается КПД, уменьшаются характеристики: ток короткого замыкания, напряжения холостого хода. С этим, безусловно, нужно бороться.

Кроме того, деградация свойств наблюдается и в других дешевых элементах. Как я уже говорил, одни из наиболее перспективных солнечных элементов для наземных применений — солнечные элементы на основе аморфного кремния. Аморфные элементы на основе аморфного гидрогенизированного кремния тоже изменяют свои свойства, деградируют под действием солнечного освещения. Большая проблема — победить этот эффект, не испортив сам материал: он должен быть с такими же фотоэлектрическими характеристиками, но изменение его свойств под действием освещения наблюдаться не должно. Кроме того, нужно еще

и придумать такую технологию, которая уже была бы совместима с существующими технологиями, потому что нецелесообразно выдумывать что-то заново, когда есть целые заводы по производству тонкопленочных солнечных элементов на основе аморфного кремния.

Что же касается нового качественного скачка, то здесь направление развития может быть связано с биоэнергетикой, когда полупроводник заменяется биоорганической субстанцией. Такие работы ведутся в Курчатовском институте. Задача очень непростая, потому что она междисциплинарная, здесь нужно совместить биологию, физику, химию

В России в самое ближайшее время должен быть запущен завод «Хевел» по производству тонкопленочных фотопреобразовательных модулей на основе аморфного кремния, который призван создать полноценную высокотехнологичную отрасль солнечной энергетики как альтернативу традиционным источникам энергии. В России это крупнейший на данный момент завод по производству солнечных элементов. В качестве исследовательского центра при данном заводе создан уже упоминавшийся мной Научно-технический центр тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф. Иоффе. Основная цель создания центра — проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на повышение качества тонкопленочных солнечных модулей на основе аморфного и микрокристаллического кремния. Ученые Курчатовского института совместно с учеными из ФТИ им. А.Ф. Иоффе и Научно-технического центра тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф. Иоффе внесли свой вклад в решение проблемы деградации под действием освещения солнечных элементов на основе аморфного кремния. Оказывается, что внедрение в аморфную матрицу определенного количества нанокристаллов позволяет улучшить стабильность материала, не изменив его фотоэлектрических свойств. Разработка технологии по внедрению нанокристаллов в аморфный кремний так, чтобы их было нужное количество и чтобы они достаточно однородно были распределены по толщине пленки, — непростая задача, но мы ее решили. При этом разработанные технологии получения аморфного кремния с кремниевыми нанокристаллами полностью совместимы с имеющимися технологиями на заводе «Хевел». Результаты были проверены в НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф. Иоффе, утверждена наша заявка на патентное изобретение.

— **Есть ли теоретические предпосылки для увеличения КПД? Он же при этом остается достаточно низким, не дотягивая даже до 50%?**

— Безусловно, увеличивать КПД можно. Для трехкаскадных батарей теоретический предел КПД — 56%, а сейчас он 46–47%, значит, есть куда расти.

Еще большая возможность увеличивать КПД есть в тонкопленочных солнечных элементах, в частности элементах на основе аморфного кремния. Сейчас развиваются идеи создания солнечных элементов на гетеропереходах, где будут использованы монокристаллический кремний и аморфный кремний.

— **То есть теоретический максимум КПД солнечной батареи — это 56%?**

— Это если говорить о трехкаскадных. Можно делать четырехкаскадные, пятикаскадные солнечные элементы. Они будут иметь больший КПД, потому что там можно эффективно поглотить больше света: чем больше света поглощено, тем больше получается КПД. Для них теоретические пределы выше.

Если говорить о цикле Карно, какой КПД может быть в идеале, то это примерно 93%. Безусловно, в элементах,

которые рассчитаны на применение в космосе, есть тенденция: хотят переходить на четырех-, пятикаскадные элементы. На данный момент этот переход совершается, реально такие элементы пока не используются. Там есть свои проблемы с подбором слоев с определенными параметрами кристаллической решетки, чтобы не было напряжений, деформаций. Тем не менее такая работа ведется, и я думаю, что в скором времени будут запускаться четырехкаскадные солнечные элементы и эффективно использоваться в космических целях.

— **93% — это та эффективность, к которой нужно стремиться?**

— Это идеальный цикл, которого вряд ли мы когда-то достигнем, но, тем не менее, значительно превысить потолок в 50%, я думаю, удастся.

Зеленее надо!

— **Сам по себе процесс преобразования солнечной энергии достаточно экологичен. При этом производство солнечных элементов по-прежнему довольно «грязное». Можно ли как-то его «очистить»?**

— Что касается экологичности данного процесса, то производство солнечных элементов иногда использует и токсичные элементы, и некоторые ядовитые газы. Поэтому когда говорят о солнечной энергетике как о полностью зеленой технологией, здесь есть небольшая доля лукавства. Однако процессы производства самих солнечных элементов и получение с помощью них электроэнергии могут быть пространственно разнесены. Например, солнечные элементы могут быть использованы для получения электроэнергии в заповедных зонах. И это будет технологически чистый процесс. Само же производство солнечных элементов при этом может осуществляться в другой географической области с меньшими экологическими требованиями. В связи с этим в данном контексте разговор об экологичности солнечной энергетики вполне оправдан.

Заглянем в будущее

— **Каких новых направлений развития солнечной энергетики можно ожидать в будущем?**

— Мы с вами говорили в принципе о технических вопросах по доведению каких-то идей до совершенства, о вопросах увеличения коэффициента полезного действия за счет различных технологических приемов и технических решений. Это все рутинная и не революционного характера работа. Что же касается нового качественного скачка, то здесь направление развития может быть связано с биоэнергетикой, когда полупроводник заменяется биоорганической субстанцией.

Такие работы ведутся в Курчатовском институте. Задача очень непростая, потому что она междисциплинарная, здесь нужно совместить биологию, физику, химию. Для этого необходимы соответствующие условия: наличие самого современного аналитического и технологического оборудования, в том числе уникальных установок, наличие кадрового состава с подготовкой в области конвергентных нано-, био-, информационных

Недавно учеными Курчатовского института было обнаружено, что в случае кристаллизации аморфного кремния фемтосекундным лазерным излучением на воздухе можно получать тонкие слои, которые будут эффективно поглощать в ультрафиолетовой области спектра и переизлучать в видимой области. Это важно для солнечных элементов на основе аморфного кремния, потому что в ультрафиолетовой области спектра они поглощают плохо

и когнитивных наук и технологий и многое другое. И я должен сказать, что Курчатовский НБИКС-центр и создавался М.В. Ковальчуком для решения такого рода междисциплинарных, конвергентных задач. Думаю, что в плане улучшения экологии и революционных прорывов здесь слово за биоэнергетикой, где именно совмещение «живого» с «неживым» даст нам какие-то прорывы.

Задача эта крайне сложная. И, безусловно, те знания, которые накоплены в солнечной энергетике и еще будут накоплены, пригодятся и для решения уже биоэнергетических задач.

— Расскажите подробнее про проект совмещения. Что представляют собой эти биосветочувствительные элементы?

— Проект пока находится в стадии исследований. Мы говорили о технологиях, которые уже развиваются многие десятилетия и только сейчас выходят на промышленный уровень. С точки зрения интеграции солнечной энергетике с биотехнологиями нужно еще провести большую часть фундаментальных исследований, чтобы о чем-то убедительно можно было говорить, т.е. это работы на перспективу, на опережение, какими, собственно, и должны быть фундаментальные исследования. Что же касается биоэнергетики, то это направление активно развивается в Курчатовском институте. Для солнечной энергетике такой уход в биоэнергетику, бионаправление, где будет, например, совмещаться процесс фотосинтеза с преобразованиями солнечной энергии с помощью полупроводниковых структур, — это, безусловно, интересная и важная задача.

— Чего помимо биоинтеграции ждать от солнечной энергетике в ближайшей перспективе?

— Прогнозы — всегда дело неблагоприятное. Кто-то пишет о том, что к концу XXI в. останется только солнечная энергетика, кто-то наоборот говорит, что солнечной энергетике вообще не будет, поскольку у нее нет перспектив.

Солнечные модули на крыше здания в Санкт-Петербурге



Я думаю, что солнечная энергетика будет развиваться в том виде, в каком она развивается сейчас: будет увеличиваться КПД солнечных элементов, за счет этого будет снижаться стоимость вырабатываемой ими электроэнергии. Это будет, безусловно, приводить к увеличению доли солнечной электроэнергии и все большему продвижению на рынок солнечных элементов. Кроме того, будет развиваться и, по-видимому, все сильнее конкурировать с солнечной биоэнергетикой.

На местном уровне

— **Какие направления солнечной энергетики развиваются в Курчатовском институте?**

— Я уже о некоторых из них упоминал — это, в частности, создание материала на основе аморфного кремния, с кремниевыми нанокристаллами, который обладает фотоэлектрическими характеристиками, сравнимыми с характеристиками широко используемого в солнечной энергетике аморфного гидрогенизированного кремния, но при этом в отличие от последнего стабильного к воздействию солнечного света.

Кроме того, недавно учеными Курчатовского института было обнаружено, что в случае кристаллизации аморфного кремния фемтосекундным лазерным излучением на воздухе можно получать тонкие слои, которые будут эффективно поглощать в ультрафиолетовой области спектра и переизлучать в видимой области. Это важно для солнечных элементов на основе аморфного кремния, потому что в ультрафиолетовой области спектра они поглощают плохо. Использование же полученного тонкого слоя позволяет добиться переизлучения ультрафиолетовой части солнечного спектра в эффективно преобразуемый солнечным элементом видимый свет, что приведет к существенному увеличению КПД. Такие слои называют люминесцентными концентраторами.

— **А зачем его переизлучать? Нельзя сразу ультрафиолетовое излучение (или инфракрасное) перевести в электроэнергию?**

— Дело в том, что полупроводники по-разному поглощают в различных областях электромагнитных волн. Поэтому, кстати, и делают многокаскадные элементы. Там верхний каскад эффективно поглощает свет с малой длиной волны, но пропускает свет с большей длиной волны. По мере удаления от поверхности солнечного элемента каскады делают из материалов, поглощающих в области все больших длин волн. Таким образом, с помощью нескольких каскадов получается эффективно собирать свет. С переизлучением света ситуация в какой-то степени аналогичная: берем какую-то область света, которую солнечный элемент плохо поглощает и, соответственно, не преобразует в электроэнергию, и с помощью специально созданного слоя на поверхности элемента переводим ее в ту область, где солнечный элемент эффективно поглощает.

— **То есть, по сути, ограничение КПД происходит за счет слишком узкого диапазона, который способен поглощать фотоэлемент?**



! Справка

Павел Анатольевич Форш

Заместитель начальника отдела по работе с базовыми кафедрами управления образовательной деятельности и молодежной политики НИЦ «Курчатовский институт», доцент физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

- ✓ Сфера научных интересов: физика низкоразмерных структур, полупроводники, солнечные преобразователи, полупроводниковые газовые сенсоры.
- ✓ Хобби: шахматы.

— Да, во многом уменьшение КПД связано с тем, что сложно собрать всю падающую на солнечный элемент энергию. Следует отметить, что вопрос увеличения поглощения фотопреобразователем солнечной энергии остается одним из наиболее актуальных на всем протяжении развития солнечной энергетики. Используются самые разные подходы и методы для увеличения поглощения, среди которых, помимо уже отмеченных, — концентрация солнечного излучения, текстурирование поверхности солнечного элемента, создание отражающего заднего контакта, использование эффекта резонансного возбуждения плазмонных мод в металлических наночастицах, введенных в полупроводник, и многое другое.

Беседовал Виктор Фридман



ЛАЗЕРНАЯ УКАЗКА В БУДУЩЕЕ

В былые времена лазерный излучатель был строго научным прибором, занимал огромные помещения и требовал высочайшей квалификации обслуживающего персонала. Сегодня лазерной указкой может пользоваться даже ребенок, а излучатель запросто поместится у него в руке

Напрашиваются определенные аналогии с эволюцией компьютеров — от огромных жужжащих шкафов, поглощающих перфокарты, до беспроводных смартфонов, доступных каждому. Однако наряду с бытовыми компактными устройствами, больше предназначенными для развлечений, гигантские установки сегодня служат исключительно научным целям.

Причем это справедливо как для лазеров, так и для электронно-вычислительных машин. А если совместить эти два компонента в единую систему, то получится мощная исследовательская лаборатория. Примерно такая, как в Объединенном институте высоких температур РАН, которой заведует наш сегодняшний собеседник — кандидат физико-математических наук **Борис Борисович Зеленер**.

Лаборатория чем-то напоминает операционную. Чистая сменная обувь или бахилы. Зачем? Здесь стоит лазер, который очень чувствителен к любым «возмутителям спокойствия». Поэтому — два кондиционера, которые круглогодично поддерживают постоянную температуру $\pm 1^\circ$. Пыли не должно быть много, и влажность должна быть умеренная. Над столом — специальный фильтр. Главное, чтобы не было вибрации, поэтому стол стоит на гидравлических ногах, а специальная электроника отслеживает низкочастотные колебания. Если они возникают, специальный механизм дает в противофазе другие колебания, которые гасят первоначальные. Таким образом, можно точно стабилизировать излучение. Поверхность стола вся испещрена резьбовыми отверстиями, чтобы практически в любую точку можно было поставить световой фильтр, призму, зеркало, излучатель, диафрагму, вакуумную камеру с веществом, т.е. любое приспособление, так или иначе имеющее отношение к лазерному свету.

Всеми цветами радуги

Мы изучаем взаимодействие излучения с веществом: как влияет монохроматическое и когерентное излучение лазера на атомы лития. Смотрим, как происходит это сильное взаимодействие. Чем ближе к резонансу, тем интенсивнее взаимодействие лазера с веществом. У нас в лаборатории представлена установка с вакуумной камерой при давлении порядка 5×10^{-10} торра (один торричелли — это 1 мм ртутного столба, т.е. 1/760 атмосферы). Откачивание происходит при помощи ионных насосов.

Итак, есть вакуумная камера, в которой находится литий. Он испаряется при температуре 500°C , летит по узкой трубе, где ничего нет — все откачано. Навстречу ему светит резонансный свет, настроенный таким образом, чтобы его хватали только быстрые атомы из этого пучка. Атомы поглощают резонансные фотоны в лоб, а испускают во все стороны равновероятно. Кроме того, при изменении скорости атомов его линию в резонанс подстраивают изменением постоянного магнитного поля, которое находится в зеемановском замедлителе. Это труба, на которую накручена катушка переменного радиуса — от большого поля до маленького в конце этой метровой прямой. В начале скорость движения атомов — 50 км/с, а на конце этой трубы атомы замедляются до скорости 50 м/с в результате взаимодействия с красным лазером длиной волны около 671 нм.

Затормозившие атомы влетают в центр камеры с множеством прозрачных окон. На вакуумной камере сверху и снизу стоят две магнитные катушки. Ток в них закручен в разные стороны, поэтому в центре камеры поле — 0, а дальше от центра магнитное поле растет. Через окна в центр вакуумной камеры со всех шести сторон светят лазеры, которые захватывают атомы лития и охлаждают их до температуры 10^{-4}K . При этой температуре появляется красный шарик размером 3–4 мм, в котором скорость атомов не превышает около 1 м/сек. Это так называемые ультрахолодные атомы, которые все время колеблются с определенной частотой. Их мы и хотим изучать.

Недавно мы приобрели уникальную лазерную систему, похожую на поезд. Первый лазер — твердотельный — имеет зеленый цвет и частоту 533 нм при мощности 15 Вт. Дальше зеленый луч попадает в лазерный блок с кристаллом титан-сапфира, который преобразует зеленый цвет в красный с длиной волны 700 нм. Этот лазер очень широко перестраивается и имеет высокую стабильность. Потом идет блок дальнейшей стабилизации, а затем блок превращения лазера из красного в ультрафиолет 350 нм, где происходит удвоение частоты.

Затем этот ультрафиолетовый лазер попадает в красный шарик, он переводит эти атомы из состояния охлаждающего перехода на очень высокий уровень возбуждения.

Есть понятие ридберговского вещества, которое предложил доктор физико-математических наук, профессор Эдуард Анатольевич Манькин в 1981 г. Что это такое? У атомов есть основное состояние, есть первое возбужденное, есть второе, а есть сотое возбужденное или тысячное. Такие атомы можно наблюдать в космосе, где большой вакуум, и можно — у нас в камере. Наш ультрафиолетовый луч соответствует именно таким фотонам, которые нужны, чтобы перевести электроны в верхнее возбужденное состояние. В результате эти атомы становятся огромными, размером порядка микрона. Наша установка уникальна тем, что позволяет произвести их в очень большом количестве и делать это в непрерывном режиме.

Дальше они друг с другом соприкасаются и, по предсказаниям, должны выстраиваться в кристаллическую решетку, но на очень больших расстояниях. Этот эффект теоретически нами предсказан, но еще не получен. И вот мы его ищем.

Антивещество

Очень интересное направление развития этой тематики — получение антивещества. Дело в том, что в CERN сейчас получают антивещество: получили антиводород, правда, в количестве нескольких десятков атомов. Хочется получить больше и захватить. У них магнитные ловушки, а мы хотели бы захватить его в магнито-оптические ловушки, чтобы антивещество можно было увидеть невооруженным глазом.

Что же такое антиводород? Антиводород — это полная противоположность водороду. Нужно исходить из понятия, как наш мир устроен. Есть четыре вида материи. Первый — это вещество, которое нас окружает. Оно имеет четыре агрегатных состояния: твердое тело, жидкость, газ, плазма; и, возможно, есть пятое агрегатное состояние — что-то наподобие структурированной плазмы, или вещества из возбужденных атомов. Этого еще никто не видел, но мы его ищем. Второй — это то, что передает информацию, взаимодействие между отдельными атомами вещества: это электромагнитная волна или свет. Он состоит из фотонов.

Третий вид — это антивещество. Оно отличается от вещества только зарядом. Например, если электрон имеет отрицательный заряд, то позитрон имеет точно такой же, но положительный. Второе свойство: когда позитрон

встречает электрон, происходит аннигиляция. Все вещество, вся масса переходит по формуле Эйнштейна в свет. Возможен и обратный процесс. Четвертый вид материи — это вакуум, в который погружена вся Вселенная. Он все пронизывает, но это не «ничто», а вещество с антивеществом вместе. Если мы в маленький участок пространства вложим гигантскую энергию, равную массе частиц, которые должны родиться, то вакуум рвется именно на вещество и антивещество.

Это происходит в CERN, на коллайдере. У них есть специальный источник антипротонов, получающихся в результате столкновений тяжелых частиц. Энергии там очень много в малом пространстве. Вакуум рвется, вылетают всевозможные частицы. Рождаются антипротоны и протоны, электроны и позитроны, другие частицы. Их ловят специальными детекторами. Как только антивещество попадает на стенку, оно сразу излучает. Поэтому антивещество можно держать только в вакуумной камере.

Вещество и антивещество зеркально симметричны. Свойства у них абсолютно одинаковые. Единственное, что нужно, — глубокий вакуум, чтобы он не соприкасался с веществом. Главное — удалить побольше вещества, чтобы его практически не было, и получить много антивещества. Нужно создавать большие установки. Сейчас этим занимается лаборатории ALPHA и ATRAP в CERN, в Швейцарии, а в 2020 г. большую установку FAIR должны построить в Дармштадте, в Германии. Мы участвуем в этом проекте. Там основная цель — получение антиводорода в магнито-оптической ловушке. Он будет светиться ультрафиолетом.

Мы также работаем вместе с Нильсом Мадсенем. Он возглавляет лабораторию ALPHA в CERN. Они занимаются получением антиводорода. Берут антипротоны из ускорителя и смешивают с позитронами. Позитрон можно получить в результате реакции распада радиоактивного калия. Смешивают их в магнитном поле, где создают магнитную ловушку, в которой и пытаются их смешать. Позитроны должны сесть на орбиты, т.е. происходит обратный процесс: мы возбуждаем, а там они, наоборот, оторваны и снова садятся. Из-за того, что там сильное магнитное поле — порядка 3 Тл, электрон осциллирует по ларморовскому радиусу и ему сложно садиться на орбиту. Мы хотим придумать способ, как этот электрон туда посадить, несмотря на магнитное поле. Это следующая установка. В ней будет создаваться большое магнитное поле, которое мы будем получать при помощи сверхпроводящих магнитов.

Итак, резюме: антивещество — это способ создать очень много энергии в крайне малой массе. Трех миллиграммов антивещества хватит, чтобы долететь до Марса. Это суперкалорийное топливо. Основная проблема космонавтики в данный момент заключается в том, что больше двух третей ракеты составляют двигатели и топливо, и этого хватает лишь на то, чтобы выкинуть ракету на орбиту. Нет смысла говорить о полете хотя бы до ближайшей звезды, потому что нет хорошего топлива. А антивещество — один из способов получения супертоплива.

Творцы будущего

Теоретические исследования — это прекрасно, но какова практическая польза от всего этого?

Сейчас сильно развивается направление квантовых компьютеров. Дело в том, что, умея манипулировать состояниями атомов (причем мы изучаем коллектив таких атомов), можно создать компьютер на основе так называемых запутанных состояний взаимодействующих атомов. Скорость одного такого компьютера (если он будет создан) сравнима или даже превосходит по скорости все вместе взятые компьютеры на Земле. Но квантового компьютера пока еще не существует — это будущее. Однако умение манипулировать отдельными атомами — заставлять их находиться в разных квантовых состояниях и взаимодействовать — позволит сделать такой компьютер. Мы этим тоже занимаемся.

Еще одно применение: раз мы можем манипулировать атомами, значит, мы можем их укладывать на подложке в произвольном порядке и делать, например, нанороботов. Это субнанотехнологии: манипуляции производятся с отдельными атомами при помощи света.

Очень важное направление — стандарты частоты. Спутник, который висит на орбите, и приемник-передатчик, располагающийся на Земле, находятся в разных гравитационных состояниях, и поэтому время у них идет по-разному. Чтобы синхронизировать это время, необходимы стандарты очень точного времени. Механические часы здесь не подходят, поэтому используются атомные часы. Все построено на схеме насыщенной спектроскопии, на газе атомов, например рубидия или

цезия. Вы видите спектр поглощения, по этим спектрам можно стабилизировать лазерное излучение и получать точное время. Секунда представляет собой интервал времени, равный 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133. Это универсальный закон природы, он всегда выполняется, где бы вы ни находились. Используя законы природы, можно очень точно измерять время.

Интересное направление — квантовая криптография. Можно квантовым образом так зашифровать эти состояния, что никто не сможет без ключа открыть: работы нашим компьютерам на миллиарды лет, чтобы взломать этот код. Секретные службы очень интересуются этим направлением.

Еще квантовая оптика связана с телепортацией. Она получена экспериментально, но надо понимать, что такое телепортация. В одном месте меняете квантовое состояние, и в двух других местах одновременно это состояние тоже меняется. Получается вроде бы мгновенный процесс, но от источника, который поменял эти два состояния, информация идет со скоростью света, просто она приходит одновременно туда и туда. Вы можете менять состояние у двух частиц, которые находятся в разных концах Вселенной, если они в квантовом состоянии. Если поменяли состояние в одном месте, то в двух других оно сразу изменится тоже. Это и есть телепортация. ■

Подготовил Виктор Фридман

! Справка

Борис Борисович Зеленер

Заведующий лабораторией 1.5.3 ОИВТ РАН, кандидат физико-математических наук, доцент.

- ✓ В 2002 г. окончил факультет теоретической и экспериментальной физики НИЯУ МИФИ по специальности «Физика твердого тела». В 2000 г. пришел на преддипломную практику к профессору Э.А. Маныкину, с тех пор изучал коллектив ридберговских атомов. В 2005 г. защитил кандидатскую диссертацию в аспирантуре МИФИ по численному моделированию свойств ридберговского вещества.
- ✓ С 2010 г. возглавляет лабораторию, где за это время был создан стенд по лазерному охлаждению атомов лития в магнитооптической ловушке.
- ✓ Сфера научных интересов: квантовая оптика, физика конденсированного состояния, физика экстремального состояния вещества, лазерная физика, физика плазмы, вычислительная физика.
- ✓ Хобби: джазовый вокал и импровизация на фортепиано, сноуборд, серфинг, компьютерные стратегии.





Верхом на ЯДРЕ

*О последних достижениях
ядерной медицины
мы беседуем сегодня
с теми, кто находится
на передовом рубеже
отечественной науки*

Я

дерной медицине уже более полувека, однако официальный статус одного из направлений медицины она получила лишь в 1970-х гг. С тех пор методы диагностики и лечения совершенствовались, а новые технологии с каждым годом позволяют им становиться более точными, эффективными, безопасными и комфортными для пациента. Активно включились в этот процесс и госкорпорация «Росатом» и ее институты, в частности Научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации (НИИТФА), где разрабатывается новое оборудование, порой уникальное. О последних достижениях отрасли мы беседуем сегодня с теми, кто непосредственно принимает участие в этом процессе и находится на передовом рубеже ядерной медицины.

**Валентин Пантелеймонович
Смирнов, научный
руководитель
по электрофизическому блоку
ЗАО «Наука и инновации»**

Большой опыт по созданию ускорителей заряженных частиц и производству радиоизотопных источников, исторически накопленный в «Росатоме», послужил фундаментом для активного участия в бурно развивающейся области — ядерной медицине. Ядерная медицина стала неотъемлемым и эффективным средством борьбы за здоровье человека. Сегодня высокая проникающая способность излучения активно применяется для диагностики широкого пласта заболеваний и терапевтического лечения онкобольных.

Предприятия Блока по управлению инновациями госкорпорации «Росатом» принимают активное участие в выполнении федеральной целевой программы развития фармацевтической и медицинской промышленности Российской Федерации до 2020 г. Значительные результаты получены в Научно-исследовательском институте электрофизической аппаратуры (НИИЭФА) им. Д.В. Ефремова и НИИТФА. Объединив свои знания и возможности производств, два этих института работают над созданием ПЭТ-центра. НИИЭФА уже создал и поставил на площадку коллег циклотрон, а НИИТФА, в свою очередь, наладил производство оборудования — автоматизированных модулей синтеза радиофармпрепаратов, а также позитронно-эмиссионных томографов, совмещенных с компьютерными томографами.

ПЭТ-центр в НИИТФА — это не только демонстрация возможностей ГК «Росатом», но и в недалеком будущем медицинское учреждение полного цикла — от диагностики до лечения.

**Алексей Андреевич Ядыкин,
руководитель проектного
офиса № 2**

От диагностики до излечения

Направление ядерной медицины — одно из ключевых для нашего института, оно развивается с даты основания НИИТФА. С 2011 г. нашими специалистами реализуются новые проекты, направленные на развитие и совершенствование области ядерной медицины, включающей в себя диагностику и терапию заболеваний человека с помощью радиоактивных источников. Традиционно НИИТФА поставлял оборудование для терапевтического лечения злокачественных новообразований, онкологии. В 2011 г. мы начали уделять внимание и диагностике. Были реализованы два мероприятия федеральной целевой программы развития фармацевтической и медицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 г., созданы производства оборудования.

Параллельно велись и ведутся разработки новых устройств, выпускаются опытные образцы, разрабатываются макеты, значительная часть продукции сертифицирована и готова к рыночному производству.

На площадке нашего института создается пилотный ПЭТ-центр ГК «Росатом» — медицинское учреждение по оказанию услуг в области диагностики и терапии. В первое время основными клиентами будут работники госкорпорации, но в перспективе услуги по диагностике заболеваний с помощью радиофармпрепаратов на позитронно-эмиссионном томографе будут доступны широким слоям населения.

Наш центр уже сейчас включает комплекс по производству радиофармпрепаратов, состоящий из циклотрона и радиохимической лаборатории. Организован полный цикл производства лекарственного изделия:



Гамма-терапевтический комплекс «Agam Smart»

от наработки изотопа до выпуска пробы с лекарственным средством, имеющим все соответствующие документы.

На территории НИИТФА расположено здание медсанчасти, реконструкция которой должна завершиться в этом году. Будут закуплены диагностические томографы, и центр будет готов к приему пациентов. В центре планируется использование трех ПЭТ-сканеров, при этом один из них — нашего производства. Это первый поставленный образец, на котором будут проводиться клинические испытания.

Уже сейчас «Росатом» предлагает полную технологическую цепочку — от создания радиофармпрепарата до оказания услуги, — основываясь на отечественном оборудовании, оборудовании своих предприятий. В частности, подписан первый контракт по Дальнему Востоку — по созданию центра ядерной медицины при Дальневосточном федеральном университете. Контрактом занимается компания «Русатом Оверсиз». Планируется, что в этой кооперации «Русатом Оверсиз», Блок по управлению инновациями, НИИТФА и НИИЭФА создадут ПЭТ-центр, во многом похожий на наш. «Росатом» может предлагать, в том числе зарубежным странам, помимо атомных станций такие высокотехнологичные центры из смежных, но связанных с радиационными технологиями областей.

В России года три назад ПЭТ-центры можно было пересчитать по пальцам одной руки. Сейчас параллельно в рамках различных программ ведется развитие этого направления как на региональном уровне, так и на федеральном. Сама технология освоена сейчас, наверное, процентов на 20, но, как правило, на зарубежном оборудовании. Препятствий в освоении самой технологии,

например, ПЭТ-диагностики в России нет, за исключением, может быть, того, что все происходит не в рамках общей программы, а в рамках нескольких программ, которые не связаны между собой. Единая программа по ядерной медицине обсуждалась в Правительстве Российской Федерации, но до настоящего времени принята не была.

Вторая особенность — это то, что не многие процедуры из области ядерной медицины входят в программу обязательного медицинского страхования. Расширение перечня процедур, которые входили бы в ОМС, безусловно, существенно подтолкнуло бы развитие этой отрасли. Но за последние три-четыре года она достаточно динамично развивается и без этих дополнительных мер.

Отечественное и импортное

Сегодня область ядерной медицины базируется на зарубежном обо-

рудовании, как правило, на 95%. Госкорпорация «Росатом» ставит перед собой задачу по оказанию данных услуг населению преимущественно на основе российского оборудования. В рамках этой стратегии мы и движемся в своем развитии. Параллельно с нами движутся и еще ряд институтов госкорпорации, в частности НИИЭФА им. Д.В. Ефремова. Циклотрон их производства, оснащенный мишенным комплексом для наработки изотопов фтора-18 и углерода-11, расположен как раз в нашем комплексе по производству радиофармпрепаратов.

Что касается импортозамещения, то зарубежное оборудование, которое уже установлено и законтрактовано, будет работать и срок своего использования отрабатывает, качество продукции конкурентов не подлежит сомнению. Мы понимаем, что находимся в достаточно жестких условиях рынка. Но мы уже готовы предлагать заказчикам оборудование собственного производства. Дальше — вопрос маркетинговый и, возможно, немного политический: насколько будет это соотношение увеличиваться в пользу отечественных производителей. В любом случае, медицинские центры должны получать именно то, что они хотят. И наши предложения отечественному рынку ядерной медицины не хуже, чем у западных коллег. Насколько наша продукция конкурентоспособна? Мы работаем в рамках конкурсных процедур. Если мы выигрываем конкурсы, значит можем конкурировать. Например, комплектование Дальневосточного федерального университета будет проводиться на конкурсной основе, т.е. никто не будет делать поблажек. Точно так же будем конкурировать со всеми поставщиками.

Если сравнивать нашу продукцию с западной, то можно сделать следующие выводы. У иностранных компаний очень хорошо поставлена самопрезентация. Ведь

для кого-то хорошее оборудование начинается с внешнего вида техники. Преимуществом же российского оборудования сейчас уже стала и будет оставаться доступность сервиса. В этом плане мы более мобильны. У иностранцев инсталляционная база шире по всему миру, и на данный момент, если, условно, в Оренбурге необходима сервисная бригада, которая сейчас находится в Индонезии, то сотрудникам компании-производителя нужно вернуться в Германию, получить визу в Россию, потом приехать в Россию. Соответственно, это означает сроки простоя, пациентов, не получивших необходимого лечения, и упущенную выгоду медицинского центра. Наше преимущество — в доступности и оперативности сервисного обслуживания.

По техническим характеристикам — возможно, на каком-то этапе западные компании предлагают на рынке то, чего еще нет в России. Но если мы хотим, чтобы российское население получало качественные услуги на основе отечественного оборудования, мы не должны отставать от западных конкурентов.

Михаил Владимирович Хетеев, начальник научно-исследовательской лаборатории аппаратуры для лучевой терапии

Драгоценный «Агат»

Лучевая терапия, как самостоятельно, так и в комбинации с другими методами, — одно из основных средств борьбы с онкологическими заболеваниями. Во всем мире используется специализированная аппаратура для лучевой терапии. Это аппараты для дистанционной лучевой терапии, для внутриполостной и интритканевой лучевой терапии.

Наш институт занимается разработкой этой аппаратуры более 40 лет. За это время создано несколько поколений медицинской техники, которая до нынешнего дня эксплуатируется практически во всех онкоучреждениях СНГ. Первый аппарат был создан в 1970 г., далее — его усовершенствованные варианты, а последний аппарат датируется 2013 г.: это гамма-терапевтический комплекс «Агат Smart». В настоящее время мы ведем подготовку к серийному производству этого комплекса.

Вся аппаратура, начиная с 1970-х гг., разрабатывалась в тесном сотрудничестве с лучшими специалистами ведущих научно-исследовательских и практических онкоучреждений Советского Союза и потом России. За все время работы в клиническую практику учреждений здравоохранения введено более 1,4 тыс. аппаратов для лучевой терапии.

Если говорить о мировых аналогах, то на сегодня на мировом рынке присутствуют пять изделий для внутриполостной и интритканевой лучевой терапии. Созданный в 2013 г. гамма-терапевтический комплекс по своим техническим характеристикам соответствует требованиям международных и национальных

стандартов. По некоторым эксплуатационным параметрам он превосходит даже лучшие зарубежные образцы. Это связано с применением оригинальных, даже уникальных, специализированных источников излучения, созданных в Российской Федерации.

Уникальность разработанного источника обеспечена благодаря работе атомного комплекса Советского Союза — мощных атомных реакторов, с помощью которых можно создать малогабаритный источник излучения. Он сверхминиатюрный: диаметр — 1 мм, длина активной части — 3,5 мм. Это возможно только при наличии мощнейших атомных реакторов с высоким радиационным выходом нейтронов.

Создание гамма-терапевтического комплекса «Агат Smart» обеспечивает импортозамещение, что даст существенную экономию средств медицинских учреждений на приобретение самой аппаратуры, а также на техническое обслуживание и приобретение комплектующих изделий для ремонта и поддержания работоспособности этого комплекса.

Одна из особенностей конструкции гамма-терапевтического комплекса «Агат Smart» — оригинальные аппликаторы, с помощью которых излучение подается в облучаемые ткани. Комплекс в основном используется для внутриполостной и интритканевой лучевой терапии при онкогинекологических заболеваниях, заболеваниях полости рта, щек, языка, трахеи и бронхов, прямой кишки, мочевого пузыря. Именно эти локализации преобладают при лечении больных онкологическими заболеваниями.

Другое преимущество данного терапевтического комплекса — наличие специализированного лечебного многофункционального стола для укладки больного. Этот стол обеспечивает проведение сеансов облучения на одном месте — в месте установки комплекса «Агат-ВТ». Использование других средств, таких как компьютерный томограф, магнитно-резонансный томограф, дает хороший эффект, но есть существенный недостаток при их использовании: это необходимость перевозки и перекладывания больного с каталки на лечебный стол компьютерного томографа и обратно, что может привести к изменениям положения аппликатора и соответствующим нарушениям предписанного врачом плана облучения.

Алена Александровна Некрасова, ведущий инженер проектного офиса № 6

Филигранная дозировка

В настоящее время при лечении онкологических заболеваний используются в основном два метода — внутриполостная терапия и дистанционная лучевая терапия. Основной принцип дистанционной лучевой терапии — применение высокоэнергетического излучения линейных ускорителей. Внутриполостная терапия подразумевает введение источника внутрь полости органа



Циклотронный комплекс СС-18/9 М

человека. При этом существуют так называемые органы риска, которые наиболее чувствительны к радиоактивному облучению, например роговица, органы мочеполовой системы. Для контроля дозы в этих органах необходим клинический дозиметр.

НИИТФА разрабатывает дозиметр с малогабаритными детекторами ионизирующего излучения. Габариты детекторов дозиметра: диаметр — 3–4 мм, длина — 10 мм; это позволяет использовать его при измерении в различных полостях органов пациента.

Многоканальный дозиметр в отличие от одноканального может обеспечить измерение всем множеством своих детекторов в соответствующем множестве точек за один сеанс лучевой терапии.

У одноканального дозиметра один канал измерения; как правило, измерения проводят с помощью одного детектора. У многоканального дозиметра несколько детекторов (каналов), которые работают вместе одновременно. Например, в критический орган помещаются четыре детектора одновременно и контролируется величина дозы в четырех точках также одновременно, интерес будет представлять точка, которая получит максимальную дозу (как только допустимый максимум получен, процедура моментально прекращается).

В России нет многоканальных дозиметров, их необходимо создавать. Сейчас в нашем институте ведутся перспективные разработки, мы на пути изготовления экспериментальных образцов нового поколения. Уже создан многоканальный клинический дозиметр для госкорпорации «Росатом», сейчас изготавливаем экспериментальные образцы малогабаритных детекторов нового поколения для многоканального дозиметра. Имеются зарубежные аналоги такого прибора, например в Германии, США, Швеции. Они пользуются очень большим спросом.

В России аналогов многоканального клинического дозиметра пока нет. Но можно с уверенностью говорить о дате создания опытных образцов — к 2016 г. Нами получено решение о выдаче патента на полезную модель механизма трехмерного позиционирования каретки в водном фантоме (модели человека при его облучении), в котором работают наши детекторы. Направлены заявки на изобретение на многоканальные дозиметры различной модификации.

Искусственное сердце

Совместно с ФНЦ трансплантологии и искусственных органов им. академика В.И. Шумакова наш институт изготовил экспериментальные образцы искусственных сердец с автономным

источником энергии, которые зарекомендовали себя с самой хорошей стороны. И сегодня наш институт не прерывает связей с ФНЦ. Проблема опять же заключается в финансировании проектов. Если оно будет, то будет создано автономное искусственное сердце нового поколения.

Фантом — что это?

Фантом похож на аквариум, заполненный водой. Вода заливается до заданного уровня по команде компьютера. В емкости находятся детекторы ионизирующего излучения многоканального дозиметра, которые с помощью специального механизма очень быстро перемещаются и производят измерения в тысячах точках. На основе этих измерений на компьютере с помощью специальной программы и формируется 3D-план проведения процедуры.

Почему вода?

В 3D-анализаторе используется вода, потому что человек в основном состоит из воды. Еще есть так называемая твердая вода — это специальный материал, который по плотности приближен к структуре человека: пластины с определенным составом элементов, похожие на пластмассовые. У нас все это имеется, мы работаем и с этими фантомами.

Сейчас во всем мире все больше и больше используются дозиметры с различными детекторами. Зарубежные комплекты внутриместной терапии (аналоги аппарата «Агат» нашего института) уже продают только вместе со встроенными дозиметрами. Дозиметрами, которые мы будем изготавливать, мы будем также комплектовать наши «Агаты». Не будем ждать милости из-за рубежа. ■

Подготовил Виктор Фридман

! СПРАВКА

Валентин Пантелеймонович Смирнов

Заместитель генерального директора — научный руководитель электрофизического блока ЗАО «Наука и инновации», доктор физико-математических наук, академик РАН

- ✓ Один из пионеров создания современной мощной импульсной техники.
- ✓ Идеолог и руководитель сооружения одного из крупнейших в мире генераторов наносекундных импульсов — генератора «Ангара-5».
- ✓ Осуществляет научное руководство работами по импульсному термоядерному синтезу на основе Z-пинчей.
- ✓ Автор и соавтор более 250 научных публикаций и обладатель ряда патентов.
- ✓ Лауреат государственных премий СССР и Российской Федерации, лауреат премии Ханнеса Альфвена Европейского физического общества.
- ✓ Сфера научных интересов: термоядерная энергетика, электрофизика, физика плазмы, плазменные технологии.

Алена Александровна Некрасова

Ведущий инженер проектного офиса № 6

- ✓ В 2011 г. окончила Московский государственный университет приборостроения и информатики по специальности «Биотехнические и медицинские аппараты и системы».
- ✓ В 2012–2013 гг. участвовала в разработке макета анализатора 3D-сканирования для метрологического обеспечения и дистанционной лучевой терапии и макета многоканального клинического дозиметра для лучевой терапии. В настоящее время участвует в разработке и создании опытных образцов многоканальных клинических дозиметров с малогабаритными детекторами ионизирующего излучения.
- ✓ Сфера научных интересов: медицинская физика, радиационные технологии.
- ✓ Хобби: путешествия, активный отдых, коллекционирование ложек из разных стран и городов.

Михаил Владимирович Хетеев

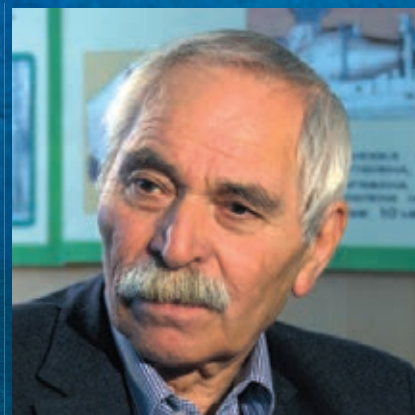
Начальник научно-исследовательской лаборатории аппаратуры для лучевой терапии

- ✓ В 1967 г. окончил Московский инженерно-физический институт.
- ✓ В 1968 г. начал работу в ОАО «НИИТФА» инженером; с 1985 г. — начальник лаборатории.
- ✓ В 1983 г. защитил кандидатскую диссертацию.
- ✓ Лауреат Государственной премии СМ СССР.
- ✓ Сфера научных интересов: инновации, исследования и создание оригинальной аппаратуры для лучевой терапии.
- ✓ Хобби: горный туризм по неизведанным местам.

Алексей Андреевич Ядыкин

Руководитель проектного офиса № 2

- ✓ В 2002 г. окончил Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана.
- ✓ Сфера научных интересов: радиационные технологии, ядерная медицина.
- ✓ Хобби: футбол, горные лыжи.





Радиационные технологии как универсальное решение

Радиационные технологии снова набирают популярность именно в силу своей универсальности — они могут использоваться практически во всех отраслях промышленности. Область применения радиационных технологий практически неограниченна: это и модификация свойств веществ, и стерилизация медицинских изделий, и обработка пищевых продуктов, и решение экологических проблем, и многое другое. О наиболее значимых направлениях нам рассказал директор НПО радиационных технологий и оборудования НИИТФА Александр Вячеславович Егоркин

РИзначально наш институт назывался Институтом радиационных технологий. Мы занимаемся радиационными технологиями уже 54 года, в следующем году будет юбилей — 55 лет. Название было изменено из-за Чернобыля. Эта тема затормозила развитие радиационных технологий, а радиофобию мы наблюдаем до сих пор. Но еще в 1960-х гг., радиационные технологии очень бурно развивались. Сейчас они снова набирают обороты, и это будет революционная технология решения многих проблем: медицина, строительство, культура — столько всевозможных тем, направлений, все отрасли народного хозяйства. Кроме того, наше предприятие относится к ЗАО «Наука и инновации», в которое входят 15 предприятий, ими руководит Вячеслав Александрович Першуков. Так что мы занимаемся и инновационными проектами.

Для промышленности

Отделение радиационных технологий было создано 50 лет назад. В нем работают люди, которые не только занимаются наукой, но и производят оборудование для радиационных технологий. Они включают в себя радиационно-биологические, радиационно-физические и радиационно-химические процессы — все это входит в компетенцию нашего отделения.

В последнее время мы докладываем на научных форумах о новых разработках. Наш институт — институт физики, поэтому мы подключаем к себе и институты академии наук. В основном с нами хорошо и плодотворно работает Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина, в котором есть радиационные технологии. Их сейчас в России довольно мало, потому что последний выпуск радиационных технологов, радиационных химиков был в 1990-х гг. в Российском государственном университете нефти и газа им. И.М. Губкина.

Сейчас такое направление есть в Менделеевском институте и в МГУ, но их немного. «Остатки» радиационных химиков работают с нами по очень интересным направлениям, например по переработке твердых, жидких и газообразных органических веществ. Под действием гамма-излучения, ускоряющих электронов твердые, газообразные и жидкие органические вещества переходят в совсем другую систему. Например, можно из битумов, гудронов, мазутов получать красивые продукты синтеза, которые стоят в десятки раз больше, чем бензин. Это называется крекинг нефти.

Скажу два слова о радиационной переработке углеводородного газа в жидкость. Под действием электронного излучения на природный газ и на попутный нефтяной газ происходит безотходная конверсия исходного газа в жидкие углеводороды C_6-C_{12} . Технология представляет собой радиационный метод получения жидкого синтетического топлива с высоким октановым числом.



Гамма-установка ГУ-200

В текущем году мы должны провести интересную научную работу по сжижению попутного нефтяного газа. Ее делали в начале этого века, но она не нашла подтверждения. Мы должны определить энергоэффективность: сколько мы можем затратить киловатт на один килограмм жидкости. Эти исследования осуществляются под руководством нашего куратора, академика Валентина Пантелеймоновича Смирнова, который работает в ГНЦ РФ ТРИНИТИ, а ранее был сотрудником Курчатовского института. Наш директор Сергей Алексеевич Колосков поддерживает этот проект, иногда дает свое финансирование. В этом году мы можем определить, стоит ли этим заниматься или нет. Это работа интересная, потому что создаются заводы сжижения по методу Фишера — Тропша, при котором процесс происходит при огромных давлениях и высоких температурах. Эта радиационная технология достаточно перспективна.

Или есть у нас цемент: после облучения из трехсотого можно сделать пятисотый-семисотый. Это проект, который может быть использован в строительстве мостов, атомных станций.

Для экологии

Про твердые бытовые отходы все время говорят, что надо их сжигать, хотя можно получать из них востребованные продукты. У нас были проведены опыты: из опилок

и разных органических материалов получали красивые продукты. ИФХЭ РАН запатентовал эти работы. Под их руководством мы тоже проводим аналогичные опыты. Можно получать востребованные продукты наподобие фурфурола, фурановые производные.

У нас в институте находятся экспериментальные базы, на которых мы это все отрабатываем. В прошлом году мы построили современную гамма-установку на 300 кКи. Это мини-установка на новом уровне. Мы ее показываем всем зарубежным гостям, которые в этом заинтересованы. К нам приезжали из Индонезии и Турции — они тоже хотели бы иметь такие установки. Почему? В этих странах, особенно в Индонезии, нет электроэнергии, поэтому они стремятся работать не на электронных ускорителях, а на гамма-установках. Они хотели бы внедрить их на каждом острове, а островов там очень много — более 2 тыс.

На этих установках мы тоже в последнее время проводили опыты. Особенно интересные результаты получились для «Росрезерва». Промышленные товары, которые закладываются в «Росрезерв» нашей страной, находятся под землей и через десять лет меняются. После облучения кожи, хлопка, резины мы пробовали заражать, искусственно старить их — и у нас получился очень хороший результат: почти стопроцентно убивали все эти организмы. Сами свойства таких промышленных товаров

не изменялись: коэффициент сжатия, разрыва — все сохранялось. Мы этим занимались два года, и если бы внедрились, было бы прекрасно. Нам известно, что эти промышленные товары хранятся во многих районах России, поэтому создать там гамма-установки, чтобы увеличить сроки хранения хотя бы на 10%, — это был бы огромный шаг.

Мы достаточно много занимались также очисткой водных стоков. В Воронеже 13 лет проработала наша установка. Там стоял завод синтетического каучука, и разлилась вредная жидкость некаль, которая заразила все левобережье озера в городе. Мы полностью решили эту проблему благодаря двум ускорителям, которые поставил Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера.

В последнее время множество проблем по водоочистке мы решаем именно на нашем ускорителе. Мы встречались с Мосводоканалом, сказали, что есть проблема с гормональными стоками. Совместно с Институтом водных проблем РАН мы ее быстро решили.

Радиационные технологии очищают воду от органических веществ, которые другим способом вывести нельзя: здесь не помогут ни ультрафиолет, ни использование разных фильтров. Это фенолы, гормональные стоки, гептил. В прошлом году мы провели большую работу вместе с 25-м НИИ химмотологии — обеззараживали грунт от гептила. Гептил — это ракетное топливо, и если оно осаждается, то вся земля становится мертвой. Мы можем обезвреживать грунты от токсичных компонентов ракетного топлива (КРТ), когда происходит разложение КРТ до нетоксичных веществ (азот, вода) в результате совместного действия на них ионизирующего излучения и продуктов радиолитиза грунтовых вод. В районах запуска ракет количество несимметричного диметилгидразина (НДМГ), попадающего в окружающую среду за счет случайных проливов, оценивается величиной 300 т/г., а общая загрязненная им территория достигает 1 млн га. Когда мы проделали эту работу, были очень хорошие отзывы, потому что мы избавили почву и от побочных продуктов. Кроме того, обычно возникает другой продукт, газообразный, в просторечии именуемый трупным ядом. Но в процессе облучения мы избежали его образования.

Еще одно направление — радиационная очистка дымовых газов. Посредством электронного облучения из дымовых газов выводятся оксиды серы (SO_2) и азота (NO_x), тяжелые металлы, летучие органические соединения, диоксины.

Для истории

Мы часто общаемся с МАГАТЭ, которое каждый год проводит заседания, стремясь сохранить памятники культуры. Я выступал в Историческом музее два года назад. Собирались директора ГМИИ им. А.С. Пушкина и Российской государственной библиотеки, ВХНРЦ им. И.Э. Грабаря. Все они знают, что радиационные технологии могут сохранить памятники. В РГБ около 60 млн книг находятся в очень плохом состоянии. Это реальные вещи, которыми можно заниматься, и наша установка могла бы помочь.

Это нелегкая задача. Но есть примеры картин, которые сохраняются. Меня все время спрашивали про Кижи — можно ли их тоже сохранить. Однозначно можно, потому что мы облучали древесину. При облучении не остается жуков-короедов. В прошлом году мы ими занимались. Их половые железы сильно уязвимы при гамма-облучении. Мы фактически делаем половую стерилизацию самцам, и через два-три поколения жуки вымирают. Таким образом, были выведены и муха цеце, и средиземноморская плодовая мушка.

В филиале НИФХИ им. Л.Я. Карпова в Обнинске мы сделали гамма-установку под названием «Паркет», благодаря которой паркет не изнашивается.

Для сельского хозяйства

У нас в подразделении была лаборатория, которая находилась в совхозе «Московский», в Подмоскovie. В этой лаборатории мы определили дозы для всхожести семян и маленькими дозами облучали пшеницу. Получался урожай на 10–15% больше. Это сильно зависит и от климатических условий. «Изотоп» пробовали в Татарстане два года назад, когда было сухое лето, — у них тоже получилось увеличить урожай. Никто не говорит, что это очень много, потому что при благоприятных климатических условиях сбор зерна лучший.

Наши технологии можно использовать и в виноделии. В элитных шампанских винах, коньяках облучают пробки. Коньяк после облучения может быстрее набрать выдержку — трехгодичный превращается в пятигодичный

Хранение зерна с использованием радиационных технологий хорошо защищает от жуков-долгоносиков, и после облучения это свойство сохраняется, особенно когда зерно перевозится в трюмах. В порту в Одессе была создана установка на электронах, которая облучала зерно, уходящее в трюмах на экспорт. Для этого нужно было трюмы сделать стерильными. Тоже хорошая идея.

В совхозе «Московский» мы определили дозы и для картофеля и других овощей, чтобы увеличить их срок хранения. Все эти дозы мы выдавали МАГАТЭ, у нас есть полная таблица — какими дозами какие продукты надо облучать. Ведь каждый продукт обрабатывается разными дозами. Насколько это безопасно? О какой-то остаточной радиации и говорить не стоит, но может происходить нарушение биологических свойств. Однако продукты облучали с 1960-х гг., все знают, какие дозы приемлемы. Я считаю, что надо возвращаться к этому. Приходят сухие пряности, сухофрукты — там все может быть, но после облучения они становятся чистыми.

В этом году в Ялте пройдет вторая конференция по радиационным технологиям. Лейтмотивом будет ядерная медицина. С докладом о потребностях в высокотехнологичных проектах выступят представители правительства Республики Крым. В конференции примут участие гости из Казахстана, Сербии, Белоруссии

Наши технологии можно использовать и в виноделии. В элитных шампанских винах, коньяках облучают пробки. Коньяк после облучения может быстрее набрать выдержку — трехгодичный превращается в пятигодичный. Такие опыты тоже были.

К сожалению, у нас нет нормативной базы для облучения продуктов. Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера в начале августа выступил за то, что мы тоже можем облучать пищевую продукцию. Сроки хранения увеличиваются, с зарубежными продуктами иногда так делает. Однако наша нормативная база пока стоит на месте.

Для медицины

В последнее время мы разрабатываем центры облучения. За последние три года у нас были созданы центры в Казахстане — Парк ядерных технологий; в этом году, надеемся, мы введем в действие центр в ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. Сейчас работаем над двумя центрами для наших росатомовских структур: это НИИП в Лыткарине, поставили центр облучения для стерилизации медицинских изделий и в филиале НИФХИ им. Л.Я. Карпова в Обнинске. В следующем году эти два завода будут выведены на режим.

Ускорители электронов, под действием которых происходит стерилизация медизделий, предоставляет нам НИИЭФА им. Д.В. Ефремова, который тоже находится в структуре «Росатома». Мы сотрудничаем с Институтом ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН. Он предоставляет нам современные ускорители электронов ИЛУ-10, ИЛУ-14. ИЛУ-10 была внедрена в Парке ядерных технологий в Курчатове, Казахстан, а ИЛУ-14 будет внедрена в ФМБЦ им. А.И. Бурназяна.

В этом году у нас как никогда много заказов на стерилизационные центры. Сейчас медизделия стерилизуются и у нас в институте, на маленьких установках. Дело в том, что химическая стерилизация очень вредна, ее продукцию надо распаковывать и т.д. При лучевой стерилизации она не распаковывается, а значит, стопроцентная стерильность обеспечена, поэтому и такой наплыв заказов.



Установка с ускорителем электронов У-003 «Электроника»

В этом году пройдет уже вторая конференция по радиационным технологиям. Сегодня лейтмотивом будет ядерная медицина. Первая конференция успешно прошла в нашем институте. Вторая конференция состоится в Ялте. Надеюсь, будут участвовать и органы власти, мы пригласили правительство Республики Крым выступить с докладом о потребностях в высокотехнологичных проектах. В конференции примут участие представители Казахстана, Сербии, Белоруссии. Пройдет она 21–23 октября текущего года.

Есть у нас гамма-установки по стерилизации крови. Предлагаемая технология предполагает обработку ионизирующим излучением крови и ее компонентов с целью подавления опасных для жизни иммунологических осложнений (таких, например, как «трансплантат против хозяина»). Облучение необходимо при операциях по излечению различных патологий крови. Сейчас появились установки с рентгеновской трубкой, они более компактны.

Конкуренция, конечно, тоже есть. Не надо говорить, что радиационные технологии — единственный путь развития. Но это один из способов решения вопросов и проблем, и во многих случаях — лучший.

У нас на стенах висят еще старые советские плакаты, они не сменяются. Это в том числе и история, но и не только. Были реализованные проекты: самозащищенные гамма-установки, гамма-облучатели для предпосевного облучения семян, стерилизации акушерских комплектов. Это кладезы! Не знаю, выступаем ли мы монополистами в России, но здесь наука будет развиваться и научно-исследовательские институты будут расти — хватит на всех.

Он разработки до внедрения — пропасть

К сожалению, с внедрением наших технологий не все так радужно. Например, у «Росрезерва» нет потребности, чтобы продукты хранились дольше. Примерно та же ситуация, как и с дорожным покрытием, — его выгоднее менять почаще. По культуре — все готовы, но нет толчка. Трудно добиться финансирования.

Мы рассказали про крекинг «Газпрому» и нефтяным компаниям. Они нам заявляют: «Покажите результаты, установку, и тогда мы будем сотрудничать». Один договор у нас был с «Салаватнефтеоргсинтезом» по вопросам гептила. При получении гептила используется катализатор на основе палладия. Отработанный катализатор восстанавливается огневой обработкой, но при этом теряются 20%. После радиационной обработки ничего не теряется. Мы начали работать, но немного потелись.

Это общая проблема: коммерсанту нужен готовый продукт. Для его получения надо провести научно-исследовательские работы, а они стоят не пять копеек. Сейчас у нас появилась модернизированная гамма-установка — в «Росатоме» была программа по модернизации экспериментальной базы. Мы подали заявку, она была удовлетворена, и мы можем проводить на ней научные эксперименты.



! СПРАВКА

Александр Вячеславович Егоркин

Директор НПО радиационных технологий и оборудования ОАО «НИИТФА», эксперт ИЦ «Сколково».

- ✓ В 1974 г. окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана.
- ✓ Сфера научных интересов: радиационные, лазерные и плазменные технологии.
- ✓ Хобби: активный отдых на природе, футбол, волейбол.

Но опять же нужны вливания в НИОКР. Здесь без участия государства не обойтись, но это все воздастся: государство вкладывает в НИОКР, НИОКР — в прикладные работы, прикладные — в бизнес, бизнес возвращает в виде налога. Здесь изобретать велосипед не стоит, тема известная, но хотелось бы ее еще раз озвучить: надо вкладываться в научные организации, в науку, проекты, гранты.

У нас также серьезная кооперация с научными организациями нашего Блока по управлению инновациями ГК «Росатом», с Российской академией наук. Мы тесно общаемся, сотрудничаем, есть и заказы. Мы им поручаем какие-то работы, они нам. Наш институт полностью самокупаемый, на хозрасчете, но от помощи не откажемся.

Подготовил Виктор Фридман

Феррис Джабр

СОЗДА ЕМ ВКУСНЫЕ ФРУКТЫ И ОВОЩИ*

Современные супермаркеты настолько заинтересованы в продуктах с увеличенным сроком годности, что забыли об их вкусовых качествах. Но теперь ученые получили технологию, позволяющую вернуть фруктам и овощам их природные вкус и аромат, — и все это без использования ГМО

*** без ГМО**



ОБ АВТОРЕ

Феррис Джабр (Ferris Jabr) — внештатный автор *Scientific American* и независимый журналист, публиковался в *New York Times*, *Wired*, *Popular Mechanics*, *New Scientist*, *NOVA Next* и *The Awl*.



Фруктовые и овощные отделы современных супермаркетов заполнены радующими взор покупателей миражами. Блестящие, сочные на вид ягоды клубники; гладкие, буквально сияющие помидоры; упругие, ярко окрашенные дыни — все это великолепие зачастую лишено своего природного аромата. И нам некого винить в обилии всех этих безвкусных красот, кроме самих себя. Сделав ставку в селекции сельскохозяйственных культур на сорта с самыми крупными плодами, способными к тому же сохранять товарный вид в процессе многодневной транспортировки и хранения в условиях холода и темноты, мы пожертвовали вкусом, ароматом и даже содержащимися в них питательными веществами.

Возьмем, например, дилемму, встающую перед селекционерами, которые занимаются мускусной дыней (канталупой). Чтобы в полной мере насладиться вкусом ее плодов, необходимо собрать и съесть их в пик зрелости, до того как они станут слишком мягким. Дело в том, что на поздних стадиях жизни в плодах дыни (даже когда они уже собраны) резко повышается уровень этилена, который стимулирует очень быстрое дозревание плода и, соответственно, его сильное размягчение. (Этилен — C_2H_4 — один из простейших по строению углеводородов, содержащийся в природном газе, однако в растениях он играет роль гормона, ускоряющего созревание плодов.) Эти стремительные изменения, естественно, затрудняют транспортировку канталупы даже на небольшие расстояния, а уж тем более — в другие государства, ведь даже в холодильнике к концу путешествия дыни превратятся в неаппетитное месиво. Вот почему селекционерам пришлось снизить уровень этилена в мускусных дынях, предназначенных для перевозки на дальние расстояния; делалось это путем перекрестного опыления исключительно тех разновидностей плодов, которые в природе вырабатывают наименьшее количество

этилена. Без бурного выброса этилена дыни, разумеется, сохраняют товарный вид на протяжении всего путешествия с полей на полки супермаркетов, но беда в том, что химические реакции, наполняющие спелый плод ни с чем не сравнимыми ароматом и вкусом, никогда не произойдут в ней без значительных количеств этого гормона.

В какой-то мере селекционерам удалось преодолеть проблемы, поставленные перед ними мускусной дыней. В 90-х гг. прошлого века Доминик Чамбейрон (Dominique Chambeiron), ученый-селекционер, работавший на голландскую компанию *De Ruiter Seeds Group*, сумел вывести сорт дыни с мелкими полосатыми плодами, которые оставались и упругими, и ароматными даже через несколько недель после сбора урожая. Этот сорт, известный под названием «мелоранж», выращивается в Центральной Америке и поставляется, в частности, в сетевые супермаркеты *Sam's Club* — как раз с декабря по апрель, когда в других районах США слишком холодно, чтобы выращивать эту культуру. В марте прошлого года я попробовал кусочек дыни этого сорта: ее мякоть оказалась упругой, сочной и имела настолько сильные запах и вкус, что показалась мне почти пряной.

Успех мелоранжа несомненен, но, к сожалению, метод традиционной селекции, на основе которого был выведен этот сорт, во многом зависит от научной интуиции и просто прихотей фортуны. Формирование и совершенствование устойчивых признаков каждого нового сорта могут продолжаться десятилетиями. Селекционеры вынуждены раз за разом прибегать к перекрестному опылению в надежде, что некоторые потомки все-таки унаследуют требуемые качества. Естественно, чтобы в этом убедиться, ученые вынуждены ждать, пока растение вырастет и даст урожай, причем подавляющее большинство выращенного потомства вообще непригодно к дальнейшему использованию и выбраковывается.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Индустриализованное сельское хозяйство способствовало созданию культур, отличительными характеристиками которых стали высокая урожайность и крупные размеры плодов в ущерб их вкусу и питательной ценности.
- Вместо использования ГМО, споры о безвредности которых не утихают до сих пор, ученые, стремящиеся вернуть фруктам и овощам их былой вкус, все чаще обращаются к так называемой маркерной селекции, которая сочетает в себе метод традиционной селекции с экспресс-анализом ДНК.
- В прошлом ученые-селекционеры из государственных университетов могли безвозмездно передавать выведенные ими сорта непосредственно производителям — фермерам и садоводам. Сегодня лицензирование новых сортов доступно лишь горстке крупных частных корпораций, которые, по мнению многих людей, получили в свои руки слишком много власти.

И вот недавно генетики предложили альтернативное решение проблемы. Джефф Миллс (Jeff Mills) и его коллеги из компании *Monsanto*, которая в 2008 г. перекупила фирму *De Ruiter*, нашли способ предсказать, какими качествами будут обладать плоды мускусной дыни из любой селекционной линии еще до того, как ее первое семечко будет посажено в почву. Поначалу Миллс и его группа выявили гены, отвечающие за уникальное сочетание вкуса и стойкости дыни сорта мелоранж, а потом они научились отслеживать эти генетических маркеры непосредственно в семенах растения. В этом им помогают роботизированные устройства, обладающие значительной автономностью и согласованностью в работе.

В ноябре прошлого года я посетил лабораторию молекулярной селекции *Monsanto* в головном офисе ее отдела по изучению овощных культур, находящемся в городе Вудленд, штат Калифорния. Там я получил возможность наблюдать в действии многие из подобных машин. Аппарат для нарезки семян аккуратно отщипывает кусочки семечка для анализа ДНК, оставляя невредимым зародыш, в результате чего семя остается пригодным к посеву в теплице или на поле. Еще один робот извлекает ДНК из крошечной частички семени и добавляет в препарат необходимые для анализа реагенты и катализаторы, чтобы химически присоединить флуоресцентные метки к соответствующим генам, если они имеются в образце. Другая машина увеличивает число этих флуоресцирующих маркеров, чтобы можно было измерить их световое излучение и достоверно определить наличие нужного гена в образце.

Подобные технологии, известные как маркерная селекция, в целом не столь уж новы, однако за последние десять лет благодаря увеличению скорости и снижению стоимости секвенирования ДНК (т.е. определения первичной структуры макромолекул) они привели к беспрецедентным успехам в области улучшения сельскохозяйственной продукции. Машины по обработке семян фирмы *Monsanto* способны функционировать 24 часа в сутки, а система в целом может предоставить селекционерам результаты исследования любой партии

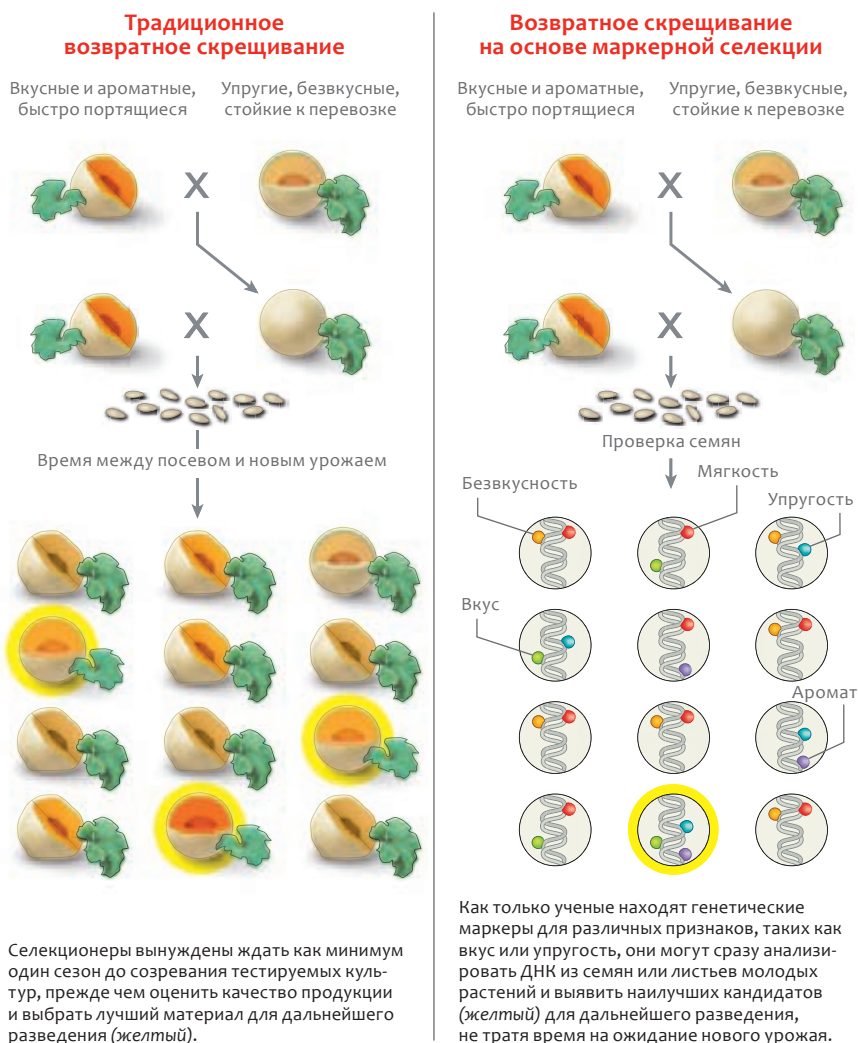
семян в течение каких-нибудь двух недель. За последнее десятилетие благодаря работе специалистов из университетов и частных компаний столь же красивые, как и раньше, но вместе с тем куда более вкусные, ароматные и питательные овощи и фрукты посыпались как из рога изобилия. Некоторые из них уже вполне доступны в продуктовых магазинах и на фермерских рынках. Вслед за ароматными и вкусными дынями потребители получили капусту брокколи, в соцветиях которой даже больше питательных веществ, чем обычно, невероятно сочную клубнику и помидоры, которые не только радуют взор, но и хороши на вкус.

«Масштабы влияния геномики на селекцию растений поражают воображение, — говорит Шелли Янски (Shelley

Основы

МАРКЕРНАЯ СЕЛЕКЦИЯ

Даже для усовершенствования одной культуры классические селекционеры вынуждены заниматься гибридизацией сортов в течение многих лет, кропотливо удаляя нежелательные признаки и не теряя при этом требуемых свойств. Выявление генов, отвечающих за наличие нужных признаков, открывает возможность для гораздо более быстрого и точного подхода к искусственному отбору, известного как «маркерная селекция».



Jansky), занимающаяся проблемами разведения картофеля в Министерстве сельского хозяйства США и в Висконсинском университете в Мадисоне. — Пять лет назад мой аспирант работал на протяжении трех лет над определением последовательностей ДНК, отвечающих за устойчивость культур к болезням и, проведя сотни часов в лаборатории, выделил всего 18 генетических маркеров. Сегодня мои аспиранты за несколько недель способны выявить 8 тыс. маркеров для 200 различных образцов растений».

Несмотря на то что все эти разговоры про анализы ДНК вызывают подозрительные ассоциации с геной инженерией — техникой манипуляции генами, с помощью которой создаются генетически модифицированные организмы (ГМО), данная технология не имеет с ГМО совершенно ничего общего. По сути, именно этот факт и стал причиной столь высокой заинтересованности ученых и семеноводческих компаний, таких как *Monsanto*, в подобных исследованиях.

Посеешь шанс...

Уже не менее 9 тыс. лет люди изменяют растения, приспособлявая их под свои нужды. Практически все виды съедобных фруктов и овощей — это дикорастущие по происхождению виды, столетиями разводившиеся в культуре и подвергавшиеся искусственному отбору, в ходе которого люди сохраняли семена только тех особей, что обладали требуемыми свойствами, и намеренно скрещивали их между собой для получения новых комбинаций благоприятных признаков. Таким образом наши предки превратили худосочную на вид траву, известную у индейцев под названием «теосинте», в кукурузу — высоченный злак с початками, полными питательных зерен, а из единственного вида дикой капусты вывели такие столь непохожие друг на друга сорта, как брокколи, брюссельская, цветная и кочанная.

В 1980-х гг. ученые изобрели новый, весьма многообещающий способ изменения признаков растений — генную инженерию, которая позволяет непосредственное добавление, удаление или изменение ДНК (а значит, и генотипа) лабораторными методами. Продукты этой технологии, называемые генетически модифицированными организмами (ГМО), впервые появились на рынке США в 1990-х гг. Но несмотря на то что более 70% изготавливаемых в США продуктов питания содержат ингредиенты, получаемые из кукурузы, сои и рапса, подвергнутых генной модификации, лишь очень малая часть из числа самих овощей и фруктов, лежащих на прилавках в супермаркетах, — генетически модифицированные. Сюда относятся, например, невосприимчивые к вирусам сорта папайи, слив и тыквы, а также устойчивая к вредителям столовая кукуруза.



Одна из причин этого в том, что разводить и продавать ГМО-фрукты и овощи невыгодно. Компании по производству семян обычно не желают связываться с обременительным и дорогостоящим тестированием ГМО-сортов на безопасность и выполнением всех сложных формальностей, необходимых для их введения в продажу в соответствии с федеральным законодательством США.

Другая серьезная проблема, стоящая перед генно-модифицированными сортами, — негативное общественное мнение. И исследовательские институты, и сельскохозяйственные компании прекрасно понимают, что внедрение новых ГМО-сортов в ассортимент продуктовых магазинов может вызвать настоящий взрыв протеста среди значительной части населения США, которая принципиально не желает иметь дело с тем, что они называют «генетическим отродьем» или «франкенфудом». Но, по иронии судьбы, подавляющее большинство покупателей совершенно не обращает внимания на те генно-модифицированные овощи и фрукты, которые уже продаются в магазинах, по той незамысловатой причине, что на них маркировка ГМО попросту отсутствует.

Между тем маркерная селекция становилась за последние десятилетия все более и более действенным способом повысить качество овощей и фруктов; в то же время она легко обходит стороной разногласия между генетиками и общественностью по поводу ГМО. Развитию этой технологии весьма способствовало улучшение методов «чтения» ДНК, а также расшифровка геномов все большего числа культурных растений. Главный же интерес заключается в том, что объединение традиционной селекции с анализом ДНК позволяет селекционерам сосредоточить внимание на тех качествах продукции, которые важны именно потребителю. «Ориентироваться на запросы потребителей кажется совершенно естественным делом в бизнесе, но в производстве овощей и фруктов, как ни удивительно, приоритеты совсем другие, — поясняет Гарри Кли (Harry Klee), занимающийся селекцией томатов в Университете штата Флорида. — Селекционеры почти всегда отдают предпочтение либо потребностям фермеров, либо интересам тех, кто их продукцию продает».

Эту тенденцию прекрасно иллюстрирует самый обычный помидор из супермаркета. Несколько десятилетий назад специалисты пришли к выводу, что хорошие вкусовые качества томатов обусловлены правильным балансом кислот и сахаров, причем большинство людей предпочитают более сладкие плоды. Селекционеров же вкус до последнего времени мало беспокоил. Заботясь в основном об интересах крупных коммерческих производителей, они предпочитали развивать те сорта, которые способны производить множество гладких, упругих плодов, остающихся «в форме» даже после длительных странствий на пути в продуктовый магазин. Однако чем больше помидоров вызревает на одном растении, тем меньше сахаров будет содержаться в каждом отдельном плоде. Традиционный помидор из супермаркета может выглядеть «на все сто», но из-за недостатка сахаров он совершенно не способен удовлетворить наш вкус.

Гарри Кли полон энтузиазма спасти вкусовые качества промышленных томатов от полной деградации. С помощью серии гастрономических тестов он исследовал около 200 старых сортов, которые передаются из поколения в поколение и разводятся в небольших фермерских хозяйствах и у частных садоводов, поставляющих свою продукцию в отдельные продуктовые магазины и на фермерские рынки. Эти сорта известны своими необычайно яркими плодами с фантастическим вкусом и ароматом, но, к сожалению, их кожица легко трескается, а мякоть портится, к тому же растения эти не столь обильно плодоносят, чтобы удовлетворить потребности крупных коммерческих хозяйств.

В ходе своих исследований, Кли выяснил, что многие старые сорта вкуснее промышленных не оттого, что они более сладкие, а потому, что они содержат массу более сложных вкусовых компонентов — летучих органических соединений с острым или пикантным запахом, благодаря которым мы и чувствуем различные природные ароматы — терпкий запах свежескошенной травы или бодрящий аромат цитрусовых плодов. В 2012 г. Кли

и его группа обнаружили, что потребителям вполне нравятся и умеренно сладкие помидоры, если они содержат достаточное количество ароматического соединения под названием гераниаль. Это открытие позволило ему выдвинуть гипотезу о том, что гераниаль и другие летучие вещества не только придают томату специфический запах, но и субъективно усиливают его естественную сладость. На следующем этапе исследований он вывел помидоры с пониженным содержанием гераниаля и других пахучих молекул — и дегустаторам они не понравились. Иначе говоря, когда помидор имел средний или высокий процент сахаров, но низкое содержание летучих веществ, люди не воспринимали такой плод как сладкий на вкус.

Теперь Кли занимается выведением гибридных томатов, которые сочетают в себе лучшие качества из старой и новой сортовых групп. Последние три года группа исследователей под его руководством скрещивала самые вкусные из найденных ими сортов с современными стандартными культиварами, создавая гибриды, обладающие хорошей урожайностью, прочной и гладкой кожицей и одновременно — превосходным вкусом. В этом деле важнейшим инструментом для Кли и его коллег стали электрические зубные щетки: исследователи массово закупают дешевые бренды и с помощью этого предмета личной гигиены аккуратно, но тщательно стряхивают пыльцу с цветков томатов в пробирки для использования в дальнейших скрещиваниях. Столь же регулярно ученые отщипывали специальным перфоратором кусочки листьев для анализа ДНК, выявляя генетические маркеры, указывающие, например, на высокое содержание летучих веществ или на устойчивость к дефектам кожицы. «Генетический анализ позволяет нам принимать необходимые решения при выборе растений для скрещивания, — утверждает Кли. — К тому же после расшифровки генома томата два года назад скорость нашей работы увеличилась в несколько раз».

Два наиболее успешных гибрида — «Жемчужина сада» (*Garden Gem*) и «Сокровище сада» (*Garden Treasure*) — Университет штата Флорида недавно выпустил в качестве коммерчески перспективных, чтобы лицензировать их для массового производства в одной из семеноводческих компаний. Хотя гибриды все еще несколько уступают коммерческим сортам в урожайности, они втрое превосходят по этому показателю старые сорта, но при этом обладают прекрасными вкусовыми качествами и в состоянии выдержать длительную транспортировку. Коллега Гарри Кли селекционер Вэнс Уитакер (Vance Whitaker) тоже добился значительных успехов в аналогичном проекте по усовершенствованию коммерческой клубники — еще одной культуры, вкусом которой в свое время пренебрегли ради размера и большей устойчивости.

Еще одна печально известная жертва коммерческой селекции наравне с дынями и томатами — капуста брокколи. Около 75% брокколи, производимой в США, выращивается в Калифорнии. Этот вид очень любит прохладную погоду и лучше всего чувствует себя

в речных долинах, подобных долине реки Салинас с ее периодическими наплывами туманов. Но если заставлять ее расти в условиях жаркого и влажного лета, типичного для северо-востока США, соцветия брокколи выпускают почки разного размера и становятся шишковатыми, теряя все свои товарные качества. Томас Бьоркман (Thomas Bjorkman) из Корнеллского университета объясняет это так: каждая из головок брокколи, образующих вместе ее характерный древовидный купол, — это нераспустившийся цветок. Бьоркман и его коллеги недавно обнаружили, что в критический период своего развития брокколи как бы подсчитывает, сколько часов она ощущает прохладу, и только если этого времени достаточно, образует характерную равномерно цветущую шапочку.

В 70-е гг. прошлого века множество небольших компаний занимались продажей разнообразных семян, но теперь большинство из них уже перекуплены или же вытеснены с рынка мегакорпорациями. Вместо того чтобы заниматься разработкой сортов от начала до конца в государственных учреждениях, большинство из них просто поставляют генетический материал для компаний-монополистов

Три с половиной года назад Томас Бьоркман вместе с Марком Фарнхэмом (Mark Farnham) из Министерства сельского хозяйства США и многочисленными сотрудниками, задействованными в этом проекте, решили вывести новый сорт брокколи, способный нормально вызревать в восточной части страны. В лабораторных теплицах Бьоркман и его группа выращивали брокколи, имитируя природные условия восточного побережья США и отбирая семена только тех растений, которые имели максимально товарный вид. И хотя работа еще далека от завершения, ученые уже вывели сорта, которые в состоянии выдержать на несколько недель больше летней жары, чем те, что в данный момент разводятся на востоке США. Одновременно группа Бьоркмана исследует геномы различных сортов, пытаясь выявить

гены, обуславливающие преимущество одних растений над другими в жарком климате. Найти их — значит сократить на многие годы время создания идеального коммерческого сорта.

Разведение брокколи, которая дает привлекательные соцветия даже в жару, — это не только вопрос удовлетворения эстетических запросов покупателей. Успешное решение этой проблемы позволит насытить рынок более вкусными и питательными сортами, чем нынешние. «Свежая брокколи, поданная на стол непосредственно с грядки, — утверждает Бьоркман, — намного лучше среднестатистического кочана из супермаркета. Она нежнее, с мягким приятным ароматом, в котором чувствуются нотки жимолости и нет резкого послевкусия». Транспортировка брокколи из Калифорнии в другие регионы страны требует заморозки и хранения овощей в темноте на протяжении нескольких дней. Нет света — соответственно, нет и фотосинтеза, что в свою очередь означает остановку механизма выработки сахара в клетках. Разрыв клеточных стенок при резком падении температуры приводит к безвозвратному разрушению внутренних структур и уменьшению упругости побегов. После размораживания ферменты и другие биологически активные молекулы, вышедшие из поврежденных клеток, сталкиваются друг с другом и запускают цепочки химических реакций, многие из которых разрушают питательные и ароматические вещества. Создание сортов, которые местные фермеры смогут выращивать и тут же продавать у себя в районе, способно решить все перечисленные выше проблемы.

В рамках отдельного проекта по повышению питательной ценности брокколи Ричард Мисен (Richard Mithen) и его коллеги из Института пищевых исследований в Англии использовали маркерную селекцию для повышения уровня особого вещества глюкорафанина, содержащегося в этом овоще и способного, по некоторым данным, помочь в борьбе с болезнетворными бактериями и даже раком. Авторы назвали выведенный ими сорт «Бенефорти» (*Beneforti*) и лицензировали его в компании *Monsanto*, так что теперь вы можете найти эту разновидность капусты в магазинах сетей *Whole Foods Market* и *Stater Bros*.

...пожнешь инновацию

Чтобы получить государственный грант, который позволил Бьоркману и Фарнхэму запустить свой проект, им пришлось убедить Министерство сельского хозяйства США, что компании по производству семян очень заинтересованы в получении сортов брокколи, продаваемых на региональных рынках, и что эти компании готовы финансово поддерживать проект со своей стороны. Компании *Monsanto*, *Syngenta*, *Bejo Seeds* действительно всячески содействуют этому проекту, несмотря на то что это конкурирующие фирмы. Теоретически такого рода сотрудничество выгодно как самим компаниям, так и академическим селекционерам-исследователям. Действительно, на этапе собственно научных исследований и разработок все они даже обмениваются информацией, и семенным материалом. Но вот,

наконец, наступает время переговоров. Бьоркман надеется, что ситуация будет развиваться так же, как в случае с Кли и его вкусными помидорами: что как только он и его коллеги вплотную приблизятся к «идеальной» брокколи, одна из частных компаний возьмет на себя затраты по лицензированию нового сорта и станет производить его семена в массовом порядке для коммерческого выращивания. Сам Бьоркман и его группа не в состоянии осуществить этот последний этап из-за нехватки средств. Несмотря на то что поиск генетических маркеров у растений постоянно дешевеет, массовое производство семян и внедрение сортов на рынок по-прежнему требуют колоссальных затрат. Некоторые селекционеры боятся, что, поскольку у крупных семеноводческих компаний имеется гораздо больше финансовых и технологических ресурсов, чем у мелких фирм и университетов, возможности для настоящих инноваций постепенно иссякнут. «С тех пор как частный сектор приобрел доминирующее влияние в данной отрасли, произошло заметное сокращение государственного финансирования селекционных программ, — отмечает Ирвин Голдман (Irwin Goldman) из Висконсинского университета в Мадисоне, который недавно вывел новый сорт столовой свеклы — пламенно-оранжевый с концентрическими золотыми полосками. — Некоторые люди утверждают, что такое положение вещей — благо для нашей страны, но ученые обеспокоены тем, что частный сектор не станет тратить на интересные, однако рискованные или длительные проекты, которые раньше успешно выполнялись при государственной поддержке».

Джек Джувик (Jack Juvik), глава центра селекции Иллинойского университета в Эрбана и Шампейне, начал заниматься практической селекцией еще в 70-е гг. прошлого века, и он хорошо помнит те времена, когда крупные компании имели гораздо меньше власти, чем сегодня. «В самом начале моей карьеры множество небольших компаний занимались продажей разнообразных семян, но теперь большинство из них уже перекуплены или же вытеснены с рынка мегакорпорациями; это изменило структуру всей индустрии по производству семян, — рассказывает Джувик. — Вместо того чтобы заниматься разработкой сортов от начала до конца в государственных учреждениях, большинство из нас просто поставляют генетический материал для компаний-монополистов. Имея любые ресурсы для дорогостоящих исследований и все возможности получать действительно качественные сорта, они предпочитают просто держать под своим контролем созданный другими генетический материал и технологию его производства».

Ирвин Голдман и его коллега по университету Джек Клоппенбург (Jack Kloppenburg) входят в группу, объединившую 20 селекционеров и фермеров со всей страны, которая всячески способствует созданию бесплатного банка семян незапатентованных культиваров, которые может использовать любой желающий, — беспрецедентная инициатива в истории коммерческой селекции XXI в. (Зато это очень напоминает движение по созданию бесплатных компьютерных программ как

альтернативы дорогостоящим коммерческим продуктам компьютерных корпораций.) Имеется еще один, довольно дорогой вариант: несколько селекционеров могут на общие средства нанять юристов и получить стандартные патенты или авторские права на выведенные ими сорта с условием, что любой производитель (конечно, за исключением крупных частных компаний) сможет воспользоваться этим патентованным продуктом. Кроме этого, юристы могли бы разработать некую открытую лицензию, по которой использовать семена можно будет только при ответном согласии безвозмездно делиться ими (или же их усовершенствованными гибридами) с остальными селекционерами. Наконец, Голдман предложил компромиссный вариант, по которому селекционеры передают часть семенного материала частным компаниям для лицензирования и получения прибыли, а остальные распространяют бесплатно.

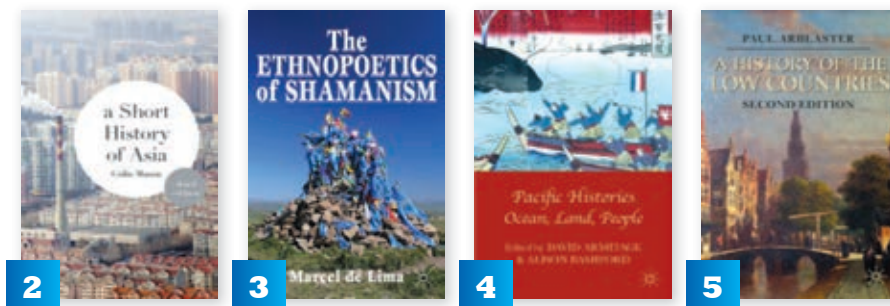
Как и многие другие ученые в этой области, Гарри Кли задается вопросом, откроют ли подобные договоренности пути к улучшению ситуации. Реальность, по его словам, такова, что ученые-селекционеры просто не в состоянии конкурировать с *Monsanto* и другими крупными компаниями по производству семян. «Селекционеры, работающие в университетах, переходят от работы с массовыми сельскохозяйственными культурами к более специфическим объектам. На моей кафедре работают специалисты по селекции персиков, черники и клубники, в то время как многие селекционеры из компании *Monsanto* вообще перестали заниматься подобными видами, считая это недостаточно выгодным». Кли, впрочем, надеется, что такое разделение специализации взаимополезно, поскольку, разграничив сферы влияния, государственный и частный сектор смогут лучше ползаться друг на друга.

И все-таки сильнее всего заботит Кли та же проблема, что не дает покоя и другим современным селекционерам: как преодолеть пропасть между коммерческой выгодой и запросами потребителей. «Маркерная селекция, — повторяет ученый, — позволяет нам обернуться назад и исправить ошибки прошлого. В сущности, все очень просто: давайте создадим то, что люди хотят видеть у себя на столе».

Перевод: В.Э. Скворцов

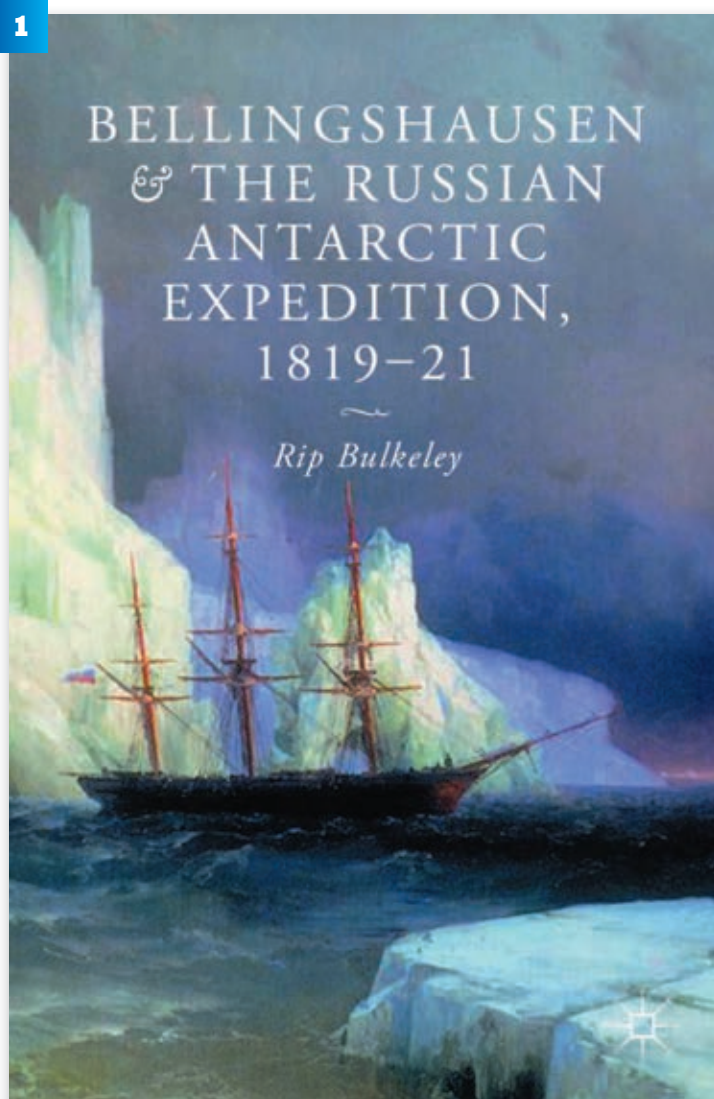
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Фридман Д. ГМО — это зло? // ВМН, № 11, 2003.
- Breeding Better Crops. Richard Hamilton; Scientific American Earth 3.0, June 2009.
- Improving the Flavor of Fresh Fruits: Genomics, Biochemistry, and Biotechnology. Harry J. Klee in New Phytologist, Vol. 187, No. 1, pages 44–56; July 2010. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2010.03281.x/full>
- Обзор современных методов практической селекции растений см. по адресу: ScientificAmerican.com/jul2014/veggies-interactive



Книжное ОБОЗРЕНИЕ

1



В очередном обзоре наиболее ярких новинок Palgrave Macmillan, дочерней компании британского издательства Macmillan Publishers, в состав которого входит Nature Publishing Group, выпускающая в том числе и журнал Scientific American, представлены этнико-географические изыскания

Рип Балкли. Беллинсгаузен и русская антарктическая экспедиция 1819–1821 гг. (Rip Bulkeley. Bellingshausen and the Russian Antarctic Expedition, 1819–21)

Книга историка освоения полярных областей, профессора Оксфордского университета Рипа Балкли посвящена одной из наименее изученных страниц освоения Антарктиды — кругосветной антарктической экспедиции, отправленной в южнополярные моря в 1819–1821 гг. под руководством Фаддея Фаддеевича Беллинсгаузена. Поход Беллинсгаузена считается одним из самых важных и трудных, когда-либо совершенных, поскольку его корабли не были приспособлены для плавания во льдах. В течение 45 лет после того, как Джеймс Кук в 70-х гг. XVIII в. достиг южнополярных морей и, встретив на своем пути плавающие льды, объявил, что дальнейшее проникновение на юг невозможно, экспедиции к Южному полюсу не проводились.

Беллинсгаузен доказал неверность этого мнения. Обогнув юго-западный берег острова Южная Георгия, открытого Куком, он повел свои корабли на юг. Достигнув 69° ю.ш., 16 января 1820 г. моряки увидели берег, подтвердив наличие шестого континента. В следующий сезон Беллинсгаузен впервые совершил полное плавание вокруг Антарктиды на широтах от 60° до 70° и составил первую морскую карту данного района.

Автор впервые представляет англоязычному читателю весь комплекс документальных материалов об этой экспедиции — от служебной переписки и официальных отчетов до судовых журналов и личных писем участников. Рассказ об открытии Антарктиды органично дополнен анализом научных результатов экспедиции, о которых известно гораздо меньше. Автор показывает, что именно исследования Беллинсгаузена заложили основы высокоширотной навигации.

Колин Мейсон. Краткая история Азии (*Colin Mason. A Short History of Asia*)

Книга британского дипломата, журналиста и ученого, профессора Колина Мейсона сочетает высокую информативность с широтой охвата материала и доступностью его подачи. Материал книги распределен по трем разделам. Первый раздел рассказывает о времени до экспансии европейцев. Начиная изложение материала с доисторического периода, автор показывает истоки и становление первых цивилизаций, развитие системы основных путей сообщения. Завершается данный период обстоятельной статьей о древней Японии и ее культуре. Второй раздел — экспансия европейцев — открывается главами о межэтнических связях и их роли для развития данного региона. Важно, что Мейсон не боится отступать от сложившихся стереотипов и подтверждает все приводимые выводы новейшими научными данными. Третий раздел посвящен современной истории региона и построен как система очерков об отдельных странах и их особенностях. Он снабжен обстоятельной статистикой и завершается обширной библиографией. Книга будет полезна не только студентам, но и всем, кто интересуется историей Азии.

Марсель де Лима. Этнопоэтика шаманизма (*Marcel de Lima. The Ethnopoetics of Shamanism*)

Книга профессора Федерального университета Минас-Жерайс (Бразилия) Марселя де Лимы посвящена двум проблемам — эволюции восприятия шаманизма в европейской культуре и наиболее известным его представителям в XIX–XX вв. В первом разделе автор показывает, как постепенно осознавалась учеными научная и этнографическая ценность шаманизма, менялось его восприятие и открывалось его понимание как важнейшего этнографического источника. Соответственно трансформировалось и изображение шамана в литературе. Второй раздел — поэтика шаманизма — посвящен специфике данного явления в различных регионах, т.к. в той или иной форме шаманизм существовал у большинства народов Земли и представляет собой древнейшую религию, история которой насчитывает десятки тысячелетий.

Три заключительные главы рассказывают о наиболее известных примерах шаманизма на американском

континенте. Выбор автора понятен, ведь американский шаманизм имеет собственную систему мифов. В отдельных главах он рассматривает Черного Лося, шамана из племени лакота, целительницу из племени масатеков Марию Сабину и, наконец, дону Хуана из племени яки, известного по произведениям Карлоса Кастанеды. Де Лима показывает, что только точная фиксация шаманистских практик дает адекватное представление об этом явлении.

Стивен Фишер. История тихоокеанских островов (*Steven Fischer. A History of the Pacific Islands*)

Книга директора Института полинезийских языков в Окленде (Новая Зеландия) Стивена Фишера посвящена истории заселения и развития территории, составляющей примерно треть нашей планеты. Опираясь на прекрасно подобранную базу источников, автор прослеживает ее развитие на протяжении более 50 тыс. лет, от первых поселенцев до конца XX в. Материал распределен по трем блокам — Меланезия, Микронезия и Полинезия, к которым добавлены главы об открытии этих островов европейцами, основных путях сообщения и экономических связях внутри региона, этапах их колонизации и освобождения.

Книга снабжена системой внутренних отсылок, крупномасштабными картами и синхронистическими таблицами. Несомненно, поможет читателю и обстоятельная библиография, а также иллюстративный ряд. Фишер не боится спорить с авторитетами, т.к. опирается на последние открытия в данной области. Этот труд соединяет научную дотошность с доступностью изложения материала. Именно для малоподготовленного читателя предназначено приложение — иллюстрированный рассказ о последних археологических открытиях, сделанных различными экспедициями на островах Тихого океана.

Пол Арблестер. История Бенилюкса (*Paul Arblaster. A History of the Low Countries*)

Профессор Университета Маастрихта Пол Арблестер создал первую историю Бельгии, Нидерландов и Люксембурга, предназначенную для англоязычного читателя. Три небольшие страны, сделавшие огромный вклад в историю европейской культуры, — это уникальное явление. Книга охватывает период от заселения данного региона, появления римских пограничных областей до учреждения трех конституционных монархий, существующих и в наше время. Формально рамки книги охватывают весь XX в., но приложения дают представление и о современном этапе истории этих государств. В отдельных главах автор рассказывает об экономических связях, Реформации и Контрреформации, правивших в странах династиях и наиболее выдающихся их представителях. В приложении помещены сведения о политических партиях, синхронистическая таблица, подборка карт, многие из которых впервые представлены читателю, а также подробная библиография с краткой характеристикой каждого издания. Отдельная глава содержит анализ современной экономической ситуации и роли каждого из государств в европейских процессах. ■

Подготовил Федор Каница

КАК ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ/ЗАКАЗ НА ЖУРНАЛ «В МИРЕ НАУКИ» ЧЕРЕЗ РЕДАКЦИЮ

1. Указать в бланке заказа/подписки те номера журналов, которые вы хотите получить, а также ваш полный почтовый адрес. Подписка оформляется со следующего номера журнала.
2. Оплатить заказ/подписку в отделении любого банка (для удобства оплаты используйте квитанцию, опубликованную ниже). Оплату можно произвести также при помощи любой другой платежной системы по указанным в этой квитанции реквизитам.
3. Выслать заполненный бланк заказа/подписки вместе с копией квитанции об оплате:
 - по адресу 119991, г. Москва, ГСП-1 Ленинские горы, д. 1, к. 46, офис 138, редакция журнала «В мире науки»;
 - по электронной почте podpiska@sciam.ru, info@sciam.ru;
 - по факсу: +7 (495) 939-42-66

Стоимость подписки на первое полугодие 2014 г. составит:

Для физических лиц: **1140 руб. 00 коп.** — доставка заказной бандеролью*.

Для юридических лиц: **1500 руб. 00 коп.**

Стоимость одного номера журнала: за 2010 г. — **30 руб. 00 коп.**, за 2011 г. — **40 руб. 00 коп.**, за 2012 г. — **60 руб. 00 коп.**; за 2013 г. — **100 руб. 00 коп.**

(без учета доставки); стоимость почтовой доставки по России — **70 руб** заказной бандеролью, **50 руб.** — простым письмом.

Бланк подписки на журнал размещен на сайте www.sciam.ru.

Уважаемые подписчики! После подтверждения платежа вы будете получать журнал ежемесячно с доставкой в отделение почтовой связи.

* Если ваша заявка о подписке получена до 10-го числа месяца, то, начиная со следующего месяца, с почты вам начнут приходить уведомления о заказной бандероли. Такая система доставки журналов гарантирует 100%-ное получение. За доставку простой бандеролью редакция ответственности не несет.

БЛАНК ЗАКАЗА НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

Я заказываю следующие номера журнала «В мире науки» (отметить галочкой):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2014 г.												
2013 г.							объединенный выпуск					
2012 г.												
2011 г.												
2010 г.										объединенный выпуск		

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Кв. _____

Телефон _____

E-mail: _____

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

Некоммерческое партнерство
«Международное партнерство
распространения научных знаний»
Расчетный счет 40703810238180000277
В Московском банке Сбербанка БИК 044525225
России ОАО №9038/00495 30101810400000000225
Корреспондентский счет ИНН 7701059492; КПП 772901001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

Вид платежа	Дата	Сумма
Подписка на журнал «В мире науки» № _____ год		

Платательщик

Некоммерческое партнерство
«Международное партнерство
распространения научных знаний»
Расчетный счет 40703810238180000277
В Московском банке Сбербанка 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		

Платательщик

**ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ
НА ЖУРНАЛ "В МИРЕ НАУКИ"**

МОЖНО:

В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ

ПО КАТАЛОГАМ:

"РОСПЕЧАТЬ",

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

81736 для ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

19559 для ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

"ПОЧТА РОССИИ"

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

16575 для ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

11406 для ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

КАТАЛОГ «ПРЕССА РОССИИ» 45724

WWW.AKC.RU

ПОДПИСКА ПО РФ И СТРАНАМ СНГ:

ООО "УРАЛ-ПРЕСС",

WWW.URAL-PRESS.RU

СНГ, СТРАНЫ БАЛТИИ И ДАЛЬНЕЕ

ЗАРУБЕЖЬЕ: ЗАО "МК-ПЕРИОДИКА",

WWW.PERIODICALS.RU

РФ, СНГ, ЛАТВИЯ:

ООО "АГЕНТСТВО "КНИГА-СЕРВИС",

WWW.AKC.RU



Senior Vice President and Editor in Chief:

Mariette DiChristina

Executive Editor:

Fred Guterl

Managing Editor:

Ricki L. Rusting

Managing Editor, Online:

Philip M. Yam

Design Director:

Michael Mrak

News Editor:

Robin Lloyd

Senior Editors:

Mark Fischetti, Christine Gorman, Anna Kuchment,
Michael Moyer, George Musser, Gary Stix, Kate Wong

Associate Editors:

David Biello, Larry Greenemeier, Katherine Harmon,
Ferris Jabr, John Matson

Podcast Editor:

Steve Mirsky

Contributing editors:

Mark Alpert, Steven Ashley, Davide Castelvecchi,
Graham P. Collins, Deborah Franklin, Maryn McKenna,
John Rennie, Sarah Simpson

Art director:

Ian Brown

President:

Steven Inchcoombe

Executive Vice President:

Michael Florek

Vice President and Associate Publisher,

Marketing and Business Development:

Michael Voss

Vice President, Digital Solutions:

Wendy Elman

Adviser, Publishing and Business Development:

Bruce Brandfon

© 2014 by Scientific American, Inc.

Читайте в следующем номере:

ЭВОЛЮЦИЯ: ЧЕЛОВЕЧЕСКАЯ САГА СПЕЦВЫПУСК

Эволюция: перезагрузка

В свете новых наработок ученым приходится переписывать чуть не каждую главу истории человечества.

ОТКУДА МЫ ПРИШЛИ?

В поисках утраченной родни

Новейшие молекулярные данные и продолжающиеся палеонтологические открытия намного усложнили наши представления об истории человеческого рода и сделали загадку происхождения людей как никогда интригующей.

Потрясенные климатом

Резкие переходы от влажного климата к сухому и наоборот могли стать фактором, направившим одних из наших предков на путь развития человеческих черт и убравшим с эволюционной сцены других.

Если бы у меня был молот

Согласно общепринятым взглядам на эволюцию человека, большое значение имела способность наших предков изготавливать орудия. Но если верить новым, современным представлениям, то важную роль сыграло еще и везение.

ЧТО ДЕЛАЕТ НАС ОСОБЕННЫМИ?

Сила парности

Переход к моногамии был, вероятно, самым удачным эволюционным шагом за всю биологическую историю человека.

Один за всех

Способность людей к взаимодействию и взаимопомощи в рамках крупных сообществ имеет глубокие эволюционные корни.

Наша изюминка

Данные экспериментов, в которых дети сравниваются с шимпанзе, позволяют предположить, что ключевое качество человека — способность к инновациям.



КУДА МЫ ИДЕМ?

Человек — животное сетевое

За то, что благодаря современным технологиям мы больше никогда не остаемся в одиночестве и не скучаем, мы, возможно, платим потерей некоей фундаментальной составляющей нашей человечности.

Устойчивое развитие

Наш вид достаточно быстро менялся в течение последних 30 тыс. лет, и, похоже, останавливаться или даже замедляться мы не собираемся.



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ
ПРАВИТЕЛЬСТВА
МОСКВЫ



МИНИСТЕРСТВО
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ



МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА



ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ,
ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ
И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА
ГОРОДА МОСКВЫ



генеральный партнер

генеральный спонсор

стратегический партнер

интеллектуальный партнер

официальный партнер

официальный партнер

официальный спонсор

при поддержке

официальный партнер

генеральный информационный партнер

генеральный телевизионный партнер



16 +

12 +

12 +

12 +

12 +

12 +

12 +

0 +