

МАТЕМАТИКА

К столетию
Мартина Гарднера

КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ

Как силы создают
органы и опухоли

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Климат
и неудобный лед

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

www.sci-ru.org

№12 2014

12+

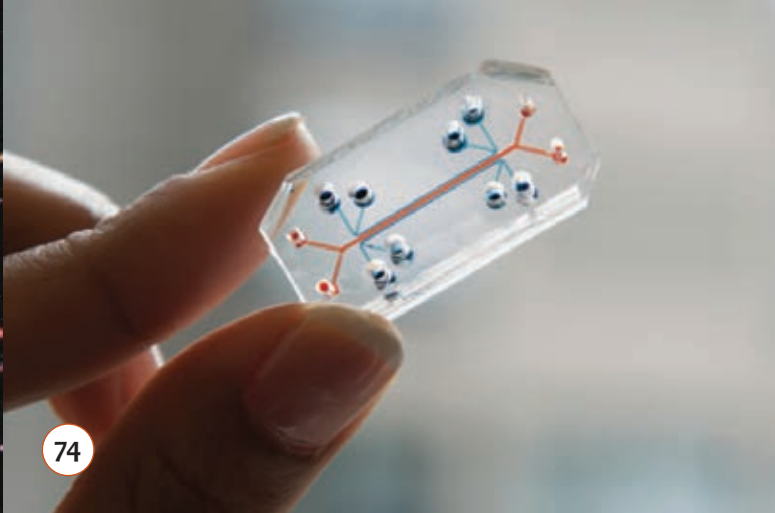
Далекие отзвуки Большого взрыва

Возможно,
в скором времени
мы познаем тайны
ранней Вселенной
и еще на шаг
приблизимся
к созданию
теории великого
объединения





22



74

СОДЕРЖАНИЕ Декабрь 2014

Главные темы номера

Форум

«УЧИТЬ УЧИТЬСЯ И УЧИТЬ ЛЮБИТЬ РОДИНУ» 4

Наталья Лескова

Пожалуй, этот лозунг можно назвать главной задачей, сформулированной на съезде союза ректоров российских вузов



Новости

ПРЕЗИДЕНТ РАН ВЛАДИМИР ФОРТОВ ИЗБРАН В ДВЕ ИНОСТРАННЫЕ АКАДЕМИИ НАУК 10

В ноябре **Владимир Фортov** стал членом-корреспондентом Королевской инженерной академии Испании, а полугодом раньше — действительным членом Национальной академии наук США



Международное сотрудничество

СВОЙ СРЕДИ СВОИХ 12

Валерий Чумаков

Вице-президент РАН, председатель СО РАН академик **Александр Асеев** был принят в иностранные члены Национальной академии наук Беларуси



Наука без границ

СТЕНА НА СЛОМ 18

Валерий Чумаков

Вице-президент РАН, директор ИКИ РАН **Лев Зеленый** делится своими впечатлениями о международной научной конференции *Falling Walls*, состоявшейся в ноябре в Берлине



Космология

МАЯК БОЛЬШОГО ВЗРЫВА 22

Лоуренс Краусс

Дискуссии о возможном обнаружении идущих из ранней Вселенной гравитационных волн находятся под пристальным вниманием ученых. Будучи подтвержденным, это открытие позволит установить связь между гравитацией и квантовой теорией и, быть может, даже доказать существование других вселенных

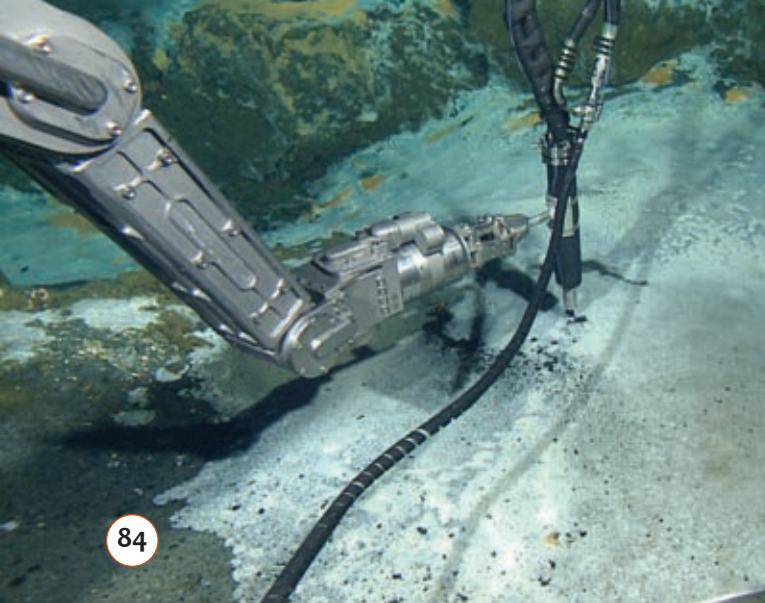
Образование

ФИЗТЕХ-ЛИЦЕЙ: «ГЛАВНОЕ — ЭТО НАУКА. И ЛЮБОВЬ» 34

Наталья Лескова

Это необычная школа. Попастъ сюда на учебу не просто: только если экспертная комиссия убедится, что ребенок имеет способности к естественным наукам, у него есть шанс попасть в это престижное учебное заведение, готовящее кадры для российской науки. Об этом и многом другом мы беседуем с директором лицея **Мариной Машковой**





84

Специальный репортаж

СОСТОЯНИЕ **МИРОВОЙ НАУКИ** **2014**

УРАВНЕНИЕ НЕРАВЕНСТВА 40

Фред Гутерл

Наука и технология — основа благоденствия и процветания нашего общества. Но на кого опирается сама наука?

СИНЕРГИЯ НЕСХОДНЫХ 44

Кэтрин Филлипс

В окружении людей, непохожих на нас, мы становимся более усердными, изобретательными и ответственными

В ПОИСКЕ ЛУЧШИХ ИДЕЙ 52

Стефани Хилл

Как я поняла важность разнообразия

ГЕНДЕРНЫЙ РАЗРЫВ 54

Участие женщин и мужчин в научных исследованиях по всему миру

МИЛОСТИ ПРОСИМ ВСЕХ 56

Виктория Плаут

Способ полностью избавиться от сегрегации на работе или в школе пока не придуман, но новые исследования помогают поиску успешных стратегий

Энергетика

ПОВЫШЕНИЕ ГРАДУСА ХОЛОДА В ПОЛЬЗУ ЭНЕРГЕТИКИ 64

Виктор Фридман

Об особенностях и перспективах высокотемпературной сверхпроводимости мы беседуем с заместителем начальника отдела сверхпроводящих материалов НИЦ «Курчатовский институт» **Сергеем Шавкиным**



Клеточная биология

ПОВОРОТ СУДЬБЫ 74

Стефано Пикколо

Судьба стволовой клетки — станет она частью костной ткани, головного мозга или смертоносной опухоли — зависит не только от генов, но и от физических воздействий, приводящих к ее растяжению или сжатию



12+

94

Окружающая среда

НЕУДОБНЫЙ ЛЕД 84

Лиза Маргонелли

Гидраты метана могли бы решить энергетические проблемы в мире — или же усугубить глобальное потепление

Математика

ПУСТЬ ИГРЫ ПРОДОЛЖАЮТСЯ 94

Колм Малкахи и Дана Ричардс

В год своего столетнего юбилея Мартин Гарднер, постоянный автор рубрики «Математические игры» журнала *Scientific American*, продолжает вдохновлять своими задачами математиков и всех любителей головоломок

Науки о здоровье

КОГДА МЫ ДЕЙСТВИТЕЛЬНО МОЖЕМ ПОМОЧЬ СЕБЕ САМИ? 102

Майя Шалавиц

Индустрия мотивационных семинаров с оборотом в миллиарды долларов таит в себе скрытые опасности. Как их распознать?

Премия

ОТ ХЛЕБА ДО ЧЕРНЫХ ДЫР ВО ВСЕЛЕННОЙ 106

Владимир Губарев

1 ноября в зале заседаний президиума РАН были объявлены лауреаты Демидовской премии 2014 г.



Разделы

От редакции 3

50, 100, 150 лет тому назад 93

Книжное обозрение 110

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN

В мире науки



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

НАШИ ПАРТНЕРЫ:



Сибирское отделение РАН

PETER



SERVICE



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



РОСАТОМ

о ч е в и д н о е



н е в е р о я т н о е

Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

Главный редактор:

В.Е. Фортос

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:

д.ф.-м.н., академик РАН, вице-президент РАН, директор ИКИ РАН Л.М. Зеленый;
зам. нач. отдела сверхпроводящих материалов комплекса сверхпроводимости НБИКС-центра НИЦ «КИ» С.В. Шавкин

Над номером работали:

М.С. Багоцкая, О.Л. Беленицкая, А.Н. Божко, Н.Л. Лескова, А.И. Прокопенко, О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, В.И. Сидорова, В.Э. Скворцов, В.П. Фридман, Д.С. Хованский, Н.Н. Шафрановская, С.Э. Шафрановский

Верстка:

А.Р. Гукасян

Дизайнер:

Я.В. Крутий

Корректур:

Я.Т. Лебедева

Президент координационного совета

НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

В.Е. Фортос

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 №12 14-11-00329

© 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.

От научной идеи – к реализации

29 октября состоялась встреча президента РАН с президентом РФ В.В. Путиным, где были представлены четыре крупных инновационных проекта, подготовленных учеными РАН. Проекты были одобрены и приняты к реализации.

Первый проект связан с парогазовыми установками. Использование двухступенчатых парогазовых установок, которые позволяют достичь большой энергетической эффективности, — это серьезный резерв экономии топлива и возможность получения до 40 ГВт дополнительной электроэнергии. Их можно применять также в «малой энергетике».

Второй проект — «Умные сети» (*Smart grid*). Сегодня в России требуют замены 60–70% электросетевого оборудования. Меняя старое оборудование на новое, можно сочетать энергетические сети с современными информационными технологиями и устройствами на новых физических принципах, создавая «умную» систему, которая способна сама сигнализировать о своем состоянии — неполадках и сбоях, внутренне диагностировать и контролировать себя из центра.

Третий проект — опережающее развитие Сибирского и Дальневосточного регионов за счет создания сети высокотехнологичных скоростных железных дорог, что даст новый толчок индустриализации и освоению огромной территории.

Четвертый проект, предложенный Институтом прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, — создание суперкомпьютера в комбинации с математическим обеспечением.

Наш журнал будет внимательно следить за реализацией этих проектов и подробно информировать своих читателей.

Цель фундаментальной науки — получение новых знаний о мире. С.П. Капица говорил, что самое ценное в ней — это мысль, и ее нельзя планировать. Действительно, настоящие прорывы в науке происходят в самых неожиданных направлениях. Автор главной статьи настоящего номера «Маяк Большого взрыва» физик-теоретик Лоуренс Краусс рассуждает о возможном обнаружении идущих из ранней Вселенной гравитационных волн. В случае подтверждения можно будет установить



связь между гравитацией и квантовой теорией и, может быть, даже доказать существование других вселенных.

Создание новой системы инновационного развития — одна из наиболее актуальных сегодняшних задач. О том, как она решается в Республике Беларусь, можно узнать из статьи «Свой среди своих» — интервью с недавно избранным членом Национальной академии наук Беларуси, вице-президентом РАН, председателем СО РАН А.Л. Асеевым.

Академия жива, пока есть преемственность научных школ, поколений. Как воспитать будущего ученого? Этому посвящен материал «Физтех-лицей: "Главное — это наука. И любовь"» об уникальном учебном заведении, которому в этом году было присвоено имя выдающегося ученого, создателя «системы Физтеха» П.Л. Капицы, считавшего, что правильное обучение и воспитание — это «фундаментальная задача, от решения которой может зависеть будущее нашей цивилизации не только в одной стране, но в глобальном масштабе».

В заключение хочу поздравить вас, дорогие читатели и коллеги, с наступающим Новым годом и пожелать крепкого здоровья, бодрости духа, оптимизма и творческого вдохновения. Счастья и мира вам, вашим родным и близким! До встречи в новом, 2015 году! ■

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



УЧИТЬ УЧИТЬСЯ И УЧИТЬ ЛЮБИТЬ Роди́ну

Пожалуй, этот лозунг можно назвать главной задачей, сформулированной на съезде союза ректоров российских вузов

В МГУ состоялся юбилейный X съезд Российского союза ректоров (РСР) — мероприятие, собравшее более тысячи работников высшей школы со всей страны и из-за рубежа. Только членов совета ректоров зарегистрировалось 487. На мероприятии выступил президент РФ В.В. Путин, который внимательно выслушал выступления всех участников. Главной задачей съезда стала выработка основных алгоритмов повышения качества высшей школы, которая будет готовить не только хороших специалистов, но и настоящих граждан своей страны.

Структура съезда РСР оказалась нестандартной для такого рода мероприятий. Мы привыкли, что конференции обычно начинаются с симпозиума, где делается основной доклад, а затем все участники расходятся по секциям и круглым столам. Здесь все было сделано ровно наоборот. Съезд союза ректоров начал свою работу с заседания шести секций, каждая из которых поставила одну из ключевых задач российского образования. По результатам работы этих секций были предложены резолюции, в которых обобщались самые важные мысли и выводы, прозвучавшие во время их работы.

Ясно, что посетить сразу все секции было проблематично. Даже ректор МГУ и президент РСР В.А. Садовничий и помощник президента РФ по научным фондам и грантам А.А. Фурсенко, которых ждали на каждой секции, смогли посетить лишь часть из них. Неудивительно, что приоритет был отдан круглому столу «Наука в высшей школе», где Виктор Антонович присутствовал с самого начала. Приятно, что наши предпочтения здесь полностью совпали.

Нужен проект — дайте аванс

Ректор МГТУ им. Н.Э. Баумана А.А. Александров рассказал о проектной деятельности в родном вузе. «Мы привыкли ставить большие научные задачи, — подчеркнул он. — Это создание новых систем вооружения и наведения, ракетно-космическая техника, подготовка главных конструкторов для российских оборонно-промышленных предприятий... Ведь Бауманка всегда занимала важнейшие позиции в оборонном комплексе страны. Но сейчас вуз столкнулся с серьезными проблемами. И это не только его беда.

«Наши проекты очень дорогие, — продолжил Анатолий Александрович. — Это десятки миллиардов рублей,



Выступление президента РФ В.В. Путина на съезде РСР

которые умеют летать, стрелять и т.д. Нас призывают активизировать разработку такого рода программ, но при этом их авансирование прекращено. То есть мы должны сами изыскать средства на их осуществление. Где же их брать?» С этим вопросом и предложением возобновить авансирование ректор МГТУ обратился к присутствующему А.А. Фурсенко, который обещал подумать и записал замечание в блокнот.

Тема прекращения государственного авансирования программ и проектов, в результате чего вузы оказались в положении человека со связанными руками, еще не раз поднималась во время работы совета. И в своем заключительном докладе перед президентом РФ В.А. Садовничий, выражая всеобщее мнение, просил обратить внимание на эту проблему.

«Нельзя отчуждать научные центры»

Еще одна важная тема — научные центры, которые сейчас активно создаются при многих вузах. По словам А.А. Александрова, эти центры — замечательная модель живой, действующей, молодой науки, когда эксперимент довольно быстро находит возможность своего

практического воплощения. Это междисциплинарные центры, что правильно, т.к. сегодня, в век фотоники, нано- и плазменных технологий все самое интересное и передовое происходит на стыке наук. Поэтому сюда охотно едут работать и преподавать ученые с мировыми именами. Например, в МГТУ им. Н.Э. Баумана приехал работать по совместительству директор Института внеземной физики Общества Макса Планка (Германия) Грегор Морфилл, а его заместители по очереди находятся в России. Центр фотоники и информационных технологий возглавил член-корреспондент РАН Виктор Иванович Рыжий, специально приехавший для этого из Тохоку (Япония), в университете которого он преподает.

К сожалению, научные центры, созданные на базе и на кровно заработанные деньги вузов, согласно действующему федеральному закону должны отправиться в самостоятельное плавание. Вузы, их породившие, в их судьбе больше никак не участвуют. Возникает вопрос: зачем тогда вузам создавать такие центры? «По идее, они должны привлекать талантливую, инициативную вузовскую молодежь, которая потом составит научный потенциал страны, — сказал по этому поводу А.А. Александров. — Но при нынешних правилах это становится невозможным».

Как положительный пример хорошо работающей модели взаимодействия вуза с производством А.А. Александров назвал сотрудничество с Казанским авиационным институтом, в результате чего сейчас активно осваиваются композитные технологии, а также с госкорпорацией «Росатом», совместно с которой был создан Центр нанотехнологий. «Когда я общаюсь с нашим студентом, который там работает, всегда удивляюсь, — признался ректор МГТУ. — Вроде бы совсем молодой человек, а чуть ли не руками собирает атомы и так много знает, что начинаешь думать, кто из нас академик»

Вывод, к которому пришли собравшиеся, таков: в любых начинаниях надо думать о воспроизводстве университета, и тогда обязательно будет отдача. «Очень важно, чтобы технический вуз имел свое опытное производство и мог размещать там свои базовые кафедры, — поддержал коллегу ректор Казанского федерального университета Ильшат Рафкатович Гафуров. — Сейчас существует запрет на их размещение на государственных предприятиях, а это неправильно».

Болезнь роста

Ректор Московского физико-технического института Николай Николаевич Кудрявцев рассказал о том, что вузовская наука, на его взгляд, сейчас переживает болезнь роста. «Повышая рейтинги университетов, мы все пытаемся поднять довольно тяжелую штангу, — признался ректор. — Рейтинг — это хорошая возможность

взглянуть на себя со стороны. Безусловно, надо их повышать. При этом есть множество вопросов, на которые мы пока не смогли ответить».

Один из таких вопросов: где должна сосредоточиться вузовская наука? На кафедре? В научном центре? Эти вопросы горячо обсуждались на круглом столе. Возможно, на кафедре должна сосредоточиться наука фундаментальная, а в научных центрах важно отдать приоритет более подвижным, прикладным исследованиям. Красной нитью стала мысль о необходимости более тесного сотрудничества Российской академии наук с университетской наукой — это нужно и вузам, и самой РАН. Кто-то даже предложил «принудить РАН к сотрудничеству». Все засмеялись. Но в каждой шутке — доля шутки.

Большой интерес вызвала секция «Образование и воспитание. Роль гуманитарного знания», куда мы, не стовариваясь, пришли раньше ректора МГУ, еще раз удивившись, как совпадают наши приоритеты. И точно: вопросы, которые здесь обсуждались, нельзя назвать второстепенными. Речь шла о том, что образование и воспитание — неразрывно связанные понятия, их нельзя разъединять и ставить по отдельности, потому что каждый преподаватель, будь то гуманитарий или естествовед, должен еще и воспитывать молодого человека, помогать ему вырасти цельной, гармоничной личностью, любящей свою страну.

«На фоне нынешних политических сложностей это становится все труднее, однако другого выхода все равно нет, — сказала по этому поводу Л.А. Вербицкая, ректор Санкт-Петербургского государственного гуманитарного университета. — Какие бы непростые времена ни переживала Россия, это наша страна, и если что-то в нынешней жизни нас не устраивает, важно не сетовать, а стремиться менять что-то к лучшему».

Ректор Северо-Кавказского федерального университета А.А. Левитская подчеркнула объединяющую роль русского языка: «Грустно, когда мои коллеги из регионов России рассказывают, что абитуриенты и студенты плохо говорят на русском языке. Что тогда говорить про наш университет, собирающий десятки национальностей Кавказа. Для меня русский язык хоть и не родной, но великий и прекрасный: он несет в себе тысячелетнюю культуру, объединяющую наши народы, дающую духовную общность. Мы должны нести эту важную мысль всем студентам».

А ведь были времена, когда с русским языком собирались покончить после девятого класса, вспомнили собравшиеся. Сдает школьник этот предмет — и все, он больше не нужен. Хотя именно язык — гарантия безопасности нашей родины, подчеркнули выступавшие. По их словам, сейчас происходит оскудение языка, и во многих вузах вынуждены вводить обязательные культурологические и лингвистические курсы, чтобы подтянуть студентов до уровня, приличествующего высшему образованию.

С чего начинается Родина

Но как в мире развлекательного телевидения, политических перипетий и отсутствия моды на чтение книг

можно достичь этой цели? Преподаватели Красноярской академии музыки и театра подчеркнули, что важную роль здесь могут сыграть студенческие клубы, которые способны стать настоящими центрами единения культурных интересов молодежи.

А ректор Ставропольского государственного педагогического института Л.Л. Редько подчеркнула, что вузы должны готовить не только конкурентоспособных специалистов для рынка труда, но и в первую очередь граждан своей страны, которые не ищут, где им лучше и удобнее, а даже в трудные времена хотят жить и работать в родной стране.

«Мы часто забываем, что профессии врача и учителя всегда предполагали некоторую долю самоотречения, — напомнила Л.Л. Редько. — Думаю, это важно для преподавателя любого вуза. Нужно не только давать студентам те или иные знания, но и учить их любить родину. Иначе не очень понятно, зачем мы учим физиков, химиков, ай-тишников. Где и на кого они потом будут работать?»

Еще нам напомнили, что любого ученика надо любить — не только маленького, но и большого. Преподаватели вузов должны любить своих студентов точно так же, как воспитатели в детском саду любят пришедших к ним малышей. «В конечном счете это главное, что мы можем принести с собой в вуз, — сказал по этому поводу А.П. Горбунов, ректор Пятигорского государственного лингвистического университета. — Знания и умения приложатся, если есть любовь».

Отдельная секция была посвящена поиску и поддержке молодых талантов. Здесь, оказывается, тоже есть немало проблем и противоречий. Например, по словам Е.А. Ваганова, ректора Сибирского федерального университета, при всей востребованности талантов в вузах часто отсутствует возможность их поощрения. Например, молодой человек — инвалид и поэтому не может иметь пятерку по физическому воспитанию. И даже если он при этом выдающийся математик, платить ему повышенную стипендию вуз не имеет права. Иначе говоря, должна быть разработана гибкая система поощрения молодых людей, которые могут в будущем составить гордость нашей науки.

Президент против троечников

Апофеозом работы съезда союза ректоров стал визит президента России, который выступил на пленарном заседании. По словам ректора МГУ В.А. Садовниченко, за прошедшие три года прошло более десяти подобных встреч — на заседании совета по науке и образованию, на собраниях Российского народного фронта, на заседаниях студенческих клубов, которым президент РФ придает огромное значение. По словам Виктора Антоновича, все это и присутствие на съезде РСР говорит о постоянной озабоченности президента системой нашего образования.

В.В. Путин напомнил, что в системе российской высшей школы работают сейчас более 300 тыс. человек. Обучаются в вузах более 5,5 млн студентов. «Это целая армия», — заметил президент. — Система высшего



Президент РФ В.В. Путин с ректором МГУ В.А. Садовничим

образования была и остается мощным высокоинтеллектуальным ресурсом страны. Она генерирует новые знания, готовит кадры для всех отраслей жизни России».

Президент упомянул о тех важных государственных решениях, которые в последнее время коснулись вузов. По его словам, сделано немало для того, чтобы вузы развивались согласно требованиям времени, становились конкурентоспособными, задавали ориентиры передовым высокотехнологичным отраслям экономики. Например, учреждены гранты для поддержки научных исследований под руководством ведущих ученых. Укрепляется система кооперации вузов и предприятий. Принимаются меры по повышению зарплаты профессорско-преподавательского состава: с 2018 г. она должна составить не менее 200% от средней зарплаты по региону. «И я об этом не забываю», — заметил президент.

При этом В.В. Путин подчеркнул, что претензии к уровню образования, содержанию образовательных программ, качеству преподавания пока имеют основания. «Не каждый вуз готов учить по-современному, так, чтобы у выпускника оставался не только диплом, но и нужные знания и профессиональные навыки, которые он может использовать в своей будущей практической деятельности», — заметил президент.

Освоить знания такого высокого уровня и качества, которые должен давать современный вуз, может далеко не каждый человек. «Поэтому когда некоторые вузы зачисляют абитуриентов с очевидно неудовлетворительными знаниями, это вызывает много вопросов», — сказал В.В. Путин. — Подобная гонка за абитуриентами, а значит и за финансированием, подчас девальвирует высшее учебное заведение». И привел такой пример. По итогам ЕГЭ в 2014 г. Москва занимает первое место по участникам, набравшим по математике от 80 до 100 баллов. При этом зафиксированы случаи зачисления на такие специальности, как авиационная и ракетно-космическая техника, аэронавигация, информационная безопасность, машиностроение, электро- и теплоэнергетика, абитуриентов, имеющих всего

24 балла по математике, т.е. по самому основному, профильному предмету. «Это неприемлемо», — резюмировал президент.

В.В. Путин не ставит под сомнение то, что ректоры и преподаватели вузов хорошо знают основные направления модернизации образования. «Но я хотел бы еще раз обратить внимание на налаживание прямых, тесных контактов с будущими работодателями наших выпускников», — сказал он. — Это принципиальное требование для вузов, готовящих специалистов, и прежде всего инженерно-технического профиля. В непростых экономических условиях, когда на первый план выходит максимальное сближение образования с производством, с практикой, реальной жизнью, обеспечение страны востребованными кадрами — наша общая задача. И Российский союз ректоров, который имеет отделения в 72 регионах страны, может и должен внести свой вклад в достижение этой стратегической цели».

Что делать и с чего начать

Итоги прошедшего съезда союза ректоров подвел в своем выступлении ректор МГУ В.А. Садовничий, напомнивший, что «образование — один из ключевых факторов, который обеспечивает нашу достойную жизнь в будущем». А поэтому главный вопрос повестки дня — «каким путем идти дальше нашей высшей школе, что мешает эффективно работать и, главное, какую ответственность мы можем и должны взять на себя».

Качество образования Виктор Антонович назвал приоритетным требованием времени, потому что мы вышли на качественно новый уровень знаний: последовал всплеск новых открытий — теория относительности, деление ядра атома, полупроводники, лазеры, двойная спираль ДНК, революция в информационных технологиях. Все стали понимать, что надо изучать не отдельную частицу, а общие закономерности, более сложные системы. Появились новые науки, и на этом фоне встает вопрос: чему и как учить?

«На мой взгляд, ответ один — надо учить учиться», — заметил В.А. Садовничий. — Препрежний подход с использованием резервов памяти без исследования глубинных связей между науками в настоящее время непродуктивен».

С одной стороны, необходимо увеличить роль фундаментального ядра — научных знаний и его основы — математики. В то же время в качестве обязательного надо ввести междисциплинарный курс. «Их у нас 150, и они пользуются огромной популярностью у студентов», — рассказал ректор МГУ. — И это замечательно. Не надо на этом экономить. Вспомним, что в самые трудные времена в нашей стране школы работали, и это сыграло свою роль в том, что нам первыми удалось покорить космос, обеспечить обороноспособность, стать лидерами во многих отраслях промышленности, обеспечить научно-технический прогресс».

В.А. Садовничий напомнил, что Россия — огромная страна, в ней около тысячи вузов. Нужно содействовать укреплению и единству российского образовательного пространства. Решению этой задачи может способствовать российский межвузовский электронный центр — общероссийская система дистанционного образования с интерактивными возможностями для всех категорий учащихся.

Но учить студентов, не вовлекая их в научные исследования, нельзя. Тем более что научные школы многих российских вузов пользуются мировой известностью. По словам В.А. Садовничего, сейчас разорвана важная цепь: образование — научные исследования — внедрение в производство. Хорошей альтернативой могут стать научно-технологические долины, кластеры, технопарки, но все это, к сожалению, не вошло в нашу жизнь и не приносит нужного результата. Пока отсутствуют и четкие механизмы имущественного взаимодействия государственных корпораций и университетов. Для многих вузов важна возможность использования земельных участков в интересах своего развития. Однако есть постановление правительства № 234, которое запрещает это делать.

Главное богатство — люди

«Не будем забывать и о том, что университеты — часть экономики страны, — сказал В.А. Садовничий. — Почти все уехавшие за рубеж коллеги говорят, что жизнь у нас сейчас становится лучше. Многие хотят вернуться — и возвращаются. Как говорят в математике, развитие экономики идет с положительной производной. Однако будущее не будет простым для многих экономических систем мира, в том числе и для нашей. В этой сложной ситуации выиграет та страна, которая выберет правильный путь. Поэтому наша задача — определить стратегически значимые приоритеты, понять, где мы можем быть лидерами, и сконцентрироваться на этих направлениях. У нас широкое поле неосвоенных технологий, огромная территория, сырьевое богатство, но все это будут решать люди. Они и есть наше главное богатство».

В.А. Садовничий привел пример. В результате сотрудничества МГУ с промышленностью построено два завода — один в Туле по производству медицинского оборудования, другой в Балашихе — по созданию материалов для тормозных систем в гражданской и военной авиации. Запускается еще один завод для создания авиационной техники и кораблестроения. Подобные истории могут рассказать многие ректоры. Задача учителей и преподавателей вузов в этой ситуации — повышать уровень мотивации молодых людей. «Не просто “хочу окончить университет”, и непонятно, что он собирается делать дальше, — пояснил ректор МГУ. — Мотивация должна присутствовать с самого начала, еще на этапе профориентации. Хорошие техникумы, сопряженные с техническими университетами, должны готовить нужных стране специалистов».

При этом современный мир все более глобален, и никто уже не хочет запереть себя в рамках одной страны.

Российский Союз ректоров (РСР) — общероссийская общественная организация, объединяющая более 700 ректоров, президентов образовательных организаций высшего образования РФ. РСР был создан в 1992 г. по инициативе ректоров высших учебных заведений РФ на основе распоряжения президента РФ. Первый президент РСР (1992–1994) — ректор Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина В.Н. Виноградов. Действующий президент РСР — ректор МГУ В.А. Садовничий.

Одна из основных задач РСР — формирование концепции «Новые университеты для новой России» (университетская доктрина). Концепция опирается на идею особой миссии университетов в современных условиях, когда определяющей чертой стало стремительное развитие высоких технологий, а главным ресурсом — интеллектуальный потенциал. Эта задача требует наличия профессионалов нового качества, у которых фундаментальные знания будут сочетаться с готовностью к их практическому применению.

Это правильно. При этом важно не поддаваться гипнозу, слепо внедряя стандартные вещи. Мы живем в едином мире, на одной планете, и лучший способ жить и развиваться — сотрудничество. «Но мы — Россия, — подчеркнул В.А. Садовничий. — У нас своя история, менталитет, задачи. Мы должны учиться лучшему, перенимать передовое, но оставаться самими собой».

Российские ученые во многом были пионерами. Ломоносов первым исследовал атмосферу Венеры, Циолковский доказал возможность покорения космоса, Менделеев построил периодическую систему химических элементов, Попов изобрел радио, Жуковский и Сикорский создали базу современных летательных аппаратов, Вернадский ввел понятие ноосферы — глобальной сферы разума, Павлов исследовал условный рефлекс, Мечников изучал природу иммунитета, Семенов описал цепную реакцию, Королев осуществил полет человека в космос, создал первый луноход, первый искусственный спутник.

Можно долго говорить о наших прежних и современных достижениях, поэтому важно вести пропаганду российской науки, чтобы каждый студент знал, что ему есть чем гордиться.

«Рейтинги университетов, о которых сейчас так много говорят, важны и нужны, но они должны быть объективными и показывать качество обучения в данном вузе, — сказал В.А. Садовничий. — Тогда будет с чем сравнивать наши достижения, а не предаваться непродуктивному самобичеванию». Главным же выводом мероприятия стала резолюция о том, что, несмотря на все сложности и проблемы, которые необходимо решать, Российский союз ректоров готов взять на себя ответственность за дальнейшее развитие высшей школы. ■

Подготовила Наталия Лескова

Президент РАН Владимир Фортов

избран в две иностранные
академии наук



13 ноября 2014 г.

президент Российской академии наук Владимир Фортов стал членом-корреспондентом Королевской инженерной академии Испании (*RAI, Real Academia de Ingeniería*). Церемония вступления в академию прошла в одном из ее залов. Президент *RAI* Элиас Феререс вручил главе РАН медаль члена-корреспондента, отметив, что академия гордится тем, что в ее рядах появился такой ученый, как Фортов — «мировой авторитет в области солнечной энергетики».

В рамках события В.Е. Фортов выступил с презентацией на тему «Экстремальное состояние вещества на Земле и в космосе». Элиас Феререс выразил надежду на дальнейшее развитие инженерного сотрудничества между Испанией и Россией, которое продолжается уже более двух веков.



Королевская инженерная академия Испании (*RAI, Real Academia de Ingeniería*) — ведущая научно-техническая организация, основана в 1994 г. Находится на переднем крае технических знаний. Главный актив Королевской инженерной академии — 60 выдающихся специалистов, представляющих различные дисциплины. Академия служит своего рода

«мозговым центром по технике», объединяющим университеты, промышленные предприятия, органы государственного управления, средства массовой информации. В 2001 г. членом-корреспондентом Королевской инженерной академии стал другой видный российский ученый, лауреат Нобелевской премии по физике Жорес Алферов.



Как доводится до всеобщего сведения, настоящий диплом удостоверяет избрание Владимира Фортова иностранным членом Национальной академии наук Соединенных Штатов Америки в соответствии с положениями устава вышеуказанной академии, что предполагает наделение его всеми правами членства в упомянутой академии, включая наделение всеми предусмотренными в этом случае свободами, льготами и привилегиями. В подтверждение этого, а также для утверждения настоящего диплома, вышеуказанная академия прилагает свою печать, а также подписи своих руководителей. 29 апреля 2014 г.

Президент
 Вице-президент
 Секретарь по иностранным делам
 Секретарь по внутренним делам

Ральф Цицерон
 Дайана Гриффин
 Сьюзен Уэслер
 Майкл Клегг

Шестью месяцами ранее, в конце апреля 2014 г., В.Е. Фортов был избран действительным членом Национальной академии наук США (*United States National Academy of Sciences*). Академия наук США — старейшая и наиболее авторитетная научная организация, объединяющая ученых всех специальностей. Число членов академии составляет 2214 человек, из них иностранных — 444.

Иностранные члены академии работают на общественных началах, участвуют во всех заседаниях, выдвигают предложения по обсуждаемым вопросам. Среди иностранных членов Национальной академии наук США, представляющих Россию, — физики Жорес Алферов, Владимир Брагинский, Леонид Келдыш, математики Григорий Баренблатт, Людвиг Фаддеев, геолог Николай Соболев. ■



Национальная академия наук США (*United States National Academy of Sciences*) — частное некоммерческое объединение выдающихся ученых. Образована 3 марта 1863 г. актом Конгресса, подписанным президентом Авраамом Линкольном. Выступает «советником нации в вопросах науки, техники и медицины». На сегодня в академии состоят 2214 человек, из них иностранных членов — 444.

Около 500 членов академии — лауреаты Нобелевской премии. Новые академики избираются пожизненно, тайным голосованием. В разные годы в ее составе числилось свыше 60 российских ученых и выходцев из России. Академией руководит совет из 12 человек во главе с президентом. Президент и члены совета избираются на шесть лет, президент может быть избран не более чем на два срока.



СВОИМ СРЕДИ СВОИХ

С вице-президентом РАН, председателем Сибирского отделения РАН академиком Александром Асеевым мы встретились в московском аэропорту Шереметьево.

Сюда он прилетел из Минска, где его днем раньше приняли в иностранные члены Национальной академии наук Республики Беларусь. До рейса на Новосибирск было полтора часа ожидания, которые мы провели с пользой для журнала.



— Александр Леонидович, как проходили выборы в члены НАНБ?

— Если говорить про действительных членов, не иностранных, то выборы прошли совсем не просто. Было 24 вакансии, но выбрали только 16 человек. Это свидетельствует об острой конкуренции и достаточно жесткой борьбе за право быть избранным. В основном пострадали представители медицинских и аграрных наук, которые в НАНБ тоже, как и у нас в РАН теперь, в единой академии с физиками, химиками и т.д. Это говорит об отторжении структур, присоединенных в директивном порядке.

— Выбирали как в России, черными и белыми шагами?

— Членов НАНБ — тайным голосованием, а иностранных — открытым, и всех троих выбрали единогласно. Я бы сказал, с хорошим эмоциональным подъемом. Ко мне потом подходили многие участники, искренне поздравляли, правда, замечали: «Какой ты, Александр Леонидович, иностранный член? Ты наш». Но были и свои

сложности. Когда мне в сентябре пришло письмо от председателя президиума Белорусской академии наук академика Владимира Гусакова, я сначала серьезно его не воспринял. Позвонил Владимиру Григорьевичу, попросил, чтобы выбрали заочно. Он говорит: «Так не годится: 20 претендентов, и ты должен приехать из уважения к нашему решению». Пришлось ломать все планы и прямо с заседания президиума Иркутского научного центра 11 ноября лететь через всю страну из Иркутска в Минск.

В последний раз иностранные члены в Национальную академию наук Беларуси выбирались 14 лет назад. И в этом году, после такого длительного перерыва, выбрали троих. Вместе со мной был избран президент Австрийской академии наук, директор Института квантовой оптики профессор Антон Цайлингер. Третьим избрали президента Вьетнамской академии наук и технологий профессора Тъяу Ван Миня.

— Беларусь сотрудничает с академией Вьетнама?

— О таких академиях неспециалисты мало знают, а зря. С распадом Советского Союза наша наука



Вице-президент РАН, председатель Сибирского отделения РАН, академик Александр Леонидович Асеев

«разъехалась по своим квартирам». Что мы знаем об академиях наук Армении или Молдовы? А они активно интегрируются, правда, без старшего брата в лице Российской академии наук. Их сейчас собирают дружественные нам академии наук Украины, Беларуси и других стран СНГ. Патриарх украинской науки, президент Национальной академии наук Украины с 1962 г., академик Борис Евгеньевич Патон выступил в этом процессе интеграции инициатором. Он организовал Международную ассоциацию академий наук, объединяющую в основном академии наук стран СНГ.

От мала до велика

— Вы в Беларуси часто бываете?

— В этом году — второй раз. Был в январе на праздновании 85-летнего юбилея. И там «обнаружил», что есть Национальная академия наук Республики Армения, познакомился с ее президентом Радиком Мартиросовичем Мартиросяном. Приехали туда и представители науки Молдовы, Чехии, Польши и других стран.

РАН, которая почти прекратила такое сотрудничество и во многом утратила свою организующую роль, теперь замещают белорусы. У них идет взаимодействие и с вьетнамскими, и с китайскими учеными. НАНБ ведет очень активную международную политику, и это при том, что у них академия гораздо менее масштабная, чем РАН. В Беларуси академия тоже реформируется, но там реформы «добрые», направленные на повышение эффективности работы, на создание стимулов. Так что

присутствие президента академии наук Вьетнама в списке вновь избранных иностранных членов не случайно.

— Такие маленькие академии фундаментальной наукой не занимаются, у них только практическая?

— Почему? Фундаментальная наука тоже присутствует, но в других объемах. Страна небольшая, и она не может себе позволить развивать фундаментальные исследования по всему фронту. Там выбирают те научные школы и коллективы, которые нацелены на результаты мирового класса, и уже их поддерживают. Остальные должны переориентироваться преимущественно на прикладные работы.

— И в какой отрасли позиции наиболее сильные?

— У Беларуси замечательные результаты в работах по квантовым свойствам, квантовым явлениям, квантовым вычислениям. Маленькая Беларусь делает ставку на продвижение в этой области высокой науки. Это очень важно, поэтому и президент австрийской академии был выбран. Они успешно взаимодействуют в области квантовой физики.

Более того, вчера на встрече с премьер-министром при всей загруженности делами председатель Правительства Республики Беларусь профессор Михаил Владимирович Мясникович перед доктором Цайлингером заявил, что планирует увеличить участие Беларуси в этих сложных работах на переднем крае науки. Вот как ставится задача. А ведь здесь могут быть неожиданные результаты прорывного характера. То же касается биотехнологий. У нас в стране они развиваются, но слабо, масштаб не отвечает тому, что делается в мире.

— Вы про генные технологии?

— И про генные технологии, и про молекулярную биологию, биотехнологии, обеспечивающие повышение урожайности, защиту от болезней. В Беларуси работы в этой области идут очень активно. Конечно, они уступают американским Национальным институтам здоровья, но твердо настроены получать здесь хорошую отдачу.

Если говорить о микроэлектронике, то прошедшее в последние годы переоснащение белорусского объединения «Интеграл» дало возможность реально поставлять интегральные схемы российским потребителям. Его можно сравнить с нашим флагманом, зеленоградским «Микроном». «Интеграл» по проектной норме уступает нашему «Микрону», в котором освоена проектная норма 0,09 мкм, речь идет о 0,065 мкм. Они отстают от ведущих компаний мира, от IBM, Intel, AMD, но производят востребованную продукцию. О значении производства электронной компонентной базы для современной промышленности хорошо известно, и работа Республики Беларусь в этой области очень важна, в том числе и для целей Союзного государства.

Государственное дело

— Если не принимать в расчет размер и масштабность, в чем основные отличия НАНБ от РАН?

— Во взаимоотношениях с государством. Как я уже упомянул, состоялась серьезная встреча с премьер-министром Республики Беларусь — председателем Совета

министров профессором М.В. Мясниковичем. Он пересел в кресло премьер-министра из кресла председателя президиума Национальной академии наук Беларуси (аналог нашей должности президента академии). Можно ли представить, чтобы президент РАН в России стал премьер-министром? А в Беларуси академия наук полностью встроена в правительственную вертикаль и, соответственно, пользуется государственной поддержкой. Правительство озабочено тем, чтобы наука развивалась достойно. За последние годы академия наук Беларуси сильно изменилась. Она непосредственно включает, кроме чисто академических институтов, громадное число предприятий: КБ, холдингов, структур, заводов, фабрик, которые должны выпускать реальную продукцию. Ситуация, которая у нас кажется фантастической, — а у них это реальность.

государственной важности, а у нас РАН сегодня ограничивают экспертной деятельностью, передав все институты в ФАНО. В результате к работе привлекаются малокомпетентные люди, и получается по Черномырдину: «Хотели как лучше, а получилось как всегда».

— Российскую академию тоже уже полтора года как встроили в государственную вертикаль. Я имею в виду создание Федерального агентства научных организаций, к которому перешла академическая ответственность.

— У нас академия реформируется по-другому, я пока вижу от наших реформ только разрушительный эффект. У нас много прекрасных институтов, научных коллективов, но их как будто не замечают. Много хорошего планируется безжалостно отсечь, уничтожить, ликвидировать под лозунгом структуризации системы научных учреждений.


В Беларуси проявили государственную мудрость, там реформы также проходили под жестким правительственным контролем, но они были полностью осмысленными: во-первых, чтобы не погасли, а получили развитие очаги фундаментальной науки, во-вторых, чтобы институты и организации академии обеспечили на выходе получение реального, востребованного продукта. В стране смогли соблюсти необходимый баланс между классической фундаментальной наукой и прикладными исследованиями. Академическая наука Беларуси живет и развивается, хотя она и встроена в систему государственного администрирования. Нет разговоров о том, что все старое надо уничтожить как наследие

прошлого или что структура не встраивается в вертикаль власти. Не встраивается, так встраивайте! Нет более государственных людей, чем научные сотрудники, и мы как работали над решением важных для страны проблем, так и работаем. Я даже не прошу помогать — хотя это естественная ситуация, когда государство помогает науке. Не мешайте бюрократической круговертью и излишним администрированием.

Сегодня в Беларусь едут руководители весьма авторитетных научных организаций. Антон Цайлингер прилетел из Оксфорда. Он понимает, что в Беларуси есть серьезные результаты в области квантовой физики, есть квалифицированные кадры и сотрудничество с ней может принести большую пользу. Конечно, материальное оснащение белорусских институтов пока уступает тому, что есть у нас или в мире. Но они это хорошо восполняют работой в международных коллаборациях. Поэтому белорусы и заинтересованы в сотрудничестве с Сибирским отделением РАН.

— Именно с Сибирским?

— Не только, но в основном. В РАН есть хорошие примеры практического применения результатов фундаментальных исследований, но именно в Сибирском



Сегодня в Беларусь едут руководители весьма авторитетных научных организаций. Они понимают, что в Беларуси есть серьезные результаты в области квантовой физики, есть квалифицированные кадры и сотрудничество с ней может принести большую пользу

— Это хорошо или плохо?

— В целом включенность академической системы в государственную систему администрирования или правительственной вертикали — это, на мой взгляд, абсолютно верно. У нас сейчас пытаются выдавливать академию наук из области реальной научной деятельности, а в Беларуси она не только вовлечена в этот процесс, но ей поручаются ответственные государственные задачи.

Белорусская академия наук выполняет такие задания, как составление энергетического баланса страны, контроль импортных закупок. Вот у нас, например, как? Поставили задачу повышения уровня медицины — сразу стали скупать по всему миру очень дорогие приборы для МРТ, КТ и т.д., причем по сильно завышенным ценам, и поставлять в те организации, где нет специалистов, умеющих с ними работать. А там академия наук предложила систему, которая упорядочивает процесс. В первую очередь рассматриваются возможности по закупкам внутри страны или по поддержке предприятий, которые могут заменить импорт. Проблема импортозамещения у них стоит давно и решается достаточно успешно. И поручено это академии наук — наиболее компетентной и прозрачной системе. Там она реально выполняет дела

отделении это часть нашей философии по обеспечению признанной всеми эффективной научной работы. У нас принято еще со времен основания СО РАН, что обязательно должны быть практические результаты от исследований.

Казалось бы, каких прикладных результатов можно ожидать от НИИ, занимающегося физикой элементарных частиц? Однако Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН твердо занимает свою нишу на мировом рынке оборудования для мощных ускорителей. Только за последнее десятилетие ИЯФ поставил за рубеж более 100 установок, среди покупателей — Китай, Южная Корея, Япония, США, Германия, Чехия, Индия, Польша, Италия. ИЯФ производит важнейшие узлы

сестре». Уровень ее компетенции традиционно всегда был очень высок, как высок и уровень научной квалификации и человеческого потенциала.

Белорусский след

— Много у вас, в сибирских институтах, работает белорусских специалистов?

— Не просто работает, вся наша история с ними связана. У истоков Сибирского отделения стояли два великих белоруса. Первый — академик Андрей Алексеевич Трофимук, родом из Брестской области. В 1944 г. он получил звание Героя Социалистического Труда за открытие башкирской нефти. Он в числе первых немногих академиков переехал из Москвы в Новосибирский Академгородок, который еще только начал строиться.

— Я его помню. Это он в конце 1990-х гг. отказался принять орден «За заслуги перед Отечеством» в знак несогласия с политической государственной.

— Совершенно верно, человек с удивительно сильной гражданской позицией. Второй — академик Валентин Афанасьевич Коптюг, 17 лет был председателем Сибирского отделения. Сегодня его именем названа научная премия, параллельно вручаемая нами, Сибирским отделением, и НАН Беларуси за выдающиеся результаты совместной научной работы.

Но у нас в Сибири всегда работали и работают белорусы, русские, украинцы, татары, евреи, и т.д. И никогда здесь никого не делили по национальности и происхождению. У нас людей ценят за человеческие качества:

культуру, ум, талант, трудолюбие. В этом плане белорусы прекрасно встраиваются в то, что происходит в Сибири. Для нас они всегда были равноправными партнерами. По результатам наших интеграционных проектов уже появились несколько монографий, одна из которых, «История белорусов в Сибири», была отмечена премией имени академика В.А. Коптюга, о которой я говорил.

Год за годом

— Как для Сибирского отделения прошел этот сложный для российской науки год? Что сделано интересного?

— У нас работа идет хорошо, захватывающе, и мне даже сложно выделить что-то наиболее интересное.

На этой неделе я участвовал в заседании президиума Иркутского научного центра. Там полным ходом движется создание национального гелиогеофизического комплекса, который коренным образом изменит ситуацию с исследованиями Солнца, околоземного пространства и космической погоды. Работа эта поддерживается корпорацией «Ростехнология». Есть решения правительства; ФАНО, как мне с гордостью сообщил его руководитель Михаил Михайлович Котюков, подписало все необходимые бумаги о финансировании. Более того, есть прямое одобрение проекта президентом и правительством страны. Понятно, что результаты будут позже,



У истоков Сибирского отделения стояли два великих белоруса. Первый — академик А.А. Трофимук, второй — академик В.А. Коптюг, который 17 лет был председателем Сибирского отделения

и агрегаты для таких проектов, как Большой адронный коллайдер, лазер на свободных электронах, *ITER* и т.д. Институт катализа производит продукты малотоннажной химии, катализаторы. Омский институт проблем переработки углеводородов снабжает катализаторами семь крупных нефтеперерабатывающих комбинатов. У них налажен синтез углеродных материалов, которые используются в самых разных областях. Например, производятся автомобильные шины в арктическом исполнении — с углеродными добавками.

Наши институты встроены в программы развития предприятий оборонно-промышленного комплекса. Если с ними что-то случится, встанет целое направление, связанное с инфракрасной техникой и с СВЧ-техникой.

— Зачем белорусской НАН нужно Сибирское отделение РАН, вы рассказали. А в чем ваш интерес?

— Хорошая основа для наших отношений — экономическая взаимодополняемость. Сегодня Беларусь — это страна, которая делает ставку на высокие технологии, как Япония или Южная Корея. А Сибирь всегда была и будет источником минерально-сырьевых ресурсов, хотя и высокие технологии в Сибири тоже развиваются. Поэтому они у нас получают доступ к ресурсам или к методам работы с ними, а мы получаем к ним доступ. Кроме того, мы вовсе не относимся к НАНБ как к «младшей

когда все заработает. Но важно уже то, что взят курс на новое качество работ в области исследования солнечной активности, ионосферы, контроля околоземного пространства, наблюдений за космической погодой.

На масштабную программу проведения второй Якутской комплексной экспедиции вышел Якутский научный центр. Первая прошла 90 лет назад, в 20-х гг. прошлого столетия. Она работала больше пяти лет. В результате мы получили богатейшие алмазные месторождения, Северный морской путь, открыли и освоили залежи угля в Южной Якутии, источники питьевой воды для крупных городов типа Якутска и т.д. Сегодня добыча нефти и газа постепенно перемещается на восток, и углеводородные месторождения Якутии начинают играть все более важную роль в наполнении газопровода «Сила Сибири», а нефтепровод ВСТО (нефтепровод Восточная Сибирь — Тихий океан) прямо проходит по Якутии, т.е. ее территория исключительно привлекательна для инвестиций. Особого внимания заслуживают так называемые попигайские алмазы. Это не те алмазы, которые образуются в кимберлитовых трубках и которые используются в ювелирной индустрии. У попигайских алмазов импактное происхождение. Они образовались 36 млн лет в результате столкновения Земли с многокилометровым астероидом. Для ювелиров они ценности не представляют, зато на их основе производят сверхпрочные материалы. Их абразивные свойства превосходят свойства искусственных алмазов.

Кроме того, Якутия — кладь редкоземельных металлов. Сейчас их рынок ограничен и полностью контролируется Китаем. А редкоземельные металлы — это основа для получения высокопрочных конструкционных материалов, повышения качества магнетиков и т.д.

— Одно из главных событий года, санкции против России, сильно отразились на науке?

— Я бы не сказал, что сильно. Где-то есть задержки с визами, поскольку визы, например, в США выдает Госдепартамент, а его лирика насчет научного взаимодействия не сильно интересует. Там рубят сплеча. Был скандал с академиком В.А. Тишковым, которого не пустили в Эстонию. Но нельзя сказать, что это массовое явление. Наука интернациональна, и, более того, наши иностранные партнеры внимания на эти санкции не обращают.

Академик Алексей Ремович Хохлов проводил в июле этого года в МГУ большую международную конференцию. Там было десять пленарных докладов, из них шесть делали американцы. Все они приехали и сделали доклады. Они на санкции не обращают внимания — важные научный результат и эффективное взаимодействие ученых.

— Сейчас идут интеграционные процессы, все объединяются. В этом году исполнилось 15 лет с момента объединения России и Беларуси в рамках Союзного государства. У нас есть союзный парламент, союзный Совмин. Как считаете, не стоит ли нам сделать Союзную академию наук — вместе с белорусами?

— Вообще, хорошая мысль. Только если мы выживем после наших реформ. Так что об этом можно будет

говорить лишь в том случае, если от РАН после реформирования останется дееспособная и эффективно работающая организация. Давайте тогда к этому вопросу и вернемся.

— Чего нам ждать от науки в 2015 г. — от российской, белорусской и мировой?

— Сейчас в мировой экономике идут деструктивные процессы. Хотя экономисты регулярно получают Нобелевские премии, но что происходит, толком никто сказать не может. Тем более что в экономические процессы все больше вмешивается политика. Я думаю, очень важно именно сейчас прийти к новому пониманию мировых экономических процессов, в которых завязаны и Россия, и Беларусь. Здесь надо ждать серьезного прогресса.

Ускоренно будет развиваться биология, наука о здоровье. Нас сегодня пугает лихорадка Эбола, завтра может появиться еще что-то, не менее серьезное. Здесь работа должна выйти на новое качество. Не обязательно в течение следующего года, может быть и пятилетний срок, и десятилетний, главное — идти по правильному пути. Постепенно наука продвигается в решении этих проблем.

В ближайшем будущем мы должны узнать много интересного и многое сделать по Арктике: чисто практические вещи, связанные с полезными ископаемыми, экологией, транспортными путями. На севере Ямала сейчас реализуется грандиозная программа, прокладываются новые транспортные морские проводки, железная дорога, которую начинали строить еще в послевоенное время.

— Неужели легендарную недостроенную транспортную магистраль 501–503 Салехард — Игарка восстанавливают?

— Да. Только не восстанавливают, там восстанавливать нечего, а строят заново. Арктика для нас вообще представляет собой один из главных объектов приложения сил. Россия фасадом обращена на север. И кроме нас никто не способен работать в холодах, в условиях вечной мерзлоты и полярной ночи. Сейчас в Новосибирске снега уже по колено, для нас это нормально, а когда мы общались с президентом академии наук Вьетнама и его вьетнамскими коллегами, они были достаточно сильно озабочены сибирскими морозами и прохладной погодой в Минске — ведь во Вьетнаме, можно сказать, вечное лето.

— До Нового года остались считанные недели. Что вы пожелаете нашим читателям?

— Я думаю, главное — не терять оптимизма, верить в свои силы и в науку, без которой решить мучающие нас проблемы развития просто невозможно. Здесь обратная зависимость: не будет науки — будут проблемы, будет наука — не будет проблем. Или, по крайней мере, они будут легко решаться. И, безусловно, всем здоровья, удачи, семейного благополучия. А нашим крупным ученым — побольше молодежи: последователей, талантливых учеников, которые подхватят и разовьют все то хорошее, что создали их предшественники. ■

Беседовал Валерий Чумаков



СТЕНА НА СЛОМ

*На международной научной конференции *Falling Walls*, проходившей в Берлине с 8 по 10 ноября, вице-президент РАН, директор Института космических исследований **Лев Матвеевич Зеленый** встретился с канцлером ФРГ **Ангелой Меркель**. Впервые за одним круглым столом собрались руководители пяти ведущих национальных академий мира. О своих впечатлениях от форума **Лев Зеленый** рассказал нашему журналу*

Сразу уточню: я изначально не рвался в Берлин, но меня попросил президент РАН Владимир Фортов. Сказал, что организаторы важной научной конференции пригласили одного из руководителей нашей академии выступить в качестве со-модератора. В итоге мне там понравилось, и я надеюсь, что мое участие будет иметь серьезные последствия, если совершенно спонтанное предложение, высказанное мною в конце мероприятия, сработает. А вероятность этого весьма велика.

Впервые международная научная конференция *Falling Walls* («Падающие стены») прошла в Берлине пять лет назад, в день 20-летней годовщины падения Берлинской стены. С тех пор она собирается ежегодно. Под понятием «падающие стены» здесь имеется в виду не столько Берлинская стена, сколько падение всяческих стен в сознании, в предрассудках, в инерции мышления, в наших знаниях о мире. Стены ведь существуют везде, построенные и людьми, и природой, и мы с ними сталкиваемся постоянно.

Предварительно организаторы *The Falling Walls Foundation* устраивают по всему миру конкурсы молодых ученых — в том числе и у нас, в России. Магистры, бакалавры, аспиранты, предприниматели пишут сочинения, делают доклады, у них идет свое соревнование. Победителей приглашают на конференцию, оплачивают им все расходы. Престиж *Falling Walls* в научном сообществе достаточно высок, принять участие в конференции хотят многие, соответственно, и конкуренция среди соискателей достаточно серьезная, и уровень работ высок. К сожалению, Россия до последнего времени участвовала в конференции очень слабо. Однако времена меняются, и на нынешнем форуме единственный пока представитель молодой российской науки Артем Сотников из Екатеринбурга показал себя очень достойно. Об этом я еще расскажу.

В этом году, в связи с 25-летием падения Берлинской стены и ролью в этом Михаила Горбачева, формат мероприятия был существенно изменен. Его сделали значительно более торжественным и официальным.

Канцлер ФРГ Ангела Меркель: «У наших стран есть различия и разночтения в некоторых вопросах, но нам надо встречаться, необходимо обсуждать важные вопросы, и ученые в этом процессе могут сыграть особую роль»



Разумеется, пригласили М.С. Горбачева, которого в Германии очень любят. Это был большой праздник, на улицы Берлина вышли тысячи людей.

Пригласили главу государства Ангелу Меркель, которая должна была открывать мероприятие, а также представителей четырех академий *four powers* — стран-союзников, освобождавших Берлин в 1945 г. Это Советский Союз, ныне Россия, Британия, Франция и Соединенные Штаты. Кроме того, участвовала немецкая академия «Леопольдина», которая среди других все больше играет центральную роль.

От «союзных» академий было два президента и два вице-президента. Россию представлял я как вице-президент РАН. От США приехала вице-президент американской академии Дайана Гриффин. Был президент французской академии Филипп Таке. Это очень приятный человек и известный палеонтолог, он открыл девять новых динозавров, и он очень дружен с российскими палеонтологическими музеями. Великобританию представил президент Лондонского королевского общества, считающегося британской академией наук, замечательный медик и биолог, лауреат Нобелевской премии сэр Пол Нерс.

Открытие конференции прошло в субботу 8 ноября в Новой национальной галерее Берлина. Открывала конференцию лично канцлер Германии Ангела Меркель. Я стоял рядом с трибуной. Когда Меркель проходила мимо, она обратила внимание на мою табличку «Российская академия наук» и заговорила со мной, причем порусски. Она же родилась в ГДР, была активисткой Союза свободной немецкой молодежи, так что в школе изучала русский язык и, как я понял, владеет им весьма неплохо. Канцлер сказала, что очень рада видеть на конференции российских ученых, что в науке продолжают

«Леопольдина» — старейшее немецкое общество естествоиспытателей, основанное еще в середине XVII в. Название свое получила в честь императора Священной Римской империи Леопольда I, который утвердил ее в качестве академии империи «для наблюдения природы». В 2007 г. «Леопольдина» получила официальный статус Национальной академии наук Германии.

контакты. «Конечно, у нас есть различия и разночтения в некоторых вопросах, — сказала она мне (понятно, что она имела в виду), — но нам надо встречаться, необходимо обсуждать важные вопросы, и ученые в этом процессе могут сыграть особую роль». Это был полный экспромт, всего несколько предложений, и мне было очень приятно видеть ее открытость, доступность и доброжелательность.

По традиции, первым мероприятием была *Falling Walls Lab*. На ней выступило 100 магистров и бакалавров из 18 стран. У каждого из них было три минуты на то, чтобы рассказать о своем проекте. Победил представитель берлинской *Design Research Lab*, рассказавший о новой технологии общения для глухих. Это очень интересная разработка, способная действительно помочь людям с дефектами слуха. На втором месте оказался египтянин из Университета Альберты в Канаде, изучивший влияние ультрафиолета на выработку инсулина у больных сахарным диабетом I типа. И третье место присудили исследователям из Южной Африки за создание новой эффективной системы очистки сточных вод, что важно не только для жителей Африки. Как видите, все работы практические и призваны помочь людям. Победителям полагались денежные призы, (от 500 до 1 тыс. евро), но это не главное. Главное для настоящего молодого ученого — признание полезности его действий на серьезном международном научном уровне.

В тот же день состоялся форум *Falling Walls Venture*, на котором было представлено 20 венчурных проектов. Очень хорошо, как я уже говорил, выступил один из руководителей молодой инновационной уральской компании «БиоМикроГели» Артем Сотников. Он представил действительно уникальный продукт на основе целлюлозы, с помощью которого можно очищать воду от нефтяных загрязнений. Созданный гель обволакивает капли нефти упругой пленкой, частицы слипаются между собой, образуя микрокапсулы. В таком состоянии нефть гораздо легче извлекать из воды. Разработками уральцев сразу заинтересовался французский нефтегазовый гигант *Total*.

На следующий день началась собственно конференция. Она состояла из четырех сессий, каждую из которых вел кто-то из приглашенных руководителей

национальных академий. Сессия включала четыре доклада по 15 минут. Я вел вторую сессию, и у меня были очень интересные доклады. Падение стен в нашем знании о Вселенной — открытие экзопланет. Читала доклад профессор астрономии Корнеллского университета, директор Института *Pale Blue Dot* («бледно-голубая точка», знаменитая фотография Земли, сделанная зондом «Вояджер-1» с рекордного расстояния, показывающая ее на фоне просторов космоса) Лиза Кальтенеггер. Я с ней немного поспорил, поскольку мой институт тоже занимается этой проблемой. О падении стен, отделяющих Африку от другого мира, рассказал директор Африканского института математических наук Тьерри Зомахун. Доклад о падении энергетических стен при производстве топлива из возобновляемых источников сделал профессор химии Калифорнийского технологического института Натан Льюис. Доклад о том, как в стенах открываются двери для новой журналистики, когда она переходит в цифровую, интерактивную, представлял известный журналист и редактор газеты «Гардиан» Алан Расбриджер. В своей области он очень известен, примерно так же, как у нас в среде российских ученых известна руководитель вашего журнала и телекомпании «Очевидное — невероятное» Светлана Попова.

Ближе к завершению мероприятия прошел круглый стол руководителей академий. Там был очень интересный, но, к сожалению, очень короткий разговор о том, что необходимо сделать в науке. Каждый говорил о том, что ему ближе. Я о физике, о темной энергии, о новых, ожидающих нас в ближайшем будущем, открытиях — и о том, что нам нужно лучше знать наше Солнце, в атмосфере которого человечество живет и от которого полностью зависит. Наша «домашняя» звезда влияет на жизнь людей через множество каналов, о которых мы раньше ничего не знали. Знали про климат, про фотосинтез, но есть еще магнитные поля, наведенные электрические токи, которые существенно влияют на здоровье людей, на различные технические системы. Нам надо учиться правильно жить в атмосфере пусть не очень большой, но все-таки еще и не очень пожилой

Несмотря на название, Новая национальная галерея Берлина не такая и новая. Построили ее по проекту знаменитого немецкого архитектора Людвиг Миса ван дер Роз еще в 1968 г. Сегодня здание галереи считается чуть не мировой иконой модернизма. К конференции ее подготовил и украсил другой известный архитектор — англичанин сэра Дэвид Чипперфилд.

звезды, которая иногда вполне может и «взбрыкнуть». К сожалению, мы не всегда относимся к этому серьезно.

Формат этого круглого стола показался мне настолько удачным, что я предложил сделать такие встречи руководителей академий, которая сейчас прошла в Берлине, регулярными и даже ежегодными. Откровенно говоря, я и не ожидал, что нашу идею воспримут всерьез, тем более что конференция уже подходила к концу и люди готовились к отъезду. Но вдруг все подхватили это предложение и объявили очень удачным и перспективным. Потом за него ухватились организаторы *Falling Walls* — и сказали, что постараются повторить встречу глав академий на следующий год. В этом году она прошла в первый раз, именно благодаря юбилейному формату, но, возможно, теперь она станет хорошей традицией, поскольку такой научный саммит лишним быть просто не может, тем более что последующие встречи будут уже больше посвящены науке. В этот раз многое шло все-таки под знаком падения Берлинской стены, поэтому было велико влияние различных политических аспектов. Я даже думал о том, чтобы пригласить руководителей академий в Россию. Но берлинцы за это так рьяно взялись, что я понял: в ближайшие годы это вряд ли получится. У Берлинского фонда все прекрасно отработано, и первая встреча как прецедент прошла именно в рамках их мероприятия. Но, думаю, если идея приживется и начнет развиваться, то мы обязательно устроим одну из подобных встреч в Москве или в другом российском городе. ■

Подготовил Валерий Чумаков



! Справка

Лев Матвеевич Зеленый

Советский и российский физик, доктор физико-математических наук, профессор, специалист в области физики космической плазмы. Директор Института космических исследований РАН (с 2002 г.).

- ✓ Родился в Москве. В 1972 г. окончил факультет аэрофизики и космических исследований МФТИ. С 1972 г. работает в Институте космических исследований РАН.
- ✓ Лауреат премии Фонда Гумбольдта 2000 г., премии Президента РФ в области образования 2004 г., удостоен наград Международной академии astronautики за научные исследования, ордена «Офицерский крест» за развитие российско-польских научных связей.
- ✓ С 2008 г. — академик РАН, отделение физических наук (физика и астрономия).
- ✓ В 2008 г. избран иностранным членом Национальной академии наук Украины и Болгарской академии наук.
- ✓ С 2013 г. — вице-президент РАН.



Полярные глаза: VICEP2 — телескоп, установленный на станции Амундсен — Скотт на Южном полюсе; с января 2010 г. по декабрь 2012 г. телескоп наблюдал один и тот же небольшой участок неба: его целью был поиск проявлений первичных гравитационных волн в самом старом свете Вселенной



Лоуренс Краусс

Большого взрыва

Дискуссии о возможном обнаружении идущих из ранней Вселенной гравитационных волн находятся под постоянным пристальным вниманием ученых. Будучи подтвержденным, это открытие позволит установить связь между гравитацией и квантовой теорией и, быть может, даже доказать существование других вселенных

ОБ АВТОРЕ

Лоуренс Краусс (Lawrence M. Krauss) — физик-теоретик и космолог из Университета штата Аризона.



В марте 2014 г. группа ученых, работающих на микроволновом телескопе на Южном полюсе, опубликовала сообщение, взволновавшее научное сообщество. В нем говорилось об обнаружении гравитационных волн, рожденных в первые мгновения после Большого взрыва.

Наблюдения, будучи подтвержденными, окажутся важнейшими за последние десятилетия. Ученые смогут с определенностью сказать, как зародился наш мир, в то время как пока им приходится только спекулировать на эту тему. Кроме того, окажется возможным связать в единое целое лучшие теории субатомного (квантового) мира с лучшими теориями гравитации, описывающими массивные тела в космосе, основанными на общей теории относительности Эйнштейна. И, наконец, можно будет предоставить убедительные (пусть даже пока и косвенные) доказательства существования иных миров.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- В начале 2014 г. ученые сообщили о возможном открытии гравитационных волн, рожденных в первые моменты после Большого взрыва.
- Если открытие будет подтверждено, то ученые получат возможность исследовать уникальные физические процессы на стыке теории относительности и квантовой теории.
- Быть может, удастся получить косвенные свидетельства существования мультивселенной — бесконечного пространства с бесконечным набором отдельных вселенных.

Как только поступило сообщение об открытии гравитационных волн, многие ученые задались вопросом, насколько оно реально. Скептицизм послужил основанием для организации большого количества новых независимых наблюдений, результаты которых будут известны уже в следующем году, что позволит окончательно подтвердить или опровергнуть анонсируемое открытие. Нам не придется долго ждать: скоро станет известно, действительно ли перед нами маяк ранней Вселенной, ведущий к ее неразгаданым тайнам.

Дорога к теории инфляции

Как родилась эта теория? Все началось с двух кажущихся парадоксов ранней Вселенной (разрешению которых сможет помочь открытие гравитационных волн).

Первая загадка относилась к свойствам крупномасштабной геометрии Вселенной. Сформировавшись в результате Большого взрыва около 13,8 млрд лет назад, Вселенная на протяжении всей своей жизни расширяется. Однако даже после такого длительного периода расширения Вселенная остается практически плоской. Мы живем в трехмерной плоской Вселенной, в которой лучи света (в среднем) распространяются по прямым линиям.





Однородная Вселенная. На больших масштабах наша Вселенная выглядит однородной по всем направлениям. На снимке экстремально глубокого поля можно видеть, что в среднем плотность галактик одинакова. На площадке, по площади меньшей полной Луны, в результате многочасовых наблюдений Хаббловского космического телескопа были выявлены тысячи галактик. Однородность Вселенной на сверхбольших масштабах может быть объяснена экстремально быстрым расширением пространства сразу же после Большого взрыва.

Проблема в том, что такая плоскостность Вселенной маловероятна с точки зрения общей теории относительности. Если вещество или излучение — доминирующие формы энергии Вселенной, то небольшие отклонения от плоскостности с расширением будут только нарастать. Даже крошечное отклонение от плоскостности в ранней Вселенной привело бы к настоящему моменту к тому, что Вселенная была бы либо открытой (геометрия седловой поверхности), либо замкнутой (геометрия сферы). Для того чтобы Вселенная была плоской сегодня, необходимо, чтобы она была с огромной точностью идеально плоской в далеком прошлом.

Второй парадокс заключается в том, что Вселенная выглядит одинаково во всех направлениях: она изотропна. Это очень странно. Свет от поверхности последнего рассеяния успел добраться до нас, но не до областей «по другую сторону» от нас. Иначе говоря, области внутри нашей Вселенной (*превосходящие размерами три градуса*. — *Примеч. пер.*) никогда не сообщались друг с другом ни сейчас, ни в прошлом (они причинно не связаны). Но тогда каким же образом они стали такими похожими?

В 1980 г. молодой физик Алан Гут размышлял над этими двумя парадоксами и нашел решение: наша

Вселенная могла стремительно раздуться сразу же после Большого взрыва. Гут пришел к модели, которую назвал «инфляционной», размышляя о ключевом разделе физики элементарных частиц, а именно о спонтанном нарушении симметрии в стандартной модели и о последовательном обособлении физических взаимодействий при таких нарушениях.

Имеется доказательство, что спонтанное нарушение симметрии имело место во Вселенной по крайней мере один раз. Согласно теории электрослабого взаимодействия, два фундаментальных физических взаимодействия — электромагнитное и слабое — предстают перед нами различными из-за некоего «катаклизма» в ранней Вселенной. Когда-то давно эти взаимодействия были единым целым.

Вселенная с расширением охлаждалась. Когда Вселенной было от роду несколько миллионных долей от одной миллионной доли секунды, то произошел фазовый переход (сродни тому, как происходит образование кристалликов льда в охлаждаемой жидкости), который изменил природу пустого пространства-времени. Вселенная не была на самом деле пустой, она была заполнена особым фоновым полем (аналогией могло бы послужить

ОТ ИНФЛЯЦИИ К ГРАВИТАЦИОННЫМ ВОЛНАМ НА ПОЛЯРИЗОВАННОМ СВЕТЕ

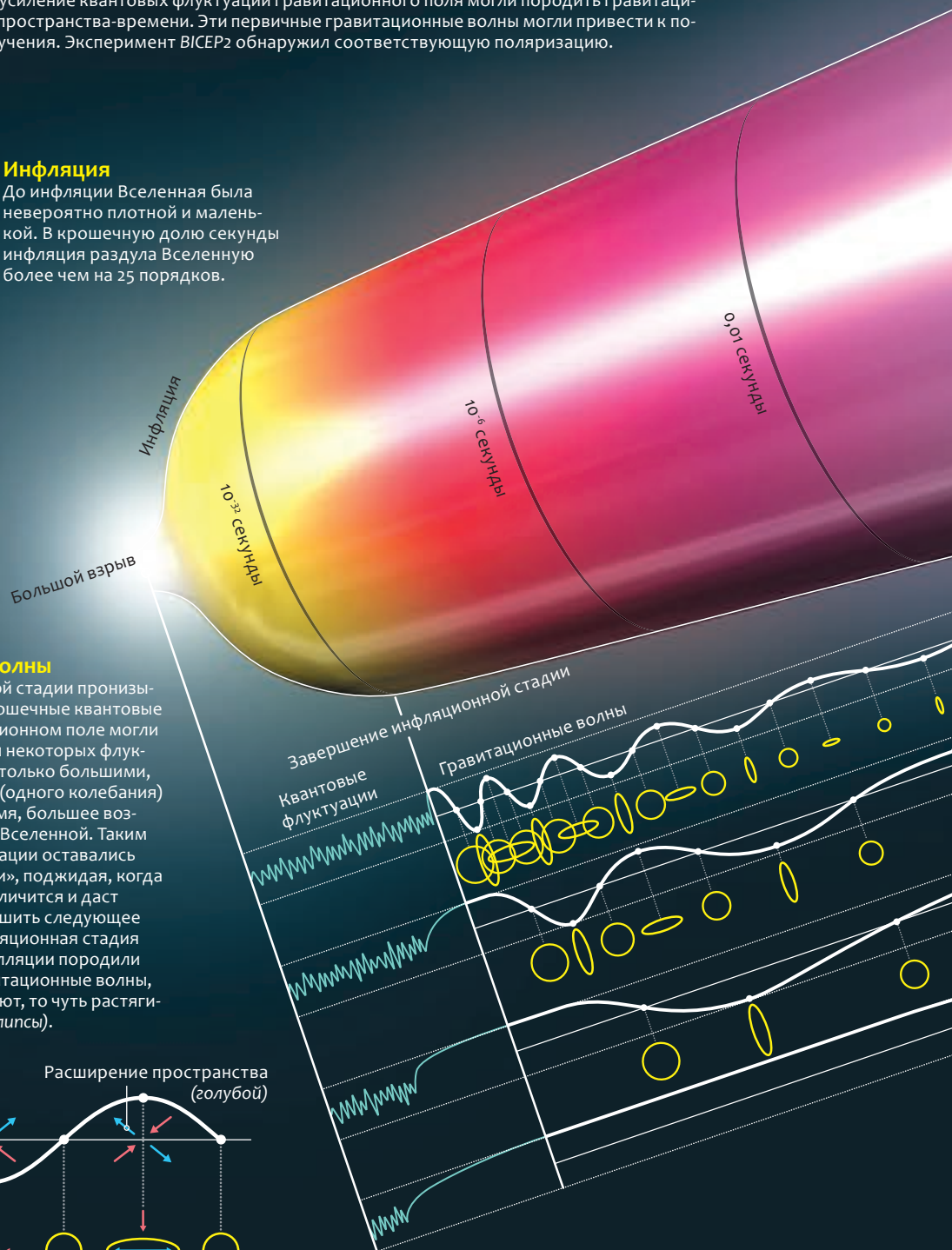
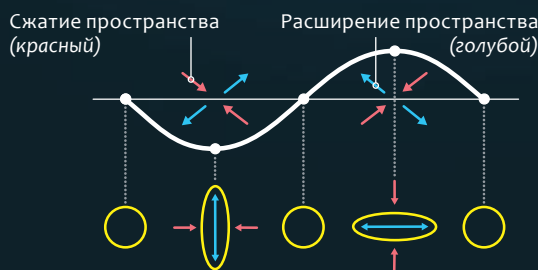
Доказательство существования инфляционной стадии в ранней Вселенной, когда она стремительно растянулась сразу же после своего рождения, мы могли бы найти в самом первом свете, который мы можем наблюдать: космическом микроволновом фоновом излучении. Этот свет был испущен через 380 тыс. лет после Большого взрыва. Во время инфляции усиление квантовых флуктуаций гравитационного поля могли породить гравитационные волны, рябь на ткани пространства-времени. Эти первичные гравитационные волны могли привести к поляризации реликтового излучения. Эксперимент *WMAP* обнаружил соответствующую поляризацию.

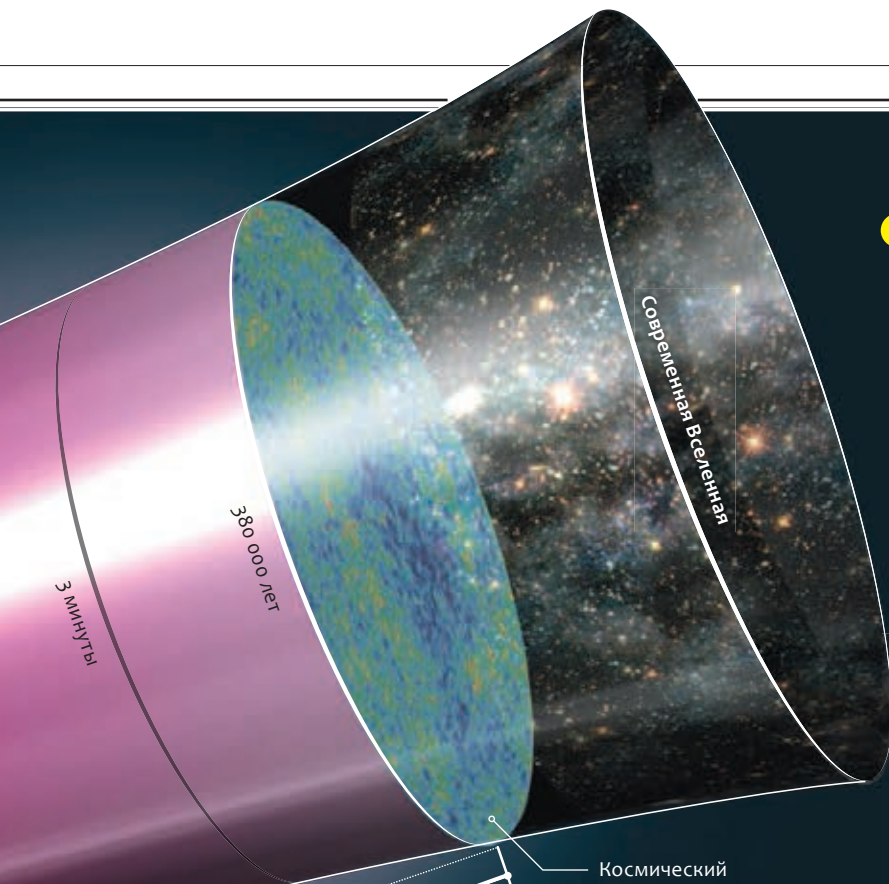
1 Инфляция

До инфляции Вселенная была невероятно плотной и маленькой. В крошечную долю секунды инфляция раздула Вселенную более чем на 25 порядков.

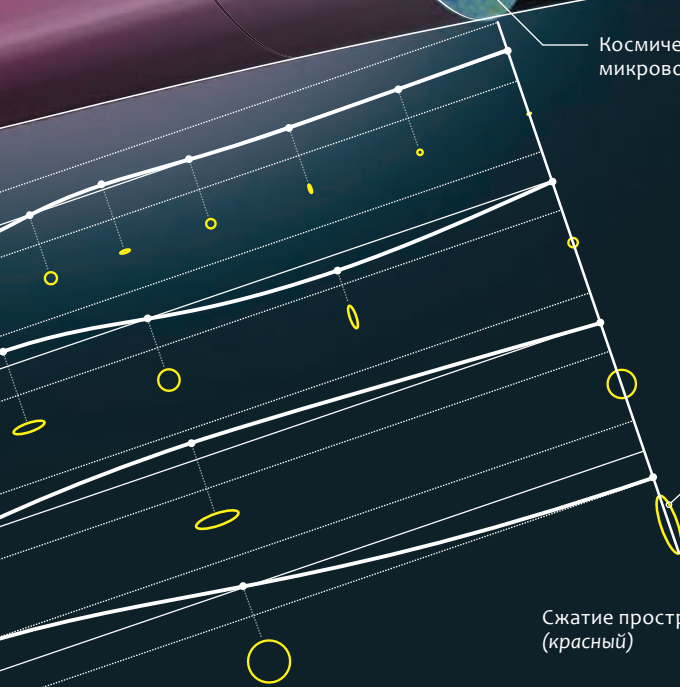
2 Гравитационные волны

Во время инфляционной стадии пронизывающие Вселенную крошечные квантовые флуктуации в гравитационном поле могли быть растянуты. Длины некоторых флуктуаций могли стать настолько большими, что для их осцилляции (одного колебания) потребовалось бы время, большее возраста тогдашней юной Вселенной. Таким образом, такие флуктуации оставались как бы «вмороженными», ожидая, когда возраст Вселенной увеличится и даст им возможность совершить следующее колебание. Когда инфляционная стадия завершилась, эти осцилляции породили длинноволновые гравитационные волны, которые то чуть сжимают, то чуть растягивают пространство (эллипсы).





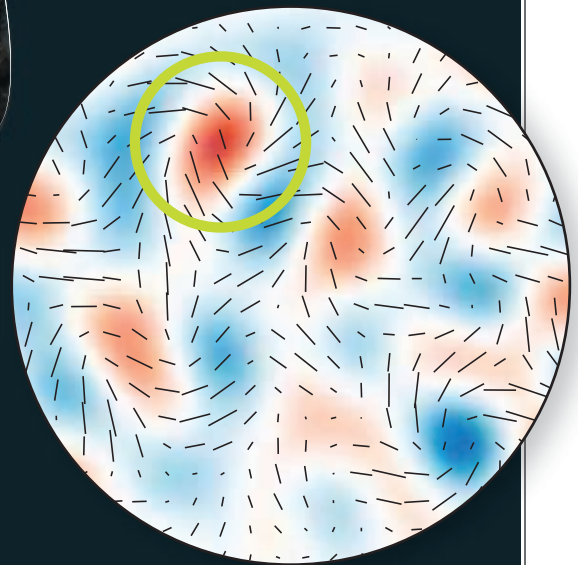
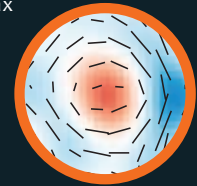
Космический микроволновой фон



Самые длинноволновые гравитационные волны с самыми большими амплитудами наиболее сильно сжимают и растягивают пространство

4 «Флюгеры»

Поляризация может быть различных типов. Обычная температура и флуктуации плотности в пространстве обладают круговой поляризацией (оранжевый кружок). Гравитационные волны создают направленную поляризацию (внизу). Красные пятна указывают области сжатого пространства, в таких потенциальных ямах скапливаются фотоны, отчего температура этих областей повышается. Голубым отмечены более холодные области.



3 Поляризация

Сжатие и растяжение пространства, вызываемые гравитационными волнами, могут влиять на амплитуды рассеянного микроволнового реликтового излучения, которые чуть увеличиваются в одном направлении и чуть уменьшаются в другом, т.е. реликтовое излучение приобретает поляризацию.

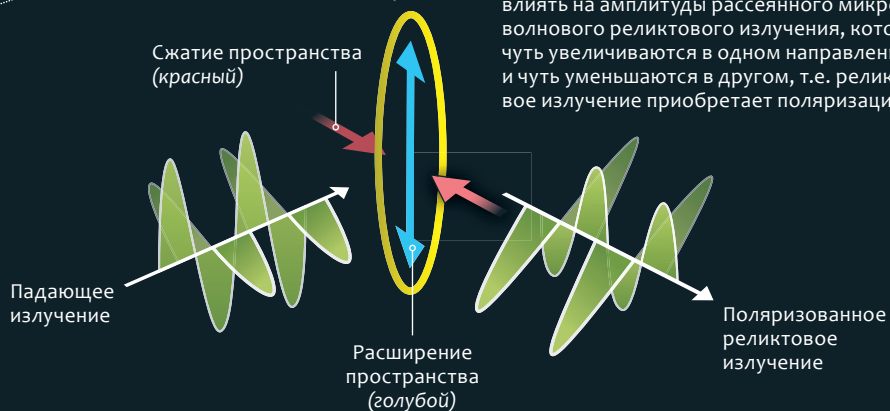
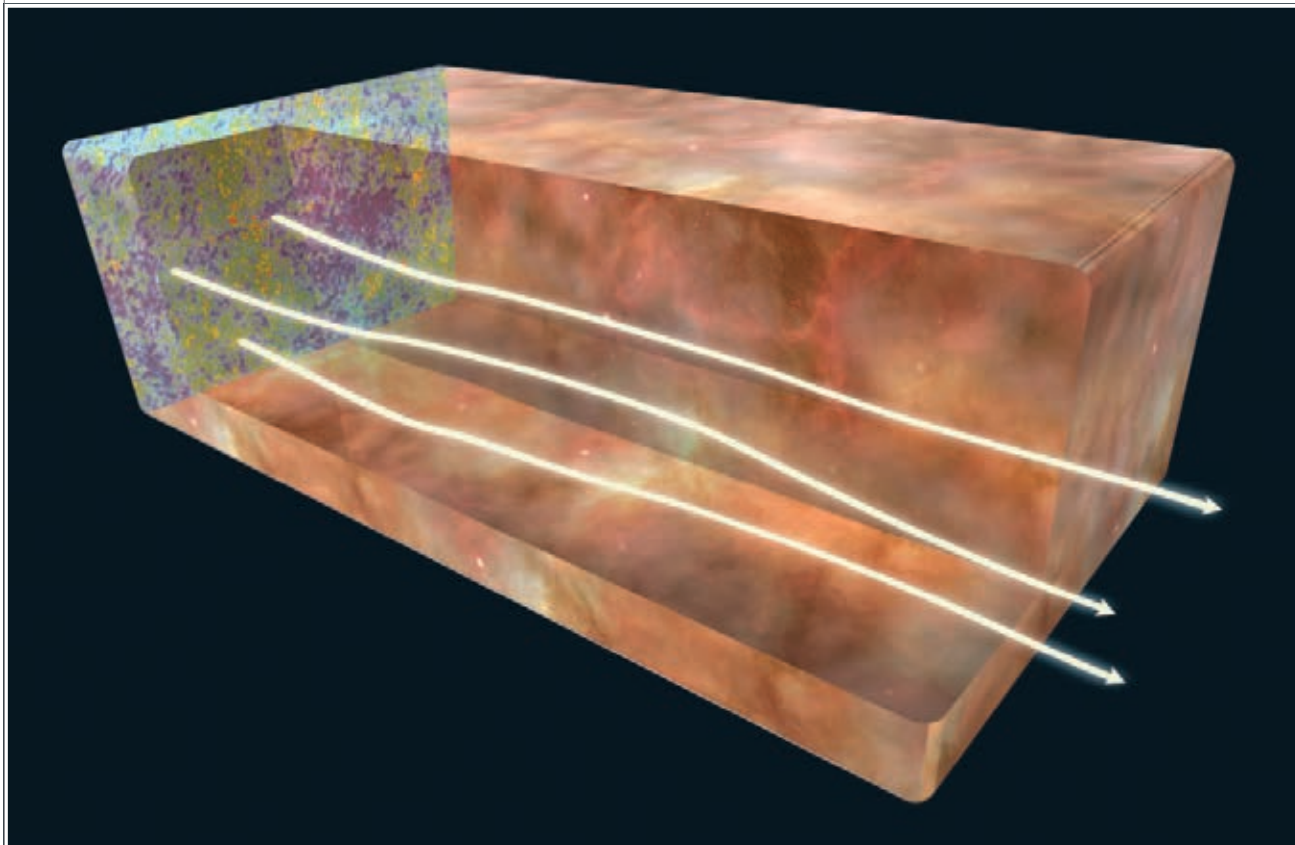


Illustration by Don Foley (universe) and Jen Christensen (schematics) BICEP2 COLLABORATION (polarization insets)

ЭФФЕКТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Обнаружение поляризации космического фонового излучения (на илл. — *пестрая голубоватая поверхность*) еще не представляет собой доказательства существования гравитационных волн, потому что другие процессы могут давать вклад в эту поляризацию. Пути реликтовых фотонов (*искривленные линии*) могут, например, быть отклонены массивными галактическими скоплениями, чьи гравитационные поля искажают пространство-время вблизи себя (разновидность так называемого гравитационного линзирования). Этот эффект может приводить к поляризации реликтового излучения. Кроме того, частицы пыли нашего Млечного Пути излучают поляризованный свет, который трудно отличить от реликтового излучения. Недавняя обработка данных наблюдений космического радиотелескопа *Planck* показала большую вероятность указанного процесса.



электрическое поле, но тип данного поля был очень труден для обнаружения). Это фоновое поле, известное как поле Хиггса, было «выработано» всей Вселенной.

Поле Хиггса влияет на распространение частиц в пространстве. Те частицы, которые взаимодействуют с этим полем (например те, которые выступают переносчиками слабого взаимодействия), испытывают сопротивление и, следовательно, проявляют себя уже как массивные частицы. Другие частицы, которые не взаимодействуют с этим полем (например, фотон — переносчик электромагнитного поля), остаются безмассовыми. Таким образом, сила слабого взаимодействия и электромагнитная сила начинают обладать разными свойствами, нарушая симметрию, которая объединяла их. Эта удивительная модель была подтверждена на Большом адронном коллайдере (БАК) в CERN в 2012 г. с открытием бозона Хиггса.

Возможно, похожее нарушение симметрии могло случиться и в более ранней Вселенной. Силы электромагнитного, слабого и сильного взаимодействий были объединены в одну. Только гравитационные силы стояли

особняком. Действительно, существует множество косвенных подтверждений существованию такого объединения, когда Вселенной было 10^{-36} секунд от руду. С охлаждением Вселенной могли происходить процессы фазовых переходов, спонтанные нарушения симметрии, которые меняли природу пространства, вовлекая фоновое поле, которое заставило электрослабые взаимодействия вести себя иначе, чем сильные взаимодействия.

Так же как и в случае поля Хиггса, нарушающее симметрию гипотетическое поле должно порождать экзотические и очень массивные частицы, но вовлеченные в этот процесс массы должны быть гораздо больше, чем масса хиггсовской частицы. Фактически это означает, что для прямого поиска соответствующих экспериментальных подтверждений необходимо создать ускоритель в 10 млрд раз мощнее, чем БАК. Требуемая такой проверки теория носит название теории великого объединения, поскольку она дает единое описание трем типам физических взаимодействий, исключая только гравитационное.

Спонтанное нарушение симметрии в ранней Вселенной могло бы, по мнению Гута, решить все проблемы стандартной теории Большого взрыва, если бы только поле, отвечающее за такое нарушение симметрии, смогло хотя бы короткий промежуток времени побыть в метастабильном состоянии.

Вода переходит в метастабильное состояние, когда внешняя температура быстро падает ниже точки замерзания воды. При таких условиях вода не замерзает сразу. Когда же она все-таки наконец замерзнет (полностью завершится фазовый переход), то выделит тепло, называемое скрытой теплотой.

Схожим образом поле, вызывающее фазовые переходы в теории великого объединения, могло бы передать энергию в окружающее пространство. Во время краткого периода инфляции эта энергия могла создать

Несмотря на убедительность теории инфляции, ученые до сих пор не знают, как именно она происходила. Причина этого — большая неопределенность в наших знаниях об объединении взаимодействий и прежде всего о шкалах энергий, сопровождавших это объединение

гравитационное отталкивание, которое заставило Вселенную расширяться экспоненциально быстро. Благодаря этому расширению к сегодняшнему моменту Вселенная могла увеличить свой размер на 25 порядков за промежуток времени 10^{-36} с. Такое стремительное расширение может обеспечить наблюдаемую сегодня плоскостность и изотропию Вселенной, успешно разрешив два обсуждаемых выше парадокса.

Несмотря на убедительность теории инфляции, ученые до сих пор не знают, как именно она происходила. Причина этого — большая неопределенность в наших знаниях об объединении взаимодействий и прежде всего о шкалах энергий, сопровождавших это объединение. Простейшие варианты теории инфляции объясняют многое из того, что мы наблюдаем в современной Вселенной. Однако различные инфляционные модели могут порождать сильно отличающиеся друг от друга миры.

Для того чтобы доказать, была ли инфляция, необходимо отыскать способ непосредственного, прямого исследования ранней Вселенной. Другими словами, исследовать

физические процессы, характерные для тех далеких времен. Оказывается, гравитационные волны предоставляют ученым такую возможность.

Следы гравитационных волн

Альберт Эйнштейн, опубликовав в 1915 г. общую теорию относительности, понял, что она приводит с новым интереснейшим физическим феноменам. В общей теории относительности гравитационное поле — это рябь фоновое пространства-времени. Источник энергии, переменный во времени (например, планета, двигающаяся вокруг своей звезды, или двойная звездная система), должен генерировать искажения метрики, также переменные во времени, распространяющиеся от этого источника со скоростью света. Если в окрестности проходят гравитационные волны, то расстояние между объектами указанных систем будет немного меняться.

Поскольку гравитационное взаимодействие очень слабо в сравнении с электромагнитным, то гравитационные волны очень трудно зарегистрировать. Эйнштейн даже сомневался, можно ли их вообще будет когда-нибудь уловить. Спустя почти 100 лет после предсказания гравитационных волн ученые все еще не могут измерять их непосредственно. Самые хорошие кандидаты, чьей колоссальной мощности должно быть достаточно для регистрации гравитационных волн, — это системы двух сливающихся черных дыр. Но исследование таких катастрофических астрофизических феноменов пока к успеху не привели. К счастью, Вселенная может предложить более мощный источник гравитационных волн — флуктуирующие квантовые поля, рожденные в первые моменты после Большого взрыва.

Когда Вселенная была очень молода, до начала инфляционной стадии, она была упакована в объем, много меньший размеров атома. На таких крошечных масштабах доминировали законы квантовой физики. Однако, поскольку в таком объеме сосредоточена и гигантская энергия, то описание процессов с необходимостью требует релятивистской теории. Для понимания физических свойств ранней Вселенной необходимо использовать квантовую теорию, в то же время описывающую пространство и время. Согласно квантовой теории поля, на очень малых масштабах все квантово-механические поля флуктуируют. Если все другие квантовые поля ведут себя похожим образом, в то время как плотность инфляционной энергии управляет расширением Вселенной, то гравитационные поля могут также обладать флуктуациями.

Во время инфляционного экспоненциального расширения все начальные квантовые флуктуации с малыми длинами волн окажутся сильно растянутыми. Если длины волн становятся достаточно большими, то время, необходимое такой флуктуации для осцилляции, будет становиться больше, чем возраст Вселенной. Квантовые флуктуации будут как бы «вмороженными» до тех пор, пока Вселенная не станет достаточно старой, чтобы наступило время для следующей осцилляции. Во время инфляционной стадии вмороженные осцилляции будут

расти: процесс, которые усиливает начальные квантовые осцилляции в классические гравитационные волны.

В то время, когда Гут предложил свою инфляционную модель, советские физики А.А. Старобинский, В.А. Рубаков, М.В. Сажин и их коллеги независимо отметили, что во время инфляции всегда образуется гравитационно-волновой фон, а интенсивность гравитационных волн определяется энергией, заключенной в инфляционном поле. Другими словами, если мы сможем обнаружить гравитационные волны, идущие от инфляционной стадии, то мы не только получим подтверждение того факта, что инфляция действительно была, но также сможем глубже понять квантовые процессы, которые породили инфляцию.

Дым после выстрела

Однозначное указание на инфляцию имеет смысл только в том случае, если это указание будет наблюдаемо. Масштабы инфляции ожидаются сравнимыми с расстояниями, на которых гравитационно-квантовые «узелки» должны быть большими. Однако из-за слабости гравитационных сил самих по себе задача поиска гравитационных волн, порождаемых инфляционным полем, в лучшем случае очень сложна.

Сложна, но не невозможна. Решению может помочь космическое микроволновое фоновое излучение. Это реликтовое излучение образовалось в ранней Вселенной, когда та остыла настолько, что протоны захватили электроны, сформировав нейтральные атомы, а фотоны смогли распространяться свободно. Вселенная стала прозрачной для излучения, и это первое, самое старое реликтовое излучение сейчас доступно наблюдениям. Если гравитационные волны существовали в больших масштабах в то время, когда родилось реликтовое излучение (Вселенной тогда было 380 тыс. лет), то его следы могут «отпечататься» на этом излучении. Температура реликтового излучения была бы чуть выше по одним направлениям и чуть ниже по другим — за счет того, что крупномасштабные гравитационные волны немного растягивали пространство в одном направлении и немного сжимали в другом. Если эффект достаточно большой, то должна наблюдаться характерная анизотропия реликтового излучения, которая может быть обнаружена. Кроме того, гравитационные волны могут порождать и более тонкий эффект. Чуть искажая метрику пространства, гравитационные волны служат причиной рассеяния фотонов реликтового излучения на электронах, в результате чего реликтовое излучение становится поляризованным.

Само по себе наличие поляризации в реликтовом излучении еще не доказывает существования гравитационных волн. Существует много других возможностей объяснить наличие поляризации — например, она может быть вызвана температурными флуктуациями в реликтовом излучении или излучением возможных фоновых источников, например поляризованной пыли во Вселенной. Можно попробовать отделить возможный вклад гравитационных волн от других источников, исследуя пространственные структуры поляризации на картах неба.

Так, круговое направление поляризации может характеризовать гравитационные волны. Большинство других источников не дают такой структуры. Дело в том, что поляризация представляется в виде так называемых E - и B -мод. B -мода, имеющая закрученный вид, ассоциируется с гравитационными волнами. E -моду могут порождать другие источники.

Понимание того, что гравитационные волны могут влиять на поляризацию реликтового излучения, сильно воодушевило научное сообщество, поскольку такой метод может дать дополнительный шанс распознать гравитационные волны, влияние которых непосредственно на анизотропию температуры реликтового излучения очень мало. За прошедшее десятилетие было разработано много экспериментов, как наземных, так и космических, предназначенных для поиска гравитационных волн, этого «святого Грааля» инфляции.

Поскольку наблюдатели уже измерили температурные флуктуации космического микроволнового излучения, исследователи представляют свои результаты в терминах отношения сигнала возможной поляризации от гравитационных волн к величине измеренного сигнала температурных флуктуаций. В литературе это отношение обозначается буквой r .

Новые результаты

До 2014 г. исследователями, обрабатывающими наблюдательные данные, сообщалось только о верхних пределах на величину поляризации реликтового излучения. Другими словами, поляризация не должна превышать некоторого уровня (иначе она была бы уже наблюдаема). Европейское космическое агентство миссии *Planck* объявило, что, согласно их измерениям, допустимый интервал для величины r меняется от нуля (что соответствует отсутствию гравитационных волн) до 0,13. Весь научный мир был взбудоражен сенсацией в марте 2014 г., когда команда расположенного на Южном полюсе эксперимента по изучению космической внегалактической поляризации (*Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization 2, BICEP2*) объявила об обнаружении r порядка 0,2, повысив предел, полученный *Planck*. Это означало, что гравитационные волны существуют. Было также заявлено, что вероятность того, что обнаруженный поляризационный сигнал вызван другими фоновыми процессами, меньше одной миллионной. Свойства сигнала характеризуют его именно как сигнал, ожидаемый от инфляционного периода.

К сожалению, на момент написания этой статьи ситуация оставалась до конца не проясненной. Дело в том, что наблюдения поляризации реликтового излучения очень сложны, и, несмотря на то что обнаруженный сигнал статистически значим, существуют и другие астрофизические процессы, которые могут генерировать схожий сигнал.

Команда эксперимента *BICEP2* исследует все возможные альтернативные источники поляризованного сигнала. Самый значимый из них — излучение поляризованной пыли нашей Галактики, которое, по результатам

команды *BICEP*, все-таки не может объяснить полученный сигнал. Однако в последние месяцы были обработаны новые данные *Planck*, которые показали, что в нашей Галактике может находиться больше пыли, следовательно, ее вклад может оказаться более существенным, чем это предполагалось. Несколько научных групп независимо анализировали данные *BICEP2* с учетом последних данных миссии *Planck*, добавляя разнообразные модели галактической пыли, проверенные ранее в других экспериментах. Заключение оказалось таковым: пыль способна воспроизвести весь (или практически весь) обнаруженный поляризационный сигнал. Несмотря на то что проделанные исследования поколебали уверенность некоторых ученых, команда *BICEP2* продолжает настаивать на правильности обработки своих данных и значимости полученного сигнала, хотя признает, что не может полностью исключить альтернативное объяснение сигнала как следствие наличия галактической пыли.

Если результаты эксперимента *BICEP2* подтвердятся и если действительно существуют гравитационные волны от инфляционной стадии Вселенной, то гравитация должна быть описана в рамках квантовой теории

Ученые также отмечают, что профиль наблюдаемого спектра сигнала совпадает с предсказанным инфляцией лучше, чем это можно было бы сделать с помощью пыли.

Важно отметить, что производятся все новые эксперименты по исследованию излучения пыли, которые могут определять ее поляризацию в разных направлениях и на разных масштабах. Если и будет получено опровержение результатов *BICEP2*, то это будет сделано в ближайший год.

Что скрывают гравитационные волны?

Если сигнал *BICEP2* будет подтвержден, то замочная скважина нашего эмпирического опыта о процессах в ранней Вселенной превратится в широкое окно. Гравитационные волны настолько слабо взаимодействуют с веществом, что они могут путешествовать почти свободно от начала времен. Открытие гравитационных волн могло бы не только наблюдательно подтвердить одно из фундаментальных положений общей теории относительности, но и непосредственно донести до нас

сигнал из тех областей пространства, когда Вселенной было 10^{-36} секунд от рода — на 49 порядков раньше, чем образовалось реликтовое излучение. Последнее на сегодняшний момент выступает единственным источником информации о ранней Вселенной.

Если обнаруженный сигнал — действительно след от инфляционной стадии, то наши знания об устройстве Вселенной существенно расширятся. Во-первых, предполагаемая (из наблюдений) мощность гравитационно-волнового сигнала будет означать, что инфляция произошла в том месте энергетической шкалы, которое близко к моменту объединения трех негравитационных сил фундаментальных взаимодействий. А это верно, только если верны наши предположения о так называемой суперсимметрии в природе. Существование суперсимметрии, в свою очередь, может быть обосновано наличием множества новых частиц с массами в диапазоне, который доступен на БАК (когда он снова включится в 2015 г.). Таким образом, если данные *BICEP2* верны, то следующий год окажется знаковым для физики элементарных частиц.

Существует и другое, менее спекулятивное приложение к открытию инфляционных гравитационных волн. Как было сказано выше, такие волны должны генерироваться, когда первичные квантовые флуктуации в гравитационном поле усиливаются во время инфляции. Но если это так, то гравитация должна найти описание в рамках квантовой теории. Это утверждение очень важно, потому что в настоящий момент у нас есть не слишком хорошая (плохо определенная и довольно противоречивая) квантовая гравитация, т.е. мы не обладаем теорией, способной описывать гравитацию с помощью правил, применимых для описания вещества и энергии на очень малых масштабах. Теория струн — возможно, один из лучших кандидатов на роль такой теории, однако до сих пор нет свидетельств в пользу того, что эта теория верна. Кроме того, как отметил Фримен Дайсон (Freeman Dyson) из Принстонского института перспективных исследований в Нью-Джерси, не существует прибора, способного регистрировать отдельные гравитоны (гипотетические частицы — переносчики гравитационного взаимодействия), потому что такой прибор должен быть настолько большим и массивным, что он коллапсирует в черную дыру прежде, чем сможет завершить наблюдение. Таким образом, мы никогда не сможем экспериментально убедиться в том, что гравитация обладает квантовой природой. Если гравитационные волны от инфляции действительно удалось обнаружить, то это, казалось бы, будет сделано в обход аргументов Дайсона. Однако если обнаруженные гравитационные волны будут классическими (неквантовыми) объектами, то мы должны путем квантово-механических вычислений определить источник этих волн. Просто наблюдая полет мяча (классического макрообъекта), мы не можем доказать, что его движение определяется квантовой механикой: он бы летел точно так же, если бы квантовой механики не было вовсе. Что нам нужно доказать в случае «классических»

гравитационных волн — так это то, что они в отличие от движущегося мячика были инициированы именно квантовыми процессами.

Недавно Фрэнк Вилчек (Frank Wilczek) из Массачусетского технологического института совместно с автором этой статьи смогли разобраться в этом вопросе. Так, используя элементарную базовую технику физических расчетов, а именно анализ размерностей, они смогли показать, что энергия гравитационно-волнового фона, порожденного только инфляцией, падала бы с уменьшением постоянной Планка. Таким образом, они полагают, что этим доказали квантовую природу инфляционных гравитационных волн.

Последствия для мультивселенной

Понимание истоков нашего мира и корректная постановка вопроса, откуда вообще взялась наша Вселенная, — вот цели исследования инфляционного расширения ранней Вселенной при помощи гравитационных волн. Эти глубокие проблемы балансируют на грани метафизики, однако могут быть переведены на язык строгой физики.

Напомним, что инфляция создается неким полем, которое хранит и во время фазового перехода высвобождает огромное количество энергии. Оказывается, характерным свойством инфляции выступает то, что, однажды начавшись, она никогда не должна закончиться и будет раздувать и раздуть Вселенную до бесконечности. При этом никогда не сформируется наблюдаемая нами картина — материя и излучение, не успев толком сформироваться, будут стремительно разлетаться, размываться. Не будет ни галактик, ни звезд, ни планет, а только стремительно расширяющееся пустое пространство. Другими словами, такой инфляционный сценарий абсолютно не удовлетворяет наблюдательным данным.

Профессор Стэнфордского университета Андрей Линде нашел способ избежать этой проблемы. Он показал, что, как только в какой-нибудь небольшой области пространства после экспоненциального расширения завершится фазовый переход, эта область окажется в состоянии вместить всю наблюдаемую нами сегодня Вселенную. В оставшемся пространстве инфляция может продолжаться вечно. Кое-где будут образовываться небольшие области, где фазовый переход завершился. В каждой такой области, абсолютно и навсегда изолированной от всех других стремительным инфляционным расширением, может происходить свой Большой взрыв с последующим формированием вселенной, в чем-то аналогичной нашей. Это так называемая модель «вечной инфляции». В ней наша Вселенная — часть гораздо большей структуры, которая может быть бесконечной по объему и может содержать любое сколь угодно большое количество не связанных друг с другом вселенных, уже сформированных, формирующихся или тех, которые только будут формироваться. Более того, физические законы в каждом из этого множества миров могут быть очень разными, поскольку фазовые переходы могут происходить разными путями.

Такая гипотеза носит название гипотезы мультивселенной, в которой нашей Вселенной отводится равноправное место в бесконечном наборе других миров. Эта гипотеза может легко объяснить, почему параметры нашей Вселенной именно такие, а не другие, — в противном случае не было бы нас, чтобы задать такой вопрос. Рассуждения такого рода принадлежат разновидности так называемого антропного принципа. Многие ученые относятся к антропному принципу с большим скептицизмом, сетуя, как иногда сильно может приблизиться к метафизике строгая наука, традиционно базирующаяся на математических расчетах и эмпирическом познании мира.

Однако если эксперимент *BICEP2* (а также БАК и другие эксперименты) позволят исследовать феномены инфляции и великого объединения, то окажется возможным однозначно определить фундаментальные физические законы, управляющие ранней Вселенной при сверхвысоких энергиях и в сверхмалых масштабах. Быть может, будет подтвержден предложенный Линде механизм вечной инфляции. В этом случае мы, хотя никогда не сможем увидеть другие миры, будем знать наверняка, что они все-таки существуют, — подобно тому как наши предшественники в начале XX в. знали о существовании атома, хотя и не видели его.

Наблюдения и эксперименты по исследованию поляризации реликтового излучения и интерпретация данных продолжают — и мы не знаем, чем это закончится. Но разве не в такой азартной погоне за тайнами мироздания заключалась и заключается привлекательность науки? ■

Перевод: О.С. Сажина

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Ликкен Д., Спиropулу М. Суперсимметрия и кризис в физике // ВМН, № 7–8, 2014.
- Grand Unification, Gravitational Waves, and the Cosmic Microwave Background Anisotropy. Lawrence M. Krauss and Martin White in Physical Review Letters, Vol. 69, No. 6, pages 869–872; August 10, 1992.
- Signature of Gravity Waves in the Polarization of the Microwave Background. Uro Seljak and Matias Zaldarriain in Physical Review Letters, Vol. 78, No. 11, pages 2054–2057; March 17, 1997.
- Statistics of Cosmic Microwave Background Polarization. Marc Kamionkowski, Arthur Kosowsky and Albert Stebbins in Physical Review D, Vol. 55, No. 12, pages 7368–7388; June 15, 1997.
- Primordial Gravitational Waves and Cosmology. Lawrence M. Krauss et al. in Science, Vol. 328, pages 989–992; May 21, 2010.
- A Universe from Nothing: Why There Is Something Rather than Nothing. Lawrence M. Krauss. Free Press, 2012.
- Detection of B-Mode Polarization at Degree Angular Scales by BICEP2. P.A.R. Ade et al. (BICEP2 Collaboration) in Physical Review Letters, Vol. 112, No. 24, Article No. 241101; June 19, 2014.

16+



www.naukatv.ru



www.facebook.com/nauka20



2.0

ПРОСТО О
СЛОЖНОМ



НАУКА 2.0
ТЕЛЕКАНАЛ

РЕКЛАМА

$c = \lim_{x \rightarrow a} f(x), d = \lim_{x \rightarrow b} f(x), \sum_{j=1}^n$
 $\Delta F = F(x_0 + \Delta x_0) - F(x_0)$
 $I_1 = \int \frac{1}{x^2}$
 $\{x_n \pm y_n\} = \{x_1 \pm y_1, x_2 \pm y_2, \dots\}$
 $(\sqrt[n]{n+2})^3 - (\sqrt[n]{n})^3$
 $\lim_{n \rightarrow \infty} (\sqrt[n]{n+2} - \sqrt[n]{n}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{(\sqrt[n]{n+2})^2 + (\sqrt[n]{n+2}) + (\sqrt[n]{n+2})^2 + (\sqrt[n]{n+2})}$
 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{[n] + 1}$
 $a = \psi\left(\frac{1}{q}\right) = [\psi\left(\frac{1}{q}\right)]^q \left(1 + \frac{1}{[n] + 1}\right)$
 $\int \pi \left(\frac{r}{h} x\right)^2 dx = \int \frac{\pi r^2}{h^2} x^2 dx \int [u_1(x) + u_2(x) + \dots + u_n(x)] dx V = \int \pi f^2(x) dx =$
 $\int \left[\frac{5}{x^2} + \frac{1}{x^3}\right] = + P_n(z_0) = \sum_{k=0}^n a_k z_0^k = 0 \lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} x^3 \left[\frac{1}{3} + \frac{3^0}{x} + \frac{5}{x^2} + \frac{1}{x^3}\right]$
 $(a+x)^n = \sum_{k=0}^n C_n^k a^{n-k} x^k \int \left(\sum_{j=1}^n A_j f_j(x)\right) dx = \sum_{j=1}^n A_j \int f_j(x) dx +$
 $+ \dots + a^{n-1} I_1 = \int \frac{1}{x^2} dx z^n - a^n = (z-a)(z^{n-1} + az^{n-2} + a^2 z^{n-3} + \dots + a^{n-1})$
 $z^n = \sum_{k=0}^n a_k z^k (a_n \neq 0) P_n(z) = a_0 + a_1 z P_n(z) = a_0 + a_1 z + \dots +$
 $a = \psi\left(\frac{1}{q}\right) (\log_a x)' = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\log_a(x+h) - \log_a x}{h}$
 $a \left(\frac{x+h}{x}\right)^{1/h} = \lim_{h \rightarrow 0} \log_a \frac{1}{x} \left(1 + \frac{h}{x}\right)^{x/h} = \lim_{z \rightarrow 0} \frac{1}{x} \log_a (1+z)^{1/z} \lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h}$
 $\Delta F = F(x_0 + \Delta x_0) - F(x_0)$
 $\{x_n \pm y_n\} = \{x_1 \pm y_1, x_2 \pm y_2, \dots\}$
 $(\sqrt[n]{n+2})^3 - (\sqrt[n]{n})^3$
 $\lim_{n \rightarrow \infty} (\sqrt[n]{n+2} - \sqrt[n]{n}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{(\sqrt[n]{n+2})^2 + (\sqrt[n]{n+2}) + (\sqrt[n]{n+2})^2 + (\sqrt[n]{n+2})}$
 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{[n] + 1}$
 $a = \psi\left(\frac{1}{q}\right) = [\psi\left(\frac{1}{q}\right)]^q \left(1 + \frac{1}{[n] + 1}\right)$
 $\int \pi \left(\frac{r}{h} x\right)^2 dx = \int \frac{\pi r^2}{h^2} x^2 dx \int [u_1(x) + u_2(x) + \dots + u_n(x)] dx V = \int \pi f^2(x) dx = \int \pi$
 $\int \left[\frac{5}{x^2} + \frac{1}{x^3}\right] = + P_n(z_0) = \sum_{k=0}^n a_k z_0^k = 0 \lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow +\infty} x^3 \left[\frac{1}{3} + \frac{3^0}{x} + \frac{5}{x^2} + \frac{1}{x^3}\right]$



$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(\sqrt[n]{n+2})^2 - (\sqrt[n]{n})^2}{(\sqrt[n]{n+2})^2 + (\sqrt[n]{n+2})} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=0}^n a_k z^k \quad \lim_{n \rightarrow \infty} (\sqrt[n]{n+2} - \sqrt[n]{n}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \dots$$



ФИЗТЕХ-ЛИЦЕЙ: «Главное — это наука. И любовь»

«Пушкина мы бы сюда не взяли, — говорит заместитель директора физтех-лицея по науке Юрий Павлович Николаев. — А Грибоедова и Лермонтова, у которого тоже были выдающиеся способности по математике, — с удовольствием». Где вы еще видели среднюю школу, где есть заместитель по науке? Здесь без него никак. Физтех-лицей — необычная школа. Хотя на первый взгляд ничего особенного здесь нет: на переменах царят привычные шум и гам, кто-то из малышей толкается или скачет на одной ножке, спешат по своим делам лицеисты постарше, а в буфете, распространяя заманчивые ароматы, готовится обед. Словом, обычная школьная жизнь. Однако попасть сюда на учебу не так просто. С улицы в лицей не берут. Каждый ученик, будь то первоклассник или старшеклассник, должен выдержать непростое тестирование по профильным предметам. И только если экспертная комиссия убедится, что ребенок имеет способности к естественным наукам, в первую очередь к математике, у него есть шанс попасть в это престижное и по-своему уникальное учебное заведение, которое уже с детских лет готовит кадры для российской науки. Об этом и многом другом мы беседуем с директором лицея **Мариной Геннадьевной Машковой**.



$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(\sqrt[n]{n+2})^2 - (\sqrt[n]{n})^2}{(\sqrt[n]{n+2})^2 + (\sqrt[n]{n})^2}$$



— Марина Геннадьевна, ваш лицей находится в подмосковном Долгопрудном — там, где базируется Московский физико-технический институт, знаменитый Физтех, диплом которого ценится во всем мире, вуз, выпустивший огромное количество выдающихся ученых, нобелевских лауреатов. Нынешний президент РАН академик В.Е. Фортов оканчивал Физтех. Означает ли это, что вы готовите будущих абитуриентов для Физтеха?

— Действительно, порядка 70% наших выпускников поступают на Физтех. Но не только туда. Кто-то идет в МГУ, в МАИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана... Процент поступления наших ребят в вузы равен практически 100%, и это редчайший показатель для среднего учебного заведения. Причем, подчеркну, почти все поступают на бюджетные места. Есть и такие, кто уезжает учиться за границу. Но их меньшинство.

— Здание лицея производит большое впечатление — это такой терем, выполненный в русском стиле, но с современной «начинкой». Сюда вы переехали только 1 сентября нынешнего года. А где раньше находился лицей?

— Сейчас мы — ГОБУ «Физтех-лицей». Оно существует только с нынешнего года, а до этого мы долго были муниципальным лицеем № 11 «Физтех». 23-летняя история нашего учебного заведения удивительна и интересна. Сама идея такого лицея, который собирал бы одаренных ребят и готовил их для технических вузов, появилась в 1991 г. в недрах Физтеха. Тогда в стране были очень тяжелые времена, эти годы теперь называют лихими. Однако именно в это время в нашей стране создавалось множество интересных школ, рождались новые проекты. Это было время смелых экспериментов. И в Физтехе придумали школу, в которой, как сказал тогдашний ректор

Николай Васильевич Карлов, было бы учиться трудно, но интересно. Школу, в которой бы царил дух Физтеха.

Мы тогда располагались в маленьком здании Дома пионеров. Нам выделили всего два класса, причем один класс в Доме пионеров, второй — через площадь, в техникуме. Учителя на переменках перебежали из одного здания в другое, чтобы успеть на следующий урок. Но из нашего лицея вышло множество замечательных выпускников, поступивших в ведущие вузы нашей страны и ставших гордостью нашей науки.

— Только в технические и естественно-научные?

— Не только. Все наши ребята действительно хорошо знают математику и физику и могут поступить в любой технический вуз. Но при этом мы — многопрофильное учебное заведение, а поэтому наши выпускники каждый год поступают в том числе и в лингвистические университеты, в Высшую школу экономики, на исторические факультеты МГУ или РГГУ. Для нас главное — не подготовить узкого специалиста, инженера, технаря, а дать ребенку максимальную возможность раскрыться, найти

свою дорогу в жизни. Нельзя говорить: раз ты пришел в наш лицей, иди в Физтех. Пусть он найдет свое призвание и будет счастлив.

— Это удивительно слышать.

— Когда в 1991 г. мы обсуждали идею будущей школы с С.А. Гузом, на тот момент проректором МФТИ, он сказал мне: «Не будем делать физматшколы, их очень много, давайте создадим интересную школу, где мы будем растить, воспитывать гармоничную личность». Изначально планка была поднята очень высоко. Наши ребята — одаренные. И у них обязательно есть физико-математические способности. При этом они участвуют

Виктория Григорьевна Ахматова,
заместитель директора лицея по воспитательной работе:

«Недавно был Международный день Интернета, и мы решили провести уроки по интернет-безопасности. Дело в том, что все наши ребята продвинуты в плане интернет-технологий. Вели эти уроки сотрудники «Лаборатории Касперского». Им было задано огромное количество вопросов, и, надо сказать, не на все они смогли ответить. За хорошие вопросы были предусмотрены призы, так что этих призов не хватало. А ребята все продолжали спрашивать».

$$\frac{-(\sqrt[n]{n})^2}{(\sqrt[n]{n+2})} \sum_{k=0}^n a_k 2^k \lim_{n \rightarrow \infty} (a_k \neq 0)$$

в олимпиадах не только по математике и физике, но и по истории, по литературе, рисуют, снимают кино, пишут стихи. Они многогранные и удивительные.

— **Правда ли, что гимн Долгопрудного написал ваш лицеист?**

— Да, Саше Шинову было 13 лет, когда он победил в конкурсе поэтов, причем участвовали в нем люди взрослые, маститые, он был самым юным. Теперь гимн города — на слова Саши. Сейчас учится в Физтехе, его хвалят как одного из одаренных программистов. Потом он написал чудесные стихи о нашем лицее. Они стали нашим гимном. Когда я его встречаю, спрашиваю: «Саша, как твое увлечение поэзией?» Он говорит: «Марина Геннадьевна, мне все некогда». Жаль. Он замечательный, тонкий поэт. А знаете, как это выяснилось? Совершенно случайно наша Виктория Григорьевна, заместитель по воспитательной работе, увидела у него в руке клочок смятой бумаги. И спрашивает:

«Что ты все мнешь лист какой-то? Покажи!» Вытаскивает листочек и читает удивительные стихи «Ровеснику 1941 г.». У них было задание написать сочинение на военную тему. Но то, что получилось у Саши, нас просто поразило. Виктория Григорьевна пришла ко мне, говорит: «Марина Геннадьевна, смотрите, что я нашла». Я спрашиваю: «Саша, а у тебя еще что-то есть?» — «Есть». — «А где?» — «Дома в тумбочке». Я говорю: «Ты мне можешь принести, что у тебя дома в тумбочке?» — «Принесу». Он принес, и знаете... до сих пор слезы на глазах.

— **Вот так вы раскрыли талант.**

— Это просто пример того, как важно учителю быть внимательным. Не надо на них давить. Я с ними всегда беседую, пытаюсь понять, какие у них мысли о своем будущем предназначении. Бывает, я абсолютно убеждена, что вот этому парню надо идти в Физтех, но вдруг он говорит: «Марина Геннадьевна, Физтех — это хорошо, но мне в архитектурный хочется». Я спрашиваю: «Почему?» Ведь я знаю, что у него успехи в физике, математике, и он сможет учиться в Физтехе. А он мне говорит: «Марина Геннадьевна, я приготовил доводы, которые, надеюсь, вас убедят». Это здорово, и я горжусь тем, что они мне доверяют, посвящают в свои планы.

Да, у нас восемь часов математики, пять часов физики. Это с детства дисциплинирует их ум и не мешает интересоваться другими предметами. Скажем, наша выпускница позапрошлого года Вера Борисова поехала на олимпиаду по мировой художественной культуре

Юрий Павлович Николаев,

заместитель директора по научно-методической работе:

«У нас пять кафедр по профильным предметам — математика, физика, информатика, химия, биология. Преподавательский состав действительно очень сильный. Одна из причин вот в чем. В государстве сейчас есть большой запрос на такую специальность, как главный инженер. Это человек, который способен задачу взять, разбить ее на небольшие подзадачи по разным направлениям, дать поручения разным людям, а потом собрать задачу из этих кусочков. Мы надеемся, что кто-то из наших выпускников пойдет этой дорогой: не только наука, но и ее организация. Ведь не будь главного конструктора Сергея Павловича Королева — и наша страна, возможно, не стала бы мировым лидером в ракетно-космической промышленности. Кроме того, сейчас все самое важное и интересное происходит на стыке наук, поэтому наши ребята не развиваются как узкие специалисты. Они стараются впитать все то новое и перспективное, что дает современная наука».

и победила среди участников Московской области, потом на Всероссийскую олимпиаду — и вошла в десятку сильнейших участников, получила президентскую премию. А в прошлом году наша ученица Жанна Гаврилова увлеклась экономикой — и стала призером Всероссийской олимпиады по экономике.

Несколько лет назад наш Андрей Богородский, тогда девятиклассник, по результатам олимпиады вошел в десятку сильнейших химиков страны. Я считаю, что это правильно. В 11-м лицее была принята стратегия развития до 2020 г., и мы эту стратегию сохранили и здесь.





Евгений Бойцов,
ученик седьмого класса:

«Я люблю снимать мультфильмы. Сейчас мне дали большое задание — сделать мультфильм ко Дню Победы. Раньше я делал мультики из пластилина, сейчас это будет компьютерная графика. В связи с этим я осваиваю 3D-моделирование, информатику, разные новые программы. Стараюсь совмещать лицей с занятиями в музыкальной школе. У меня кларнет, флейта и саксофон. А еще в нашем лицейском театре “Артишок” у меня сейчас отличная роль — лысое чудовище. И мне придется побриться наголо. А поступать я буду в МФТИ, там есть кафедра, совмещающая технику, экономику и математику. Точное название не помню, но пойду именно туда».

Главное — наш принцип «Три Т»: традиции, таланты, технологии. Наши три кита. Традиции сохраняем, таланты развиваем, технологии осваиваем. Эта стратегия позволяет открыть талант в ребенке, поддержать, подсказать, где-то направить, и это главное в работе лицей. На выпускных вечерах я всегда говорю: «Ребята, вы пойдете дальше нас, сделаете больше нас, узнаете больше нас, потому что мы вас научили главному — всегда идти вперед».

— Все-таки в чем уникальность вашей школы?

— Уникальность — в построении обучения согласно системе физтехобразования. Эту систему создал Петр Леонидович Капица, один из основателей Московского физико-технического института, знаменитый ученый, нобелевский лауреат. С 1 сентября 2014 г. нашему учебному заведению присвоено его имя. Суть этой системы в том, что, с одной стороны, она развивает творческий потенциал учащегося, а с другой стороны — это очень высокие требования, предъявляемые к базовым знаниям. Вместе с тем мы стараемся придавать большое значение и другим дисциплинам, развитию социальных навыков, качеству гуманитарного компонента образования.

— А почему вы считаете, что это важно?

— Не только я, но и любой крупный ученый считает, что школа должна выпускать образованного человека с широким кругозором, с высоким уровнем культуры, умеющего общаться, социализироваться в этом мире. Мир непросто и по-своему жесток, и наша задача — научить ребенка жить в нем. Он должен быть готов к тому, чтобы продвигать российскую науку, и не только интеллектуально. Будущий ученый должен уметь общаться, быть грамотным, знать иностранные языки. Не случайно второй экзамен для желающих поступить в наш лицей — русский язык, а первый — математика. Для меня очень важно, чтобы они понимали, что живут в России, это наша страна и мы ее любим.

У нас два театральных коллектива. Один из них — английский театр, где спектакли ребята играют на языке оригинала. Если это шекспировский вечер, то на старом английском языке. Они не боятся сцены, они умеют говорить. С первого класса ребята у нас защищают проектные работы. Мы сидим, слушаем, задаем вопросы. А потом наши выпускники говорят: «Не понимаем, почему все так боятся экзаменов, сессий, защиты дипломов... Мы привыкли, и нам не очень страшно». Для них в жизни нет тяжелых стрессовых ситуаций, связанных с коммуникацией. Это тоже важно.

— Насколько я знаю, у вас преподает в том числе профессора Физтеха. Даже нобелевские лауреаты читают лекции. Как это происходит?

— Да, у нас регулярно читают лекции преподаватели Физтеха, но не только. У нас собрался очень интересный преподавательский состав. Здесь работают преподаватели из учебно-производственного научного центра СУНЦ МГУ (школа им. А.Н. Колмогорова). Пришли со своими идеями учителя из известной московской школы «Интеллектуал», т.е. собрались интересные, творческие люди. Но главное, конечно, Физтех, который очень в нас заинтересован. Они хотят, чтобы к ним приходили абитуриенты нужного уровня. К тому же сейчас в кластере «Физтех XXI» строится много новых научно-исследовательских центров, лабораторий, и крайне важно, чтобы ребята туда тянулись.

1 сентября на открытии новой школы присутствовал лауреат Нобелевской премии К.С. Новоселов. Он открывал эту школу вместе с губернатором Московской области А.Ю. Воробьевым, пожелал успехов, обещал приезжать. Потом состоялась встреча, он отвечал на вопросы, беседовал с нашими детьми. Это стало доброй традицией — встреча наших ребят с лауреатами Нобелевской премии, видными учеными, известными

шахматистами, например чемпионом мира по шахматам Магнусом Карлсеном, который провел сеанс одновременной игры с нашими ребятами.

В прошлом году по качеству образования мы вошли в десятку лучших школ Подмосквья и получили от губернатора Московской области А.Ю. Воробьева сертификат на 1 млн руб. Я горжусь своим лицеем. В 2012 г. мы выиграли национальный проект «Образование» за развитие инновационных программ. С этими традициями, с нашей стратегией ЗТ, с программами «Талант во мне», «Лицей — вуз — инноватор» и другими мы пришли в это здание, в новую школу. Теперь мы Московская областная общеобразовательная школа-интернат естественно-математической направленности. Конечно, школа стала намного больше. В этом году к нам поступило много талантливых, одаренных ребят, но костяк, основа — это тот самый физтехлицей, который будет расти и развиваться. ■

Беседовала Наталия Лескова
Художница: Варвара Гранкова

Дарья Грицук,
седьмой класс:

«Я играю на барабанах. Мечтаю стать в этом деле виртуозом. Еще я делаю короткометражки про наш класс. Уже сняла четыре фильма — про наши праздники, экскурсии и поездку в Германию в прошлом году. Еще пишу стихи немножко. Физика мне тоже очень интересна. У нас учительница по физике на одном из первых уроков сказала, что чай заваривается не только, когда он в воде. Мы ведь чувствуем запах чая, значит, он «заваривается» еще и в воздухе. Теперь я каждый раз, когда вижу чай, это вспоминаю. Я в лицее с первого класса, когда мы еще были в стареньком здании, которое называли курятником. Это ласково: мы там были как цыплята. Нас здесь многому учат. И наукам, конечно. Но главное, что здесь есть, — это любовь, которой мы все окружены».

Гимн лицея

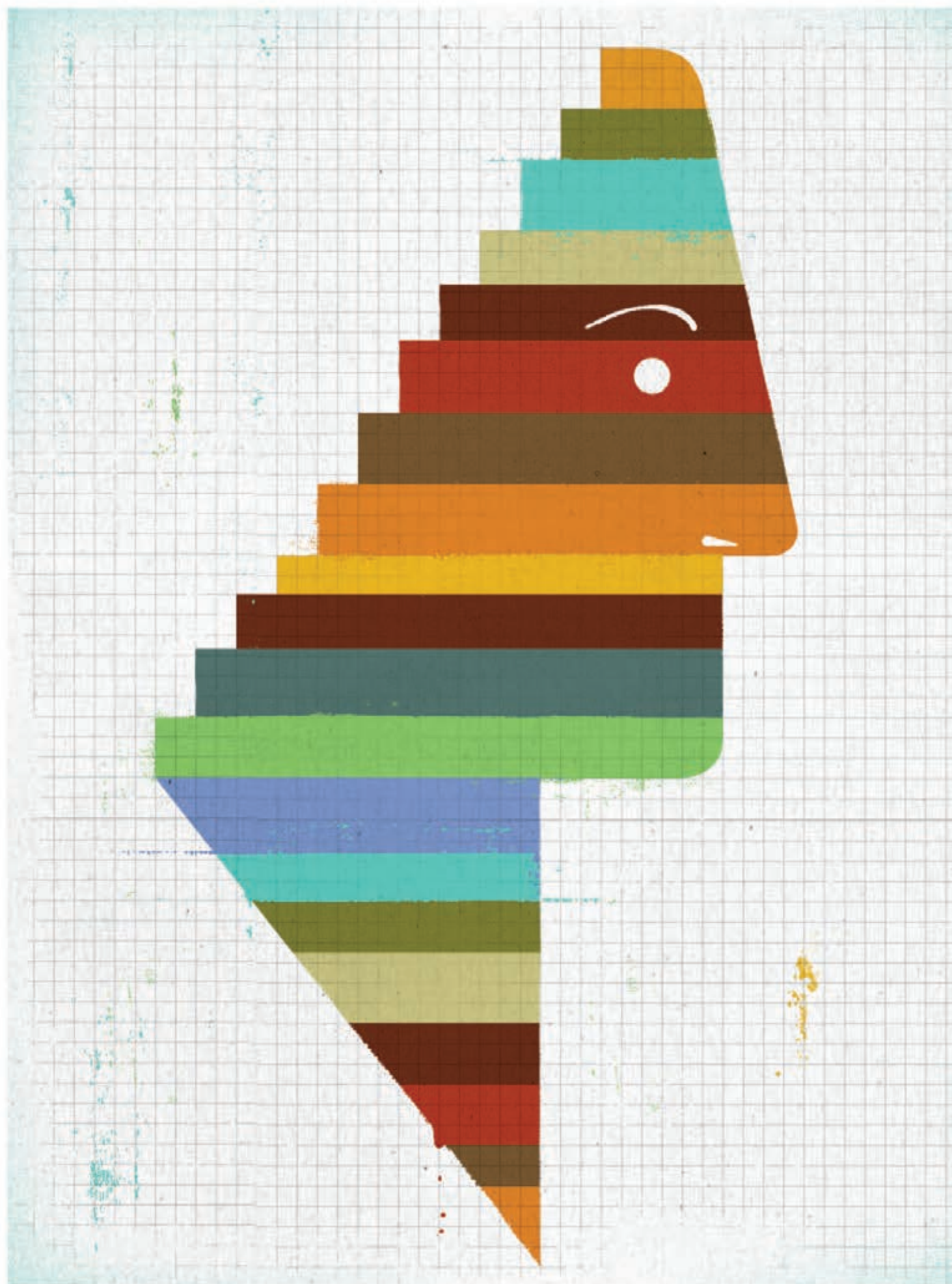
Лицей — наша слава,
Лицей — наша сила,
Тобой мы гордимся,
Ты знаний светило.
Ты учишь нас жизни,
Дашь нам уроки.
С тобой открыты любые
дороги.

Припев:

Славься, физтех-лицей!
Крепни и процветай!
Дружбы законы нам передай,
Выучи и воспитай!

Мы лицеисты,
Мы гордость лицея.
Славу его приумножить сумеем.
Откроем законы,
Решим теоремы,
Составим проекты,
Расчеты и схемы





УРАВНЕНИЕ НЕРАВЕНСТВА

*Наука и технология — основа
благоденствия и процветания
нашего общества. Но на кого
опирается сама наука?*

Фред Гутерл

Сотрудничество между людьми, порой совершенно непохожими друг на друга, — тема, которую за последние годы поднимали в науке неоднократно. Человеческий разум не признает национальных и географических преград, он пронизывает интеллектуальную среду на всех континентах. Современные средства коммуникации позволяют людям, стоящим на переднем крае познания, общаться друг с другом, быстро и с небывалым размахом обмениваясь идеями и мнениями. Мы уже дважды отдавали должное вопросам сотрудничества в наших специальных репортажах о состоянии мировой науки — в прошлом году, когда говорили об инновационных технологиях, и в позапрошлом, когда обсуждались фундаментальные исследования. Сейчас мы снова обращаемся к этой теме, на этот раз — с точки зрения роли личности в науке.

Слово «разнообразие» звучит весьма плоско и буднично, когда речь идет о глобальной попытке включить в научную, культурную

и политическую деятельность — да и просто в поиски своего места в мире — всех людей, а не только представителей привилегированных классов. То, что делается во всем мире с этой целью, намного превосходит рамки нашего короткого обзора — ведь мы говорим сейчас только о науке и смежных с ней областях. Поскольку для нас важны не просто общие рассуждения на тему участия различных людей в интеллектуальной сфере, а доказательная аргументация, мы обращаемся на этих страницах к эмпирическим данным, которые, к сожалению, часто остаются незамеченными.

В последние годы становится все более отчетливо понятно, что «разнообразие» живет в самом сердце науки и изобретательства. Судя по научной литературе, несходство между людьми, составляющим один авторский коллектив, непосредственно влияет на качество научной работы, которую этот коллектив делает. Как рассказывается в статье Кэтрин Филлипс (Katherine W. Phillips) на предыдущих страницах, работая в одной группе с людьми, непохожими на нас, мы автоматически начинаем уделять своей части работы больше внимания и гораздо тщательнее готовимся к обсуждениям. Разнородные группы специалистов работают эффективнее именно потому, что мы более серьезно относимся

к людям, отличающимся от нас самих и привычного нам окружения. Иначе говоря, если качество работы — это конечная цель, то разнообразие людей и мнений — необходимая составляющая такой работы.

Однако для того, чтобы такая «синергия несходства» проявляла себя должным образом, необходимо создать правильную атмосферу. Каждому из участников лично будет стоить немалых усилий научиться преодолевать подсознательную предвзятость в своем обращении с другими. Для организации же это означает массу дополнительных хлопот, чтобы «прятие непривычного» стало в ней этической нормой. Виктория Плаут (Victoria Plaut) в статье «Милости просим всех» отмечает, что организации, где распрощались с «дальтоническим» взглядом на разнообразие оттенков человеческой кожи, а также на другие исторически разделяющие нас вещи, и где приветствуется стремление принять все многообразие людей, работающих в коллективе, не опускаясь до стереотипов и бюрократических «рогатов», — такие организации действительно могут по-настоящему использовать преимущества, дарованные несходством людей.

Разумеется, в сегодняшнем репортаже речь не идет о том, что разнообразие людей — вещь исключительно утилитарная, требующая лишь как материал для достижения целей, не связанных с ней самой. Ведь наука — это еще и соревнование между людьми и коллективами за право быть первопроходцами в своей области и послужить делу обновления человеческой культуры. Поэтому мы сопровождаем данную серию статей короткими эссе, написанными выдающимися людьми, которые приняли этот вызов.

Первоначально мы намеревались обсудить здесь что-то вроде «индекса разнообразия» — показатель того, насколько успешны те или иные страны в области вовлечения в науку различных слоев населения. Но потом мы поняли, что на сегодня такая задача нам не по силам. Прекрасно, например, что две из крупнейших и самых заметных международных компаний, работающих в области высоких технологий, — Google и Apple — опубликовали данные о составе своих собственных сотрудников и о том, насколько успешно (или, наоборот, не очень) внутри этих компаний поддерживается разнообразие персонала по социальным показателям. И все-таки это лишь капля в океане информации, где данные о представленности населения в научной и технологической сфере встречаются пока очень редко. Причин здесь несколько.

Для начала весьма непросто дать точное определение таким вещам, как «нация» или «раса». Перепись населения США показала, что две трети наций и народностей, живущих в стране, действительно осознают себя как единое целое, но при этом пользуются для выражения этой идеи очень различающимися терминами, такими как «раса», «этническое происхождение», «национальность», «родство по предкам», «племенная принадлежность», «коренная народность» и другими. Во многих странах ведется учет бедности и «низших» классов, но эти категории везде понимаются по-разному. Наличие у людей инвалидности или тяжелых болезней, ограничивающих социальную активность, еще сложнее и зафиксировать, и классифицировать. Гендерный состав населения как таковой учесть сравнительно легко (хотя и тут имеются некоторые группы людей, с трудом поддающиеся определению и систематизации), тем не менее точных данных о сравнительном участии в интеллектуальной деятельности мужчин и женщин все еще очень мало. «Подробных сведений о занятости населения в науке и инженерии — таких, которые можно было бы сопоставлять на международном уровне, — просто не существует» — подчеркивают специалисты Национального научного фонда в изданном ими отчете «Статистические данные в сфере науки и инженерии» (*Science and Engineering Indicators*) за 2014 г. В общем, все говорит за то, что на этом поприще мы могли бы потрудиться и лучше.

Чтобы на деле способствовать включению самых разных социальных слоев в науку и культуру, нам следует уделить особое внимание первичной информации, идущей от конкретных людей. Ученые гордятся своей объективностью, однако личный опыт и персональный взгляд на вещи имеют прямое отношение к тому, какие вопросы мы задаем в научных исследованиях и какие ответы на них даем. Люди, занятые в науке и инженерии, управляют огромным механизмом, который, как мы верим, делает наш мир все более благополучным, безопасным и процветающим. Так кто же они, эти люди?

Перевод: В.Э. Скворцов

ЧТО? ГДЕ? КОГДА?

Глобальная статистика по занятости различных групп населения в области науки и техники все еще не слишком подробна, и то, о чем она способна сейчас поведать, не очень впечатляет

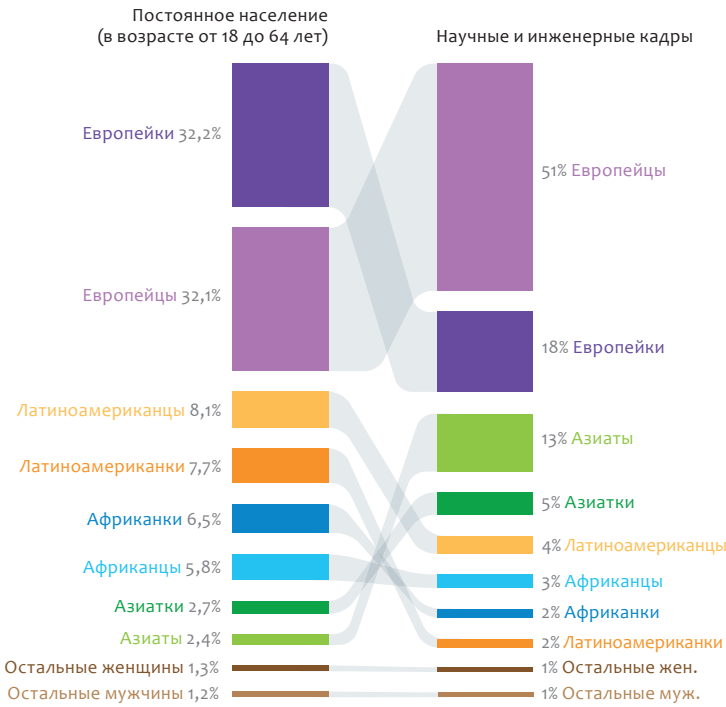
Число людей, занимающихся научно-исследовательской деятельностью, в последние годы растет все быстрее. Правительство КНР сообщает о том, что в период с 1995 по 2008 г. численность научно-технических кадров в стране выросла втрое и все еще продолжает расти с такой же скоростью. В Южной Корее за тот же период число работников в интеллектуальной сфере удвоилось, и такая же тенденция прироста сохраняется до сих пор. Даже в США и Европе, где процент населения, вовлеченного в науку, и так традиционно велик, продолжает идти активный рост занятости в исследовательских областях. Количество научных кадров в США выросло с 1995 по 2007 г. на 36%, а в Европе с 1995 по 2010 г. — на 65%. Наиболее яркие исключения из общей тенденции — Япония, где данный показатель долгое время не меняется, и Россия, где он явно идет вниз. Что же касается данных о представленности в интеллектуальной сфере различных групп населения, то об этом мы располагаем лишь фрагментарной информацией. Вот наиболее хорошо изученные примеры.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

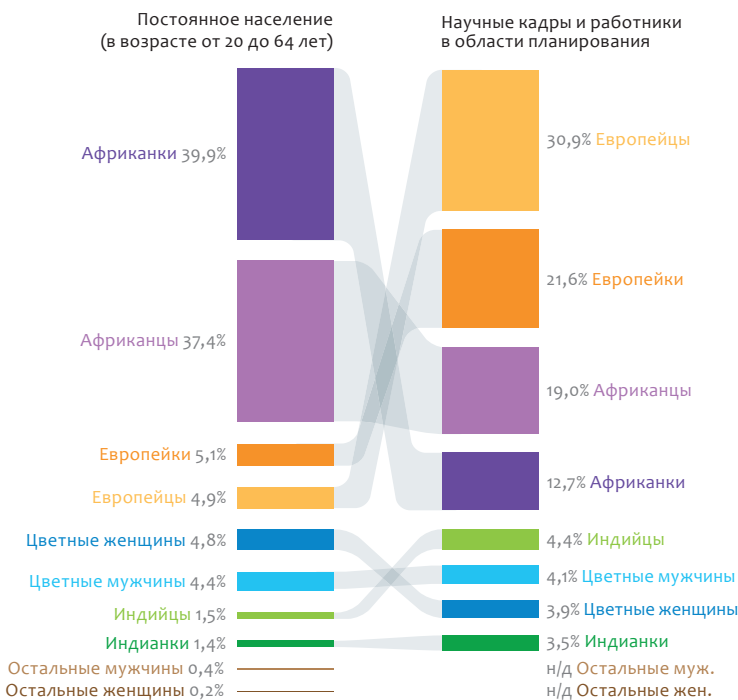
- Science and Engineering Indicators 2014. National Science Board. National Science Foundation, 2014. www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/home
- A Picture of the UK Scientific Workforce: Diversity Data Analysis for the Royal Society. The Royal Society, 2014. <https://royalsociety.org/policy/projects/leading-way-diversity/uk-scientific-workforce-report>
- National Science Foundation's Women, Minorities, and Persons with Disabilities in Science and Engineering: <http://nsf.gov/statistics/wmpd/2013>
- UNESCO Institute for Statistics's Women in Science report: www.uis.unesco.org/ScienceTechnology/Pages/women-in-scienceleaky-pipeline-data-viz.aspx

Расовая и этническая принадлежность. В большинстве анкет, использующихся при переписи населения, есть вопросы о национальной или этнической принадлежности. Однако формулировки могут сильно различаться от государства к государству (например, в ЮАР принят неопределенный термин «цветное население»). Эта информация используется в демографических исследованиях, выходящих далеко за рамки собственно представленности различных рас и национальностей в науке и инженерии. Некоторые страны, впрочем, изучают вклад этнических меньшинств в науку.

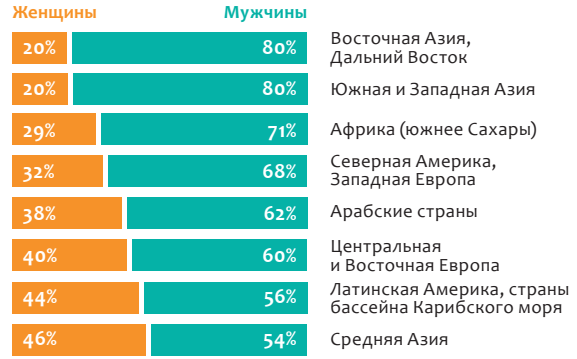
США (2010)



ЮАР (2011)



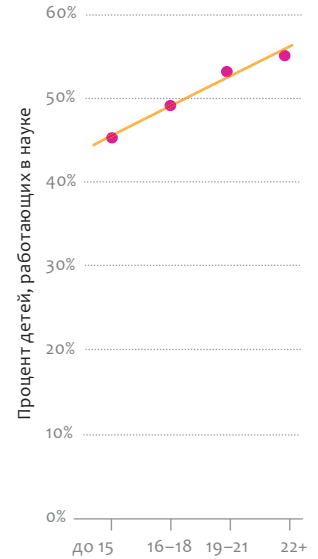
Состав научных кадров по мировым регионам (2010 г. или позднее)



Гендерный состав. Данные о представленности мужчин и женщин среди ученых и инженеров (как учащихся, так и работающих) существуют для большинства регионов мира, т.к. практически во всех странах ведется учет гендерного состава населения (хотя при этом, как правило, не учитывается трансгендерная составляющая). Приходится признать, что в среднем женщины заняты в интеллектуальной сфере заметно меньше, чем мужчины. Желающие могут найти в материале «Гендерный разрыв» дополнительную информацию, касающуюся доли мужчин и женщин среди обладателей докторской степени (Ph.D.).

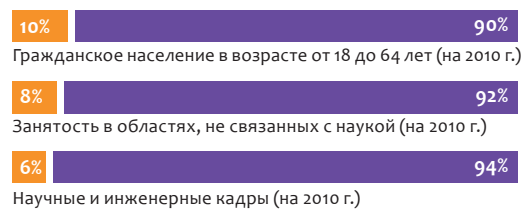
Принадлежность к социальному или экономическому классу.

Специальный анализ состава научно-инженерных кадров в США, недавно выполненный для Британского королевского общества, выявил тесную корреляцию между социальным происхождением людей (включая экономические условия их жизни) и их стремлением сделать карьеру в науке. «Чем выше социальный статус или образовательный уровень родителей, тем больше вероятность того, что их дети будут работать в науке, — гласит фраза из отчета. — Корреляция эта выражена настолько ярко, что описанная закономерность имеет вид градиента — такого же типа, как часто упоминаемая в научных статьях зависимость между социальным положением и образованием родителей и уровнем академической успеваемости их детей».

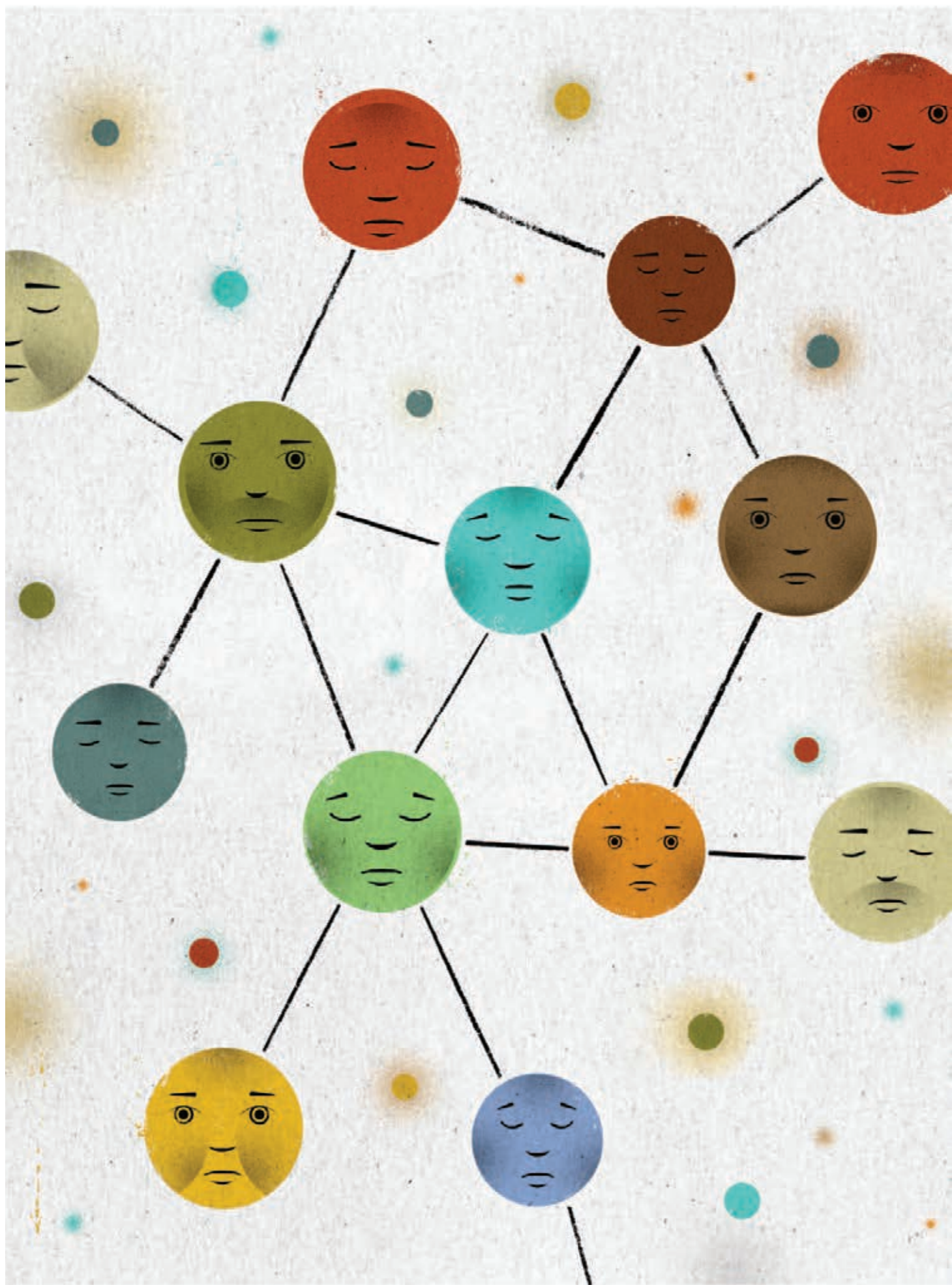


Возраст, в котором родители прекращают полноценное дневное обучение

С инвалидностью **Без инвалидности**



Инвалидность. Данные о представленности в интеллектуальной сфере людей с инвалидностью неполны и с трудом поддаются анализу в мировом масштабе. Трудности учета дополнительно осложняются тем обстоятельством, что человек может как быть инвалидом с детства, так и стать таковым в любой момент жизни. Независимо от того, врожденная инвалидность или приобретенная, эти люди меньше представлены в науке и инженерии по сравнению с населением в среднем.



**ОБ АВТОРЕ**

Кэтрин Филлипс (Katherine W. Phillips) — профессор в области этики и проблем руководства, а также старший заместитель декана в Колумбийской школе бизнеса.

СИНЕРГИЯ НЕСХОДНЫХ

В окружении людей, непохожих на нас, мы становимся более усердными, изобретательными и ответственными

Кэтрин Филлипс

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

- Десятилетия научных исследований в области психологии, социологии, экономики и управления показывают, что социально неоднородные группы, включающие людей разного пола, расы, национальности и сексуальной ориентации, более склонны к нестандартному мышлению и инновационным решениям, чем однородные.
- Интуитивно понятно, что группа людей с разным образованием и опытом будет лучше решать нетривиальные и комплексные проблемы, но не столь очевидно, что такую же пользу приносит и социальное разнообразие. Однако это так, утверждают ученые.
- Дело не только в том, что люди с разным жизненным багажом обладают разной информацией, полезной для всех. Уже одно понимание того, что человек находится в обществе непохожих на него людей, заставляет его лучше готовиться к дискуссиям, быть более ответственным в общении, воспринимать чужую точку зрения и быть готовым к тому, что достижение общего согласия — нелегкий труд.

Н

ачиная разговор о многообразии людей и мнений, с самого начала необходимо признать: иметь дело с этим очень нелегко. Даже в США, где диалог о широком участии всех слоев населения в общественной жизни находится в относительно продвинутом состоянии, одно упоминание о необходимости поддерживать в социуме неоднородность может привести к серьезным вспышкам недовольства и стать поводом для крупных конфликтов.

Члены Верховного суда США расходятся в своих мнениях о том, какими средствами поддерживать социальное разнообразие. Множество корпораций тратят миллиарды долларов на то, чтобы привлечь внимание к данному вопросу, или же пытаются решать его самостоятельно, однако все, с чем они сталкиваются, — это горы законодательных актов, поддерживающих дискриминацию. Неудивительно, что до сих пор в высшем звене управления бизнесом абсолютно преобладают мужчины, и притом белые.

Можно спросить: а что вообще хорошего в социально неоднородном обществе? Разнообразие специализаций и личного опыта необходимо везде: попробуйте построить новый автомобиль без участия, с одной стороны, инженеров, с другой — дизайнеров, а с третьей — специалистов по техническому контролю. Но это, положим, работа, а как насчет общества в целом? Какая польза нам от наличия в нем представителей различных рас, народов, не говоря уже о сексуальных меньшинствах? Какие только проблемы не вызывает присутствие людей,

ОСОБОЕ МНЕНИЕ

Меган Банг, Кэрол Ли и Дуглас Медин



Меган Банг (Megan Bang) — старший преподаватель по курсу психологии преподавания и обучения в Вашингтонском университете.

Кэрол Ли (Carol D. Lee) — профессор в области социальной политики, науки об образовании и расовых проблем в Северо-Западном университете в Эванстоне, штат Иллинойс.



Дуглас Медин (Douglas Medin) — профессор в области психологии, социальной политики и науки об образовании в том же университете.

Повышение научного уровня исследования и достижение чувства равенства — две наиболее распространенные причины того, почему несхожие люди берутся совместно изучать одну и ту же проблему. Впрочем, влияние культурных, гендерных и расовых особенностей давно уже сказывается и на устройстве науки в целом.

ных наблюдательниц, которыми в итоге завладевал самец-победитель. В крайнем случае им позволялось выбирать из нескольких самцов, но, конечно, тоже самых сильных и агрессивных.

Идея, что самки могут играть и более активную роль в групповых взаимодействиях у обезьян и даже спариваться

От них зачастую зависит то, какую область мы выбираем, какие методы используем и на что направлено наше исследование в более широком смысле. Ибо когда мы вступаем в мир науки, мы не оставляем за порогом наш культурный багаж.

Возьмем, например, исследования социального поведения у приматов. Сегодня мы сразу вспоминаем Джейн Гудолл и ее жизнь среди шимпанзе. Но ведь до нее почти все исследования в области приматологии проводились мужчинами, а те, в свою очередь, обычно опирались на идеи Чарлза Дарвина о роли полового отбора в эволюции и поэтому изучали взаимоотношения между приматами как основанные лишь на конкуренции между самцами за самок. Самкам при этом доставалась лишь роль пассив-

со многими самцами (вне зависимости от их ранга в иерархии), просто никому не приходила в голову, пока за дело не взялись ученые-женщины. Почему же они увидели то, что оставалось незамеченным мужчинами? Вот что пишет об этом антрополог Сара Хрды (Sarah Hrdy): «Когда, например, самка лемура или бонобо демонстрирует доминирующее поведение в общении с самцом или же самка лангура покидает свою группу, чтобы добиться внимания самца-одиночки, мужчины считают это скорее отклонением от нормы и машут рукой на необычность происходящего, а вот женщина-исследователь наверняка заинтересуется таким поведением и начнет изучать его подробнее». Исследования самой Сары Хрды посвящены стратегии материнского поведения у приматов.

Национальная культура тоже влияет на характер исследования. В 1930–1940-х гг. американские приматологи изучали диких обезьян в природе по принципу минимального вмешательства и при этом интересовались только вопросами доминирования у самцов и вытекающего отсюда репродуктивного успеха последних. Отдельные особи их практически не интересовали — разве что с точки зрения места, занимаемого ими в иерархии доминирования. Таким образом, в американской приматологии долгое время не было данных ни по поведению особей, ни по наблюдениям за группами в целом. Напротив, японские исследователи гораздо больше интересовались статусом каждой отдельной

непохожих друг на друга, в одной и той же среде, скажем, в одном офисе: тут и чувство дискомфорта, и непонимание, и недоверие, и боязнь межличностных конфликтов и неуважительного отношения. Разве может коллектив с такой массой внутренних сложностей выступать как нечто единое?

Допустим, весь этот скепсис оправдан. Где же тогда плюсы? А плюсы заключаются в том, что если всерьез необходимо создать группу людей или организацию, способную к новаторскому мышлению, то разнообразия не избегать. Оно стимулирует творчество, активные дискуссии, поиск новой информации, позволяет проще решать сложные проблемы и принимать ответственные решения. Взаимодействие непохожих работает на всех уровнях — от «всего лишь» поднятия доходов компании до технологических прорывов и фундаментальных



открытий. Даже простое знакомство с тем фактом, что все люди разные, может в корне изменить ваше мышление. Не думайте, что я говорю так ради красного словца: напротив, я заявляю это на основании множества исследований, проведенных социологами, психологами, экономистами и этнологами, десятилетиями изучающими проблемы неоднородности общества.

Информация и инновация

Ключ к пониманию позитивного смысла человеческого многообразия — концепция об уникальности опыта каждого человека. Когда несколько человек собираются вместе, чтобы решить какую-то проблему, все они приходят со своими знаниями и мнениями. Смысл этого очевиден при междисциплинарных контактах — как в том случае с проектом нового автомобиля. Та же самая

особи и всей сложностью социальных взаимоотношений у приматов: именно такие аспекты играют особую роль в общественной жизни самих японцев.

Разница в национальной культуре привела к смещению фокуса научных интересов. В результате японские ученые выяснили, что иерархия самцов — всего лишь один из множества совместно действующих факторов, определяющий состав особей и взаимоотношения между ними в группах обезьян. У самок, например, обнаружилась своя собственная иерархия; больше того — основа состава любой группы обезьян базируется на родственной преемственности именно среди самок, а не самцов. Наконец, длительные наблюдения показали, что возможность играть в стае роль альфа-самца зависит далеко не только от физической силы и агрессивности конкретной особи.

Социальное разнообразие ученых давно уже проявляет себя и в науках, связанных с обществом и образованием. Так, опубликованная в 1970-х гг. влиятельная работа Лоуренса Кольберга (Lawrence Kohlberg) о стадиях нравственного развития у детей была позднее подвергнута критике со стороны женщины-психолога Кэрол Джиллиган (Carol Gilligan) в связи с тем, что эта гипотеза не учитывала особенностей женского восприятия мира, в котором большее место уделяется заботе о других. Аналогично модель, выдвинутая Кольбергом, игнорировала и моральные принципы, принятые в восточных религиях, где особое положение занимают принципы товарищества и ненасилия.

Значительность научной работы проистекает не только из соблюдения традиционных канонов, таких как рецензирование рукописей, соблюдение принципов повторяемости эксперимента и т.п. В социальных науках многое зависит от того, какие группы населения изучаются, каким проблемам отдается приоритет и какие методы и показатели используются. Здесь следует уважать точки зрения разных людей и понимать, какие ценности они защищают. Например, социологи, принадлежащие к белой расе и среднему классу, часто ориентируются в основном на людей той же расы и того же класса — однако нельзя экстраполировать выводы подобных исследований на все общество целиком.

Поскольку жизнь в определенной культурной среде, собственно, и делает нас людьми, избежать влияния культурных традиций на науку невозможно, но и от этого тоже будут зависеть результаты исследований. Например, психологи-теоретики одно время специально подчеркивали важность культурной интеграции и выдвинули концепцию, ранее широко поддерживавшуюся, что развитие личности должно базироваться на неких общекультурных принципах. Однако изучение того, как влияет на развитие детей понимание их собственной расовой и национальной принадлежности, раздвинуло границы старой концепции. Ученые, принадлежащие к национальным и культурным меньшинствам, указали на то, что исследования должны стремиться к выявлению эффектов, проистекающих из реальной неоднородности общества, а не из его теоретически постулируемого единства.

Таким образом, социальная гетерогенность самой научной среды крайне важна для устранения слишком односторонних тенденций во взглядах на мир и для расширения научного кругозора. Двое из авторов этой заметки (Меган Банг и Дуглас Медин) вместе со своими коллегами выявили и задокументировали устойчивые связи между культурными традициями разных народов и их взглядами на взаимоотношения человека и окружающей природы. Американцы европейского происхождения, живущие в сельской местности, имеют склонность рассматривать себя отдельно от природной среды, в которой они существуют. Напротив, коренные жители Америки воспринимают себя как часть природы. Естественно, такие различия влияют и на то, как люди относятся к сегодняшним проблемам, связанным с окружающей средой. Между прочим, именно поэтому, возможно, большинство европейцев и американцев могут представить себе идеал «девственной природы» только как экосистему, целиком свободную от людей.

Существует мнение, что ученый должен сохранять дистанцию между собой и объектом, который изучает. Но догматичное следование этому принципу может привести нас в никуда. В науке, как и в живописи, должна быть перспектива, разница только в том, что в науке перспектива может быть не одна: ведь мы способны понимать окружающий мир ровно настолько, насколько сумеем избавиться от нашей предвзятости, чтобы затем увидеть его со всех сторон.

логика и в случае с социумом — несходство между мужчинами и женщинами или же между представителями всевозможных рас и наций сопровождается различиями в подходах, с которыми люди приступают к решению той или иной задачи. Два инженера, мужчина и женщина, могут иметь разницу во взглядах не меньшую, чем инженер и физик независимо от пола, — и это часто идет работе на пользу.

Исследования, проведенные в крупных организациях, занимающихся инновационным разработками, подтверждают описанный феномен. Например, Кристиан Десе (Cristian Deszö) и Дэвид Росс (David Ross), профессора кафедр управления бизнесом в Мэрилендском и Колумбийском университетах, изучали влияние гендерного состава сотрудников 1,5 тыс. лучших компаний

по данным рейтингового агентства *Standard & Poor's*, подразумевая, что такая выборка отражает состояние данного вопроса в целом по США. Вначале они проанализировали численность и гендерный состав высшего управляющего звена фирм за период с 1992 по 2006 г., а затем проверили зависимость финансового успеха компании от этих параметров в течение того же самого времени. По словам исследователей, они выяснили, что «появление женщин в составе высшего руководства приводит к повышению стоимости фирмы в среднем на \$42 млн». Кроме того, Десе и Росс измерили инновационный потенциал фирм — отношение затрат на научные исследования и разработки к стоимости активов компании. Они пришли к выводу, что присутствие женщин среди высших руководителей коррелирует с большими

ОТКРЫТАЯ НАУКА

Стивен Бишоп



Стивен Бишоп (Steven Bishop) — профессор-математик в Университетском колледже Лондона.

«Гражданская наука» открыла научный мир для широкой публики, и это быстро привело к созданию множества проектов, давших всем нам много нового и интересного. Она не просто придала исследованиям новые силы, она привлекла туда много неожиданных точек зрения, которые иначе так и оставались бы за бортом. Новые люди, новые идеи, новые проблемы.

Новый вид науки стимулируется развитием Интернета, смартфонов и других «умных» средств коммуникации, объединением компьютеров в «облачные» системы и т.д. Все это позволяет тысячам ученых совместно с любителями науки, которые часто разбросаны по всему миру, участвовать в сборе информации о проблемах или объектах самого разного характера и масштаба. Проект «Галактический зоопарк» (*Galaxy Zoo*) занят классификацией галактик. Экологический сайт *Qcumber* позволяет передавать информацию с мест о существовании угроз для окружающей среды. Орнитологический проект *FeederWatch* нацелен на учет птиц в Северной Америке. Калифорнийская система добровольного наблюдения *Roadkill Observation System* собирает сведения о гибели животных на автомобильных дорогах. Все эти программы позволяют собирать и анализировать

данные с подробностью, которая иным путем просто недостижима.

Вездесущие мобильные устройства делают участие в науке доступным не только для людей богатых, грамотных и образованных. Джером Льюис (Jerome Lewis) из Университетского колледжа Лондона занимался картированием ценных видов деревьев в Камеруне, используя для этого самую примитивную цифровую фотографию. Методы гражданской науки вполне

подходят и для исследования общества, позволяя фиксировать случаи дискриминации или злоупотребления гражданскими правами, а также поддерживать вовлеченность местного населения в социальные проекты.

Дело, однако, не только в сборе информации. Многие проекты гражданской науки кардинально изменили наше восприятие мира. Проект по ежегодному учету птиц на Рождество (*The Annual Audubon Christmas Bird Count*) призывает участников к изучению тенденций изменения численности птиц в природе и причин, вызывающих гибель диких видов. Вовлеченность в эту деятельность разных слоев населения приводит к тому, что отношение широкого общества к охране природы постепенно меняется к лучшему. Самое же интересное, что проект был задуман как культурная альтернатива традиционному отстрелу птиц, также происходившему в рождественский день.

Масштабы исследований, опирающихся на гражданскую науку, имеют свойство быстро расти. Местный вебсайт, задуманный вчера в школьном классе, сегодня может превратиться в глобальную инициативу; среди таких примеров — проект «Стрелист» (*Leafsnap*), участники которого помогают друг другу определять виды растений по всему

миру. Обобщение знаний служит прекрасным стимулом для рождения новых идей — это демонстрирует нам проект «Сверни-ка» (*Foldit*), посвященный решению загадок о пространственной конфигурации белков. Подробно разработанные платформы, такие как «Живая вселенная» (*Zooniverse*), позволяют людям затевать самые разнообразные формы сотрудничества.

Существующие сейчас крупные международные научные организации, например *CERN*, собирают вокруг себя множество ученых разных специальностей для решения разнообразных задач в тех или иных областях науки. Вовлечение в их работу специалистов и любителей может быть многократно умножено с помощью гражданских инициатив. Таким путем наука как бы получает новое измерение, позволяя людям предлагать свои решения для различных проблем. Например, в Исландии после финансового кризиса 2008 г. администрация городов испытывала серьезные затруднения при распределении весьма ограниченного бюджета на те или иные нужды. Городской совет Большого Рейкьявика решил вовлечь горожан в обсуждение того, как выйти из затруднительной ситуации. Горожане придумали целый ряд инновационных проектов, расставили их в порядке приоритета, собрали на них деньги и решили, какую часть бюджета на что выделить. Успех подобных начинаний открыл нам глаза на новые пути финансирования науки, хотя бы такие как краудфандинг. Много ли времени потребуется на то, чтобы подобные эксперименты стали в порядке вещей? В любом случае рано или поздно мы продвинемся еще дальше. Открытые информационные ресурсы дадут любому человеку доступ к данным, моделям и аналитическим программам, так что все мы сможем задавать мирозданию свои собственные вопросы и искать ответы на них. Кто знает, как будут выглядеть в эти времена школьное образование и академическая карьера?

вложениями фирм в новые разработки и существенным ростом прибыли в результате применения технических новшеств.

Участие в деловой жизни представителей различных рас дает точно такие же плюсы. В 2003 г. Орландо Ричард (Orlando Richard), профессор в области менеджмента из Техасского университета в Далласе, провел вместе с коллегами исследование состава группы исполнительных директоров в 177 национальных банках США и создал базу данных, в которой свел воедино информацию по расовой принадлежности руководителей, деловому успеху банков и их ориентированности на инновационные исследования. Оказалось, что в банках, политика которых была ориентирована на инновации, расовое разнообразие в руководстве тесно и положительно коррелировало с финансовым успехом.

Подобные закономерности мы можем наблюдать и далеко за пределами Соединенных Штатов. В августе 2012 г. команда исследователей из Швейцарского исследовательского института по вопросам кредитования опубликовала отчет о результатах анализа деятельности 2360 компаний по всему миру с 2005 г. по 2011 г., в котором особое внимание уделялось связям между гендерным составом руководства и финансовым успехом той или иной фирмы. Результат был вполне предсказуем: наличие в руководящем составе одной или нескольких женщин приводило к значительному повышению прибыли на собственный капитал, понижению гиринга (доли заемного капитала) и росту финансового успеха в целом.

Как из разнообразия рождается творчество

Исследования, основанные исключительно на обобщении большого объема данных, имеют одно существенное ограничение: они лишь демонстрируют статистически, что многообразие людей и мнений коррелирует с большим деловым успехом, но не могут доказать, что причиной успеха становится именно социальная неоднородность. Причинно-следственные отношения гораздо лучше выявляются при исследовании малых групп, как это, например, было сделано для лучшего понимания роли расового разнообразия. Выводы здесь те же, что и для крупных организаций: разнородность стимулирует творческое мышление. Но как именно это происходит?

В 2006 г. Маргарет Нил (Margaret Neale) из Стэнфордского университета, Грегори Норткрафт (Gregory Northcraft) из Иллинойского университета в Эрбэне и Шампейне и автор этой статьи решили провести эксперимент по влиянию расового разнообразия на эффективность коллегиальной работы в ситуациях, когда успешность решения проблемы зависит от обмена информацией внутри группы. Участниками нашего эксперимента были студенты, обучавшиеся по программе управления бизнесом в Иллинойском университете. Мы разбили участников на группы по три человека. Некоторые группы состояли только из белокожих студентов, в других двое были белыми, а один представлял какую-нибудь группу населения США с другим цветом

кожи. Всем группам было предложено распутать детективную историю с загадочным убийством. Разумеется, мы убедились, что все участники одинаково незнакомы с предложенным сюжетом, а затем отдельному студенту был дан некий ключ к загадке, который другие не знали. Чтобы выяснить, кто совершил убийство, каждой группе, скорее всего, потребовалось бы сложить воедино всю информацию, которой каждый из коллег владел индивидуально. И вот что вышло из эксперимента: расово неоднородные группы решали задачу гораздо успешнее, чем группы, состоящие только из белых студентов. Причина этого, по нашему мнению, такова: в окружении людей, внешне похожих на нас, мы склонны думать, что имеем одну и ту же информацию и одинаковые точки зрения, — именно это и ограничивало свежесть мышления и творческий подход в расово однородных группах.

Другие исследователи пришли к похожему выводу. В 2004 г. Энтони Лисинг Антонио (Anthony Lising Antonio), профессор из Школы повышения квалификации работников образования при Стэнфордском университете, в сотрудничестве с пятью коллегами из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе и других научных организаций провел исследование о влиянии разнообразия рас и точек зрения в обсуждениях, ведущихся внутри малых групп. В эксперименте участвовало более 350 студентов из трех университетов. Участники были распределены на небольшие группы, чтобы обсудить одну из двух насущных тем социальной жизни современного общества (правомерность использования детского труда и этические последствия закона о смертной казни). Каждой группе давалось 15 минут на выработку общего мнения по обсуждаемому вопросу. Перед началом эксперимента исследователи составили списки неконформистских заявлений по каждому из вопросов и ознакомили с ними некоторых студентов — как белокожих, так и чернокожих — с тем, чтобы они выступили с одним из таких заявлений на дискуссии в своей группе. Оказалось, что когда члены групп, состоящих в основном из белых студентов, слышали неконформистские заявления из уст чернокожих участников, мнение последних воспринималось ими как действительно новаторское или неожиданное, в то время как те же заявления, высказанные белыми студентами, вызывали гораздо менее оживленную реакцию. Соответственно, в первом случае дискуссия приобретала значительно более широкий и гибкий характер, чем во втором. Урок, извлекаемый из подобных экспериментов, таков: необычная информация в устах непохожего на нас человека заставляет нас задуматься гораздо серьезнее, чем точно такая же информация, полученная от тех, кто мало отличается от нас самих.

Такой эффект не ограничивается лишь расовым несходством. Например, в прошлом году мы с тремя коллегами-профессорами — Дениз Лойд (Denise Lewin Loyd) из Иллинойского университета, Синтией Ван (Cynthia Wang) из Университета штата Оклахома и Робертом Ланунтом — младшим (Robert B. Lount Jr.) из Университета штата Огайо — провели эксперимент с участием 186 добровольцев. Мы попросили участников определить свои

НАУКА КАК СРЕДСТВО САМОВЫРАЖЕНИЯ

Даниэль Ли



Даниэль Ли (Danielle N. Lee) — биолог, изучает экологию и поведение животных, а кроме того ведет блог *Urban Scientist* для журнала *Scientific American*.

Как сделать наше общество более безопасным? Как обеспечить всех питьевой водой? Любой подобный вопрос требует участия науки. Однако на протяжении почти всей истории наука создавалась на основе европейского понимания человеческих ценностей. Представители белой расы — как в Европе, так и в Америке — определяли, кто задает вопросы, как решаются проблемы и что вообще для нас важно. Да, за это время было сделано много научных открытий и технических изобретений, но так же много вопросов было оставлено без внимания или даже отброшено с пренебрежением, т.к. кругозор ученых был поневоле ограничен.

Когда люди стремятся изучать то, что им лично больше всего нравится, наука меняется вместе с ними и личные интересы становятся общим достоянием. Робин Нельсон (Robin Nelson), старший преподаватель по курсу антропологии в Колледже Скидмора, штат Нью-Йорк, считает, что структура исследовательских работ по биологической антропологии сейчас быстро меняется именно потому, что все больше людей осознает роль личного опыта и знаний в науке. Нельсон вспоминает один эпизод из ее собственной работы, посвященной ведению хозяйства в семьях народов, населяющих острова Карибского моря. Она решила тогда прислушаться к совету женщин, среди которых проводила свои исследования, и расширить рамки

работы, включив туда и мужчин, которые тоже вносили свой вклад в благополучие семьи.

«Чтобы до конца понять местных женщин, я должна была разобраться в том, как они в целом воспринимают мир вокруг себя» — рассказывает Робин. А для этого в результате ей потребовалось провести опросы и среди мужчин — братьев и отцов этих женщин. В итоге она выяснила, что роль в хозяйстве, которой брала на себя та или иная женщина, во многом определялась ее реакцией на материальную и эмоциональную заботу со стороны мужской части семьи.

Когда в науку приходят люди из тех слоев населения, которые в ней мало представлены, это часто сопровождается осознанием определенной личной миссии. Карл Харт (Carl Hart), старший преподаватель по курсу психологии и психиатрии в Колумбийском университете, рос в трущобном районе Майами во времена рейгановской «войны с наркотиками» 1980-х гг. Попробовав наркотики сам и увидев, как его друзья и соседи по дому страдают от преступлений, связанных с наркоторговлей, он коренным образом изменил свою жизнь. Харт окончил колледж и занялся исследованиями по физиологии мозга, чтобы понять, почему наркотики так сильно влияют на людей. Вот что он рассказал в 2013 г. газете *Huffington Post*: «Когда у тебя имеется такой взгляд на вещи, которого не ждешь от обычных ученых, ты поневоле начинаешь воспринимать научную проблему по-особому. Тебе приходится быть смелым, потому что теперь это все имеет отношение к людям, которые тебе дороги».

Еще один пример — Маргарет Редстир (Margaret Hiza Redsteer), ученая-исследователь, работающая в Геологической службе США. Она изучает

влияние климатических изменений на жизнь коренного индейского народа навахо, в особенности на земельные и водные ресурсы в области их компактного проживания. Когда Маргарет поднимала свою семью в резервации, ее всерьез обеспокоила ситуация с водой, которая становилась все грязнее, а порой и вовсе отсутствовала. В колледж Маргарет поступила в возрасте 28 лет, и главным ее интересом была геология и гидрология, потому что ей хотелось знать, как связаны между собой ландшафты, землепользование и источники воды, которой так не хватало ее соплеменникам. «Одна из важнейших вещей, которую я поняла в процессе обучения, это то, что взгляд на научную проблему определяется тем, кто ты есть сам и как ты видишь мир вокруг себя», — написала она в своем досье для Общества по продвижению в науке латиноамериканцев и коренных американцев (индейцев).

Экологи наконец вплотную подошли к проблемам, создаваемым городами для окружающей среды. Но ведь эти проблемы уже давно знакомы цветному населению Америки и другим жителям бедных районов, которые хотят не только социальной, но и экологической справедливости. Келлен Маршалл-Гиллеспи (Kellen A. Marshall-Gillespie), уроженка Чикаго, прекрасно знает, сколько болезней принесли ее соседям бесконечные выхлопные газы и промышленное загрязнение. Сейчас Келлен учится в аспирантуре при Иллинойском университете в Чикаго, и ее исследования посвящены влиянию загрязнителей воздуха на развитие растений, в том числе видов, важных с пищевой и эстетической точек зрения. «Экологическое неравенство и расизм приводят к страшным последствиям для окружающей среды и тех благ, которые она нам приносит, — так написала она в эссе для Американского экологического общества. — Я чувствую большое вдохновение от того, что могу теперь принять участие в решении проблем сегрегации вместе с экологическими проблемами».

Когда наука перестает отгораживаться даже от самых презираемых слоев общества, это приносит пользу всем и каждому. Сегодня мы учимся слушать тех, кого так долго старались не замечать. В их голосах звучит новое понимание мира.

партийные симпатии (или партийную принадлежность) и разделили их на демократов и республиканцев. Затем каждому участнику давалась на прочтение детективная история с нераскрытым убийством и предлагалось разгадать имя преступника. После этого они должны были написать короткий текст, где обосновывают свою точку зрения на решение проблемы. Свой вариант разгадки они должны были защищать при личной встрече с другим участником, причем всех заранее предупредили,

что их оппоненты имеют отличающуюся точку зрения, однако каждой паре все равно необходимо прийти к единому мнению. При этом половине участников было сказано, что им придется отстаивать свою позицию перед противниками их политической партии, а половине — что они будут спорить с однопартийцами.

Результат таков: и демократы, и республиканцы лучше готовились к спору, если им предстояла дискуссия с предполагаемым политическим противником, и были

куда менее тщательны в выборе аргументов, когда их оппонент принадлежал к той же партии, что и они. Итак, когда нам приходится спорить с людьми, отличающимися от нас в социальном плане, мы автоматически начинаем прикладывать больше усилий, чтобы защитить свою точку зрения. Социальная и любая иная неоднородность способствует более высокой интеллектуальной активности, чем общение с подобными себе людьми.

Данный принцип имеет прямое отношение и к результативности научных работ. В этом году интересное исследование провели совместно аспирант-экономист из Гарвардского университета Вэй Хуан (Wei Huang) и Ричард Фримен (Richard Freeman), профессор экономики в том же университете и руководитель Проекта по исследованию человеческого фактора в науке и инженерии при Национальном бюро экономических исследований. Они проанализировали авторский состав ученых, написавших 1,5 млн научных статей в период между 1985 и 2008 гг. (Для этого они воспользовались данными ресурса *Web of Science* — подробной базы данных по научным публикациям.) Исследователи выяснили, что статьи, написанные авторскими группами, неоднородными этнически, имеют более высокий индекс цитирования и импакт-фактор, нежели статьи, написанные представителями одной и той же нации. Более того, обнаружилось, что уровень влияния публикаций поднимают даже такие факторы, как разнообразие адресов и мест жительства авторов, а также количество цитат в списке литературы.

Сила предчувствия

Социальная и культурная неоднородность — это не только разнообразие точек зрения в дискуссиях на работе. Поведение и мышление людей в социально неоднородных группах меняются еще до того, как будут высказаны непривычные для кого-то мнения.

Люди, общающиеся внутри социально гомогенных групп, в глубине души ощущают некую уверенность, что они смогут тем или иным образом найти друг с другом общий язык и взаимопонимание и что прийти к удовлетворяющему всех мнению не будет им стоить слишком большого напряжения. Но как только люди замечают, что кто-то из окружающих на них не похож, благостные предчувствия покидают их очень быстро. Теперь они скорее готовы подозревать, что в обсуждении их ожидают непредсказуемые сложности, и начинают задумываться о нештучном интеллектуальном сражении. Данное обстоятельство объясняет и позитивные, и негативные стороны социальной неоднородности. В непривычном окружении людям приходится работать куда напряженнее — и это им далеко не всегда нравится, однако же делу почти всегда идет на пользу. В 2006 г. специалист по социальной психологии из Университета Тафтса Сэмюэл Саммерс (Samuel Sommers) провел исследование того, как совещается при вынесении вердикта коллегия присяжных в зависимости от ее расового состава. В качестве примера использовались судебные дела о сексуальном насилии. Оказалось, что внутри расово неоднородного жюри происходит гораздо более широкий

обмен мнений, чем в жюри, состоящем из людей только белой расы. В сотрудничестве с судебной администрацией Саммерс провел в одном из залов суда в штате Мичиган серию инсценировок с разбором несуществующих преступлений, но при участии вполне реальных присяжных. Присяжные знали о том, что стали участниками судебного эксперимента, но не подозревали, что цель его — изучить влияние расового состава на характер обсуждения внутри жюри.

Саммерс собрал несколько групп присяжных, часть из которых состояли только из белых мужчин и женщин, а часть — из четырех представителей белого населения и двух чернокожих участников. Как вы, наверное, уже догадались, смешанные жюри рассматривали материалы дела гораздо пристальнее, были более конструктивны в обсуждении дополнительной информации и вели более открытую дискуссию о роли расовых факторов в том или ином преступлении. Самое интересное — все эти позитивные моменты появлялись вовсе не обязательно из-за того, что афроамериканцы имели какие-то нестандартные позиции в отношении судебного дела; это происходило по той простой причине, что белокожие члены жюри явственно меняли свое поведение в присутствии чернокожих коллег, становясь более усердными и более открытыми к восприятию чужих мнений.

Групповое упражнение

Давайте рассмотрим такой сюжет. Вы пишете один из разделов совместной статьи для обсуждения на ближайшей конференции. Вы подозреваете, что дискуссия вокруг статьи будет сопряжена с трудностями, поскольку ваш соавтор — американец, а сами вы — китаец. Очевидно, вам придет в голову, что различия между вами не ограничиваются одними лишь гражданством и языком. Вы начнете думать о возможной разнице в базовой культуре, в образовании, воспитании, жизненном опыте — обо всех таких вещах, которые не заставили бы вас беспокоиться, если бы речь зашла о любом из ваших китайских коллег. Как вы станете готовиться к предстоящей встрече? Наверняка вы приложите максимум усилий, чтобы обосновать свою точку зрения, и будете ожидать в ответ не менее обоснованных возражений.

Несходство между людьми заставляет нас думать с большей отдачей и рассматривать больше вариантов еще задолго до того, как мы столкнемся с необходимостью отстаивать свое мнение. Наверное, это не всегда приятно. Но делать физические упражнения тоже далеко не всегда доставляет нам удовольствие, однако мы хорошо знаем, что здоровье без этого не сохранить. Говоря коротко, здесь все обстоит в точности как в старой поговорке про труд и рыбку из пруда. Мы реально нуждаемся в общении с людьми, непохожими на нас, — повсюду, будь то офис, университет или просто повседневная жизнь. Только таким путем наше общество может меняться к лучшему, становясь более серьезным и ответственным. ■

Перевод: В.Э. Скворцов

ОБ АВТОРЕ

Стефани Хилл (Stephanie C. Hill) — вице-президент и генеральный управляющий подразделения информационных систем и глобальных решений компании Lockheed Martin.



В ПОИСКЕ ЛУЧШИХ ИДЕЙ

Как я поняла важность
разнообразия

Стефани Хилл

В 1996 г. я, молодая афроамериканка, была твердо намерена показать себя с лучшей стороны в Lockheed Martin, одной из наиболее передовых технологических компаний в мире. Дело в том, что меня назначили руководителем комплексной группы разработчиков программы, которая была критически важна для ВМС США.

Я была уверена в своих способностях разработчика программного обеспечения (ПО) и к тому же имела непосредственное отношение к составлению данных программных требований. Однако предстоящая работа оказалась намного масштабнее. Перед нами была поставлена задача создать перспективный внешний блок управления для морской установки вертикального пуска ракет.

При этом требовалось решить проблему: взять унаследованную систему на основе 16-битного компьютера с элементарным вводом данных с клавиатуры и устройством с компакт-кассетой и разработать вместо нее новый блок, который должен был включать имеющиеся сегодня устройства — процессор PowerPC VME с частотой 166 МГц и сенсорный экран графического интерфейса пользователя. Это было еще до появления планшета iPad, когда сенсорные экраны считались чем-то особенным. И это была одна из первых попыток ВМС применить совместимую снизу вверх технологию (*т.е. такую,*

которая не исключает использования новых версий или модификаций при сохранении старых. — Примеч. пер.), имевшуюся в наличии. Наш блок должен был также обладать повышенной устойчивостью, чтобы выдерживать близкие взрывы. От нас требовалось разработать такой блок за короткое время, сделав его стоимость умеренной.

Учитывая сложность данной программы, сроки ее выполнения и предполагаемый объем инноваций, нам нужно было в максимально возможной степени использовать оригинальность мышления людей с самыми разными профессиональными и личными качествами. В нашей группе, насчитывавшей примерно 30 человек, было несколько людей с разным цветом кожи, несколько женщин (что можно считать характерным для моей отрасли в то время) и наблюдалось здоровое сочетание опыта и молодости. Моей обязанностью было создать атмосферу общей вовлеченности в работу независимо от расовых, половых и возрастных различий.

В том, что именно обстановка вовлеченности и коллективного рассмотрения представляет собой неперемное условие успеха, меня убедило большое разнообразие профессиональных знаний у членов нашей группы. В нее входили инженеры — системные программисты, специалисты по программному обеспечению, инженеры-электрики и специалисты по инженерной психологии.



Illustration by Edel Rodriguez

Здесь же были эксперты по амортизации ударной волны, по электромагнитным импульсам и по имитационным испытательным системам. Теперь оставалось лишь вовлечь их всех в активный обмен мнениями, во время которого выдвигаемые идеи должны были подробно разбираться, подправляться и после каждого нового обсуждения становиться все более весомыми.

Такого рода обстановка не просто выигрывала от разнообразия — она попросту требовала его. Поскольку нам удалось собрать воедино все это разнообразие и успешно управлять им, мы смогли обеспечить нашему блоку те самые технические характеристики, которые требовались заказчику.

Как руководитель группы я должна была предоставлять людям возможность высказывать свои идеи, даже если они отличались от идей их коллег. Я старалась не допустить, чтобы чьи-то предложения оказались отвергнутыми без всякого рассмотрения. Я также ввела порядок, когда люди могли совершенно спокойно задавать вопросы, от которых они подчас воздерживаются из опасений оказаться единственными, кто не знает ответа. Задавая подобные вопросы в начале обсуждения,

мы сразу же получаем ясность (откровенно говоря, те же самые вопросы возникают и у многих других присутствующих), что позволяет нам с большей эффективностью использовать время таких обсуждений.

Как руководителя меня больше всего беспокоило то, что я могла бы допустить, чтобы лучшая идея в группе осталась невысказанной по той простой причине, что человек не чувствовал себя достаточно комфортно, чтобы ее сформулировать.

Однажды мне довелось сидеть рядом с одним молодым инженером в комнате, полной его более опытных коллег. Я заметила, что он намеревался что-то сказать, но затем передумал это делать. После того как это продолжалось некоторое время, я остановила обсуждение, повернулась к нему и попросила его высказаться. Он внес некое предложение, которое оказалось для всех новым. Поскольку оно было рискованным, вся группа восприняла его скептически. Однако впоследствии идея была принята и получила полное одобрение со стороны заказчика.

Вероятно, наиболее важным итогом моей работы в качестве руководителя группы разработчиков стало то, что она помогла мне развить мое понимание явления «разнообразие» до более широкого понятия «вовлеченность». Разнообразие в возрасте, половой и этнической принадлежности, цвете кожи и пр. (первое, что приходит на ум, — отличительные черты людей на разнообразных рабочих местах) часто легко замечается и распознается, подразумевая необходимость установления и развития контакта. Нередко заметное для нас внешнее проявление разнообразия объ-

ясняется созданием обстановки вовлеченности, провоцирующей многообразие мыслей. Групповая динамика создает возможность для вовлечения в работу специалистов, чтобы получить от них всевозможные идеи на основе их профессионального, образовательного и социального опыта.

Общеизвестно, что лучшие команды — это нечто большее, чем простая сумма составляющих. Но я считаю это справедливым лишь для тех случаев, когда речь идет о разнообразных составляющих. Ведь если все выглядят одинаково, действуют одинаково и думают одинаково, стоит ли удивляться, что эти люди часто оказываются неспособными понимать (не говоря уж — предлагать) инновационные и дерзкие идеи?

Мне посчастливилось работать в организации, где не только понимают этот принцип, но и вполне сознательно живут по нему. Ведь сделать какой-то иной выбор означало бы примириться с заурадной посредственностью — с тем, что никогда не станет достойным примером в поиске совершенства. ■

Перевод: А.Н. Божко

Присвоение в мире докторской степени (PhD) по гендерному признаку

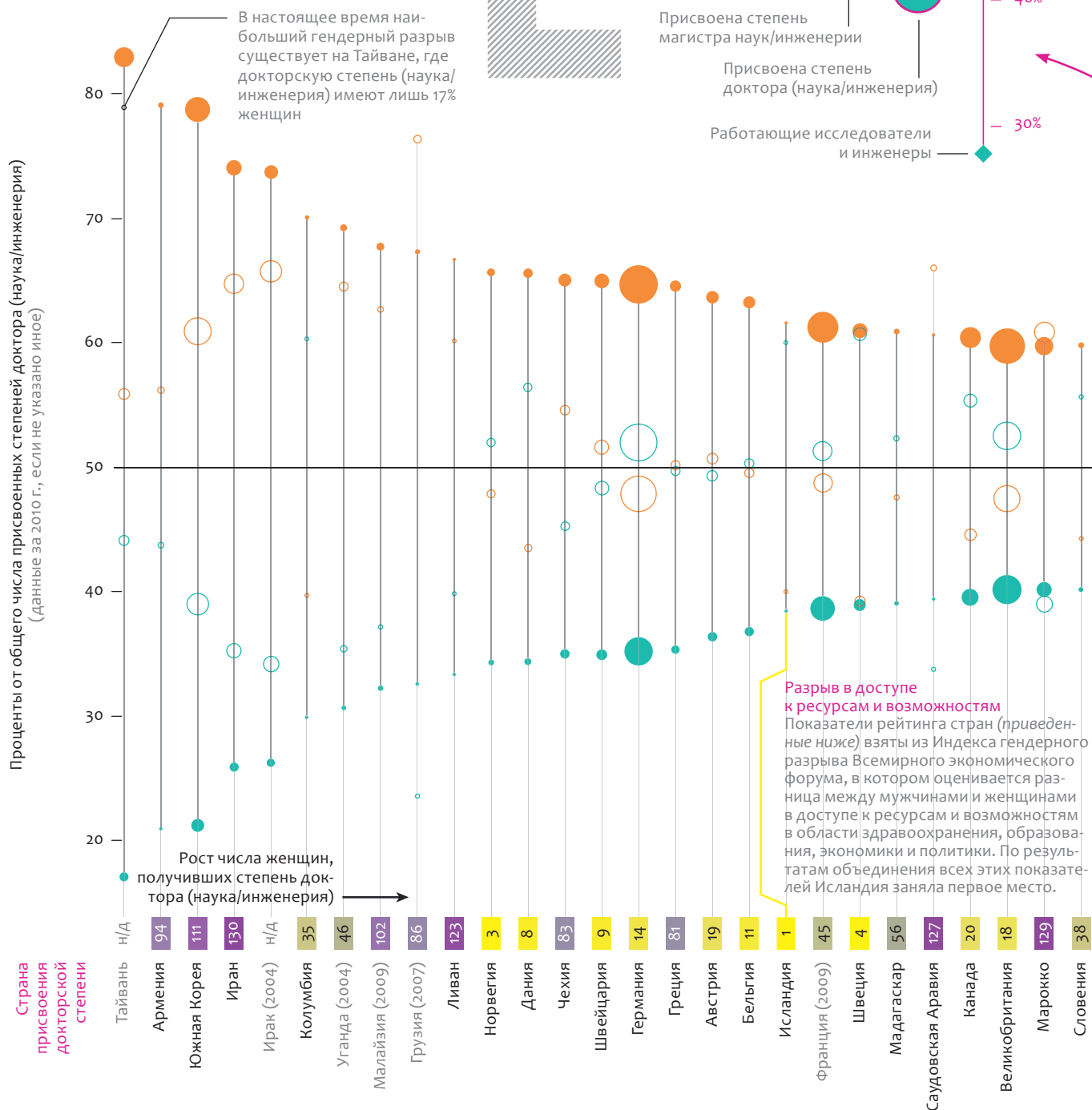
Общее число присвоенных степеней

От 1 до 19238

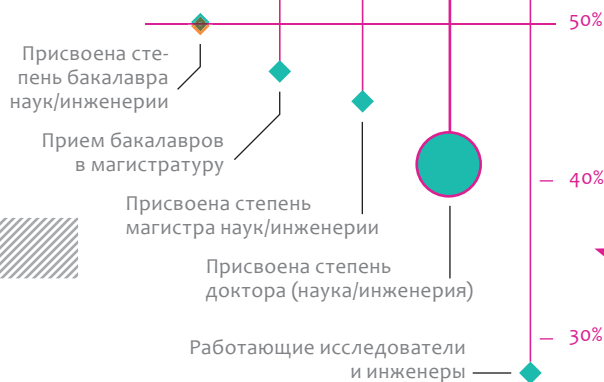
● Наука и инженерия *
○ Другие области

■ Мужчины
■ Женщины

* Кроме здравоохранения



Под микроскопом: хотя в 2010 г. женщины в США составили 50,3% получивших степень бакалавра наук/инженерии, их общая численность в магистратуре и среди работающих неуклонно снижается



ГЕНДЕРНЫЙ РАЗРЫВ

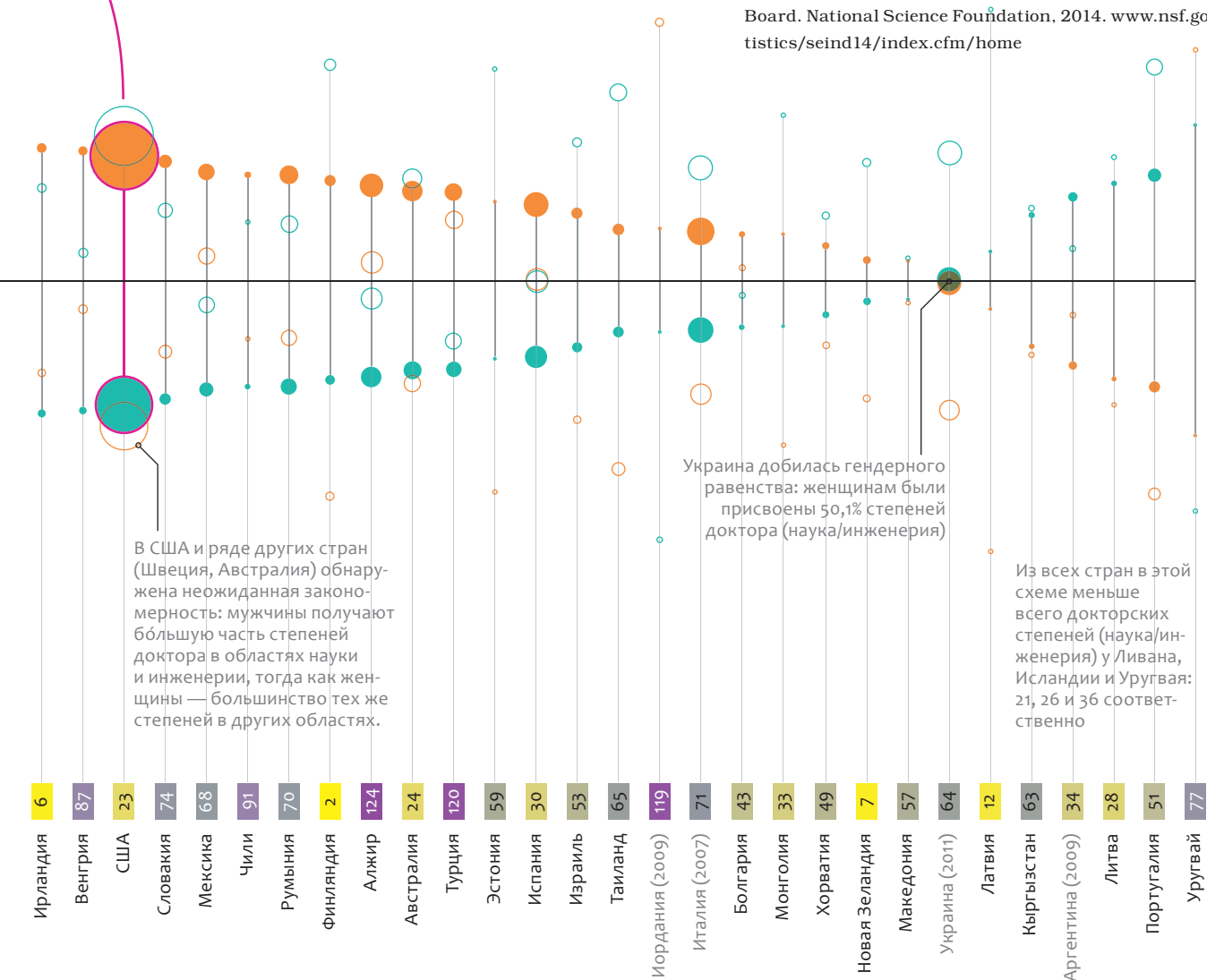
Участие мужчин и женщин в научных исследованиях по всему миру

В США представительницы женского пола успешно обучаются в университетах и все более массово специализируются в научной и технической областях, однако их доля в общем числе работающих в этой стране и по всему миру по-прежнему недостаточно велика. При всей трудности добывания относительных данных налицо численное неравенство между получившими высшую ученую степень женщинами и мужчинами. Настоящая диаграмма, составленная по данным Национального научного фонда, демонстрирует гендерный разрыв на уровне докторантуры в 56 странах мира. Ситуация в отдельных странах сильно различается, к тому же, судя по цифрам, имеются любопытные исключения из общемировой тенденции.

Перевод: А.Н. Божко

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Индекс научных исследований журнала Nature: www.natureindex.com
- Science and Engineering Indicators 2014. National Science Board. National Science Foundation, 2014. www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/home



**ОБ АВТОРЕ**

Виктория Плаут (Victoria Plaut) — социальный психолог и профессор права и социологии в Юридической школе Калифорнийского университета в Беркли.

МИЛОСТИ ПРОСИМ ВСЕХ

Способ полностью избавиться от сегрегации на работе или в школе пока не придуман, но новые исследования помогают поиску успешных стратегий

Виктория Плаут

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

- Неудивительно, что благие намерения сами по себе не могут гарантировать успешности при создании рабочей или учебной обстановки. К счастью, растет количество социальных исследований, показывающих, какие подходы наиболее эффективны.
- Существуют три распространенных заблуждения, препятствующих созданию рабочей или учебной обстановки, в которой представители меньшинства чувствовали бы себя достаточно комфортно, чтобы эффективно работать и быть преданными интересам предприятия.
- Чтобы способствовать сохранению многонациональности в коллективе в таких областях, как наука, техника и здравоохранение, нужно как минимум обращать внимание на разницу в воспитании у разных людей и на их чувство принадлежности к определенной группе и назначать специальных сотрудников, ответственных за представительство меньшинств в рабочем коллективе.



Ка

ждый раз когда я говорю о многонациональном рабочем коллективе, я слышу один и тот же вопрос: «Как нам этого добиться?» Все мои слушатели — в школах, в университетах, на предприятиях, в системе здравоохранения или юридических конторах — выглядят озадаченными. Им нужны секретный рецепт или безошибочная программа действий. Они надеются, что я отвечу: «Выполняйте эти простые правила — и получите разнообразие и инклюзию». Поэтому позвольте мне для начала пояснить: не существует простого, абсолютно надежного способа сделать

так, чтобы в одной группе хорошо себя чувствовали люди разной расовой, этнической, социально-экономической или гендерной принадлежности.

СТАТЬ ВИДИМЫМ

Брайан Велле и Меган Смит



Брайан Велле (Brian Welle) — руководитель группы People Analytics в компании Google.



Меган Смит (Megan Smith) — предприниматель и вице-президент компании Google.

Глория Стайнем (Gloria Marie Steinem) как-то сказала: «В прошлом женщины всегда играли значительную роль. Но в истории нам отводили меньше места». Вполне в соответствии с этим утверждением мы обнаружили кое-что ужасное о наших любимых Google Doodles (на русском компьютерном сленге их принято называть просто дудлами). С тех пор как компания была основана в 1998 г., часто в день рождения знаменитых людей мы украшаем в их честь наш логотип на главной странице сайта. За первые семь лет мы поздравили таким образом ровно ноль женщин. Между 2010 и 2013 гг. результат был чуть лучше: поздравления женщин в сумме

составили примерно 17%, цветных мужчин — 18%, цветных женщин — ужасно мало, около 4%, и 62% составили белые мужчины.

Мы не замечали дисбаланса. Однако заметили пользователи Интернета. Все было подсчитано, и нас довольно жестко призвали к ответу. Таким образом, унаследованные нами предрассудки отразились в дудлах как в зеркале. Проблема распространяется далеко за пределы Google. Женщины и представители меньшинств малозаметны в областях, связанных с наукой и технологиями, и, конечно, во всей нашей культуре в целом.

Женщины составляют примерно половину всех работников и около 30% среди сотрудников в научно-технических областях в США. Но в семейных фильмах, программах, идущих в прайм-тайм, или детских телешоу женских персонажей, работающих в этой сфере, менее 21%. Для специальностей связанных с информатикой, ситуация в семейных фильмах еще хуже: соотношение мужских и женских персонажей этой специальности составляет 15 к 1. (Данные цифры получены Институтом гендерного равенства в СМИ, основанным Джинной Дэвис (Geena Davis), которая провела очень важную работу по классификации

того, как девочки и женщины представлены в семейных и детских программах; Google наградил этот институт грантом Global Impact Awards в 2013 г.).

Наглядный пример очень важен. Как показывают многочисленные исследования, когда девушка или чернокожий студент видят, как мало в тех или иных профессиях среди ведущих специалистов людей таких же, как они, то чувствуют, что их там не ждут, и испытывают большую тревогу, чем в отношении профессий, где их пол или раса представлены шире. Это давит. В конечном счете меньше женщин и представителей меньшинств захотят сделать информатику своей профессией или продолжить уже начатую карьеру в этой области.

История с дудлами преподала нам хороший урок. Мы очнулись.

Недавно Google запустил проект, который должен выявить, что помогает склонить девушек к получению образования в области информатики. Обнаруженные данные подтверждают то, что нам уже известно. Чтобы они могли оценить свои способности, им важно подбадривание со стороны родителя или учителя. Они должны понять, в чем суть работы, и увидеть ее значение и важность. Им надо познакомиться с этой сферой и иметь возможность попробовать. И, главное, они должны понимать, какие перспективы у них могут быть в технической отрасли.

Чтобы сделать карьеру в этой стремительно развивающейся области, нужно иметь репутацию и хороший пример для подражания. Для этого в июне Google

Как свидетельствует мой опыт, есть несколько распространенных ошибок, из-за которых многие люди и организации не могут создать инклюзивную среду в классе или офисе. Во-первых, многие из нас считают, что для ее обеспечения нет необходимости задумываться о том, чем одни люди отличаются от других. Во-вторых, нам кажется, что разные люди одинаково воспринимают обстановку в школах или на предприятии. И, в-третьих, когда возникают проблемы, мы считаем, что лично мы не можем ничего с ними сделать, поскольку они слишком общие или, наоборот, вызваны наличием предрассудков всего у нескольких человек (и тогда их нужно исправить с помощью специальных занятий).

Как показывают исследования, такие предположения ошибочны, хотя и широко распространены. Кроме того, они подпитывают заблуждение, что для успешной карьеры в области науки и технологий всего-то и нужно быть компетентным, мотивированным и иметь доступ к соответствующему оборудованию. Это в свою очередь приводит к ошибочному заключению, что если люди не пошли работать или не остались в науке, то только потому, что они не могут или не хотят этим заниматься.

К счастью, те, кто готов попробовать, могут поменять свои представления. В экспериментальной социальной психологии и коллективной социологии накапливается

все больше доказательств эффективности некоторых подходов к созданию среды, благоприятной для инклюзии. Благодаря новым исследованиям в ряде организаций создается более подходящая инклюзивная среда.

Не забывать о цвете кожи

Возможно, существует идеальный мир, где в офисах и в классах пол или раса не имеют значения. Однако в нашем мире людям легче развиваться в активно поддерживающей среде, где быть непохожим на других не опасно.

Несколько лет назад мы с коллегами провели исследование в медицинской организации, состоящей из ученых, врачей, медсестер и других медицинских работников. Мы спросили у людей, должны ли расовые и этнические различия активно игнорироваться, или их надо учитывать в рамках приложения позитивных усилий, предпринимаемых организацией для содействия разнообразию в коллективе. Потом мы проанализировали, как небелые сотрудники относятся к своей работе и предприятию. В тех отделах, где белые сотрудники считали, что различия следует игнорировать, мы обнаружили, что у сотрудников с другим цветом кожи чувство вовлеченности в общее дело было слабее, чем там, где публично высказывались в поддержку разнообразия

запустил проект *Made with Code*. В течение трех лет будет потрачено \$50 млн для поддержки инициатив (в том числе *Girls Scouts*, *Girls Inc.* и *Girls Who Code*), направленных на то, чтобы сделать образование в области информатики доступным для девушек. В 2012 г. мы начали организовывать встречи с профессиональными разработчиками компьютерных программ *Women Techmakers*, отчасти для того, чтобы женщины и представители меньшинств, уже работающие в этой области, стали более заметны, а также для привлечения новичков. Некоторые из участников этих встреч входят в число наиболее важных и влиятельных основателей в нашей области, что еще раз подчеркивает, насколько серьезна проблема их незаметности.

Заколдованный круг, который не пускает женщин и представителей меньшинств в информатику, начинает действовать задолго до того, как до человека доберутся образовательные программы. Он начинается с предубеждений, которые формируются у ребенка в очень раннем возрасте и затем неосознанно поддерживаются друзьями, родителями, сверстниками и СМИ. Эти предубеждения могут проявляться в поведении или принятии решений даже у самых благожелательных людей. Они могут повлиять на то, какое образование решит получать мальчик или девочка, и на то, какой будет рабочая обстановка — привлечет она или отпугнет.

Чтобы бороться с этими предубеждениями, в мае 2013 г. в *Google* было

создано направление, посвященное бессознательным предрассудкам. Его цели заключаются в том, чтобы рассказать сотрудникам *Google* о предрассудках — их собственных и чужих, и подсказать им, как можно изменить свое поведение и обстановку в самой компании, чтобы сделать ее более доступной для меньшинств. За последние два года более 20 тыс. сотрудников *Google* приняли участие в программе, обучающей распознавать и искоренять предвзятые решения на работе и в семье.

Как показывают исследования, даже просто формулирование идеи, что женщины и представители меньшинств могут быть полезны в технической сфере, дает положительный эффект. Эмили Шаффер (*Emily Shaffer*) из Тулейнского университета вместе со своими коллегами недавно обнаружила, что даже если девушки просто читают статьи о том, что доля женщин в научно-технических областях растет, то они начинают лучше выполнять математические тесты и другие задания и разница между девочками и мальчиками в качестве выполнения фактически стирается.

Вооружившись этими исследованиями и пониманием, что ситуацию надо менять, мы начали разъяснительную работу с нашими медиапартнерами, обратились к авторитетным людям в Голливуде, которые могли бы изменить ситуацию на телеэкране, к писателям, режиссерам, продюсерам, актерам, театральным агентам, руководителям студий и другим потенциальным сторонникам. Мы пригласили

сотрудников телекомпании *HBO*, создателей шоу *Silicon Valley*, чтобы поговорить о новых изобретениях с удивительными техническими специалистами — женщинами, надеясь, что в будущем это вдохновит их на создание соответствующих персонажей.

Глория Стайнем говорила также: «Думайте не о том, как изменить женщину, а о том, как изменить мир, чтобы он был пригоден для женщин». Наша отрасль только еще начинает понимать, насколько важно изменить среду в технических отраслях, чтобы в ней могли работать разные люди. Это важно не только для привлечения наиболее талантливых сотрудников, но и для создания более качественных продуктов.

Уже более года сотрудники *Google* работают над тем, чтобы исправить гендерное и расовое неравенство в количестве героев, представленных в дудлах на главной странице нашего сайта. К лету женщины были на 25 из 51 размещенного в 2014 г. дудла, что составило 49%. Люди с другим цветом кожи составляли 33%, что лучше, чем в 2013 г., но еще есть возможности для совершенствования.

По мере того как в технической отрасли бессознательные предрассудки начинают становиться видимыми, у нас появляется возможность изменить ситуацию. От нас зависит готовность увидеть проблему и начать сотрудничать для ее решения. Понимание происходящего поможет нам найти, изменить, улучшить и оценить пути решения проблемы.

независимо от того, сколько людей с кожей другого цвета работало в этом отделе. Более того: представители меньшинства чувствовали по отношению к себе большее предубеждение в тех отделах, где не обсуждали расовую принадлежность. Там, где об этом свободно говорили, предубеждение ощущалось слабее.

Некоторые исследования позволяют предполагать, что причина кроется в неосознанных предубеждениях. Например, Дженнифер Ричсон (Jennifer A. Richeson), работавшая тогда в Дартмутском колледже, в 2004 г. вместе со своими коллегами измеряла скорость реакции в определенных психологических тестах у 50 белых студентов. Первой половине испытуемых дали изучить материал в пользу политики игнорирования цвета кожи для достижения межрасовой гармонии, а другой — материал в поддержку сознательного продвижения расового разнообразия. Потом Ричсон измеряла, с какой скоростью участники отнесут слова к группам, озаглавленным парой слов: именем, указывающим на этническую принадлежность, и качеством. Например, в названии группы могло быть «Джамал» и «хороший», или «Джош» и «хороший», или же «Джамал» и «плохой» или «Джош» и «плохой». Участники, не имевшие предубеждений, должны были бы распределять слова по группам одинаково быстро, независимо от их того, какую расовую окраску имело имя в названии. Скрытое предубеждение в пользу белых приводит к более быстрой реакции, когда в заголовке пара «белый — хороший» и «черный — плохой».

В обеих группах скорость реакции была выше при сочетании «белый» и «хороший», однако те, кто изучал материалы про мультикультурный подход, при других сочетаниях решали тест быстрее, чем те, кому давали материалы про игнорирование цвета кожи. Таким образом, Ричсон (сейчас она работает в Северо-Западном университете) пришла к выводу, что политика игнорирования расовых отличий может иметь нежелательные последствия, не уменьшая предубеждения, а, наоборот, повышая напряженность. Последующие исследования показали, что установка на игнорирование способствует усилению недоброжелательного поведения у белых студентов и в вербальной, и в невербальной форме, и, возможно, именно это приводит к подавлению когнитивных способностей у студентов с другим цветом кожи.

Другие исследования тоже показывают, как незаметно проявляются наши предубеждения. В 2002 г. с помощью опросника и измерения времени реакции исследователи оценивали явные и неявные расовые предубеждения у группы белых студентов. Затем они устроили им беседу с черным студентом на тему, на первый взгляд не связанную с расовым вопросом. Потом другие студенты слушали аудиозапись и оценивали дружелюбность участников беседы. Кроме того, они смотрели замедленное видео без звука, на котором был показан только белый участник,



и оценивали у него невербальные проявления дружелюбия. В результате оказалось, что студенты, чья речь оценивалась как менее доброжелательная, показали худшие результаты и в тесте на наличие явных предубеждений, а те, кто оказался менее дружелюбен на видео, хуже проявили себя в тесте на время реакции, что означает, что даже якобы скрытые предубеждения на самом деле зачастую хорошо заметны.

Это не ускользает от внимания представителей меньшинства, снижая мотивацию и приводя к уходу с работы. И действительно, опросы в кампусах колледжей показывают, что атмосфера в коллективе и наличие предубеждений и дискриминации мешает таким студентам специализироваться в научно-технологических областях и способствует их уходу из этих сфер деятельности. Кроме того, зная, как организация понимает идею разнообразия, можно предсказать, с какой вероятностью представитель меньшинства уволится с этой работы. Если в организации принято не замечать расовых различий, там не заметят и процессов, которые вызывают у сотрудника стремление хорошо работать — или отправиться на поиски лучшего.

У организаций, отказавшихся от политики игнорирования расовых различий, не обязательно получится все и сразу. Большое значение имеет способ, которым люди, не создавая предубеждений и не навешивая ярлыков,

могут создать многонациональный коллектив. В недавнем исследовании, проведенном в Северо-Западном университете Николь Стивенс (Nicole M. Stephens) с коллегами, некоторые первокурсники присутствовали на заседании, где другие студенты обсуждали свой опыт привлечения внимания к особенностям студентов, чьи родители не имели высшего образования (так называемые студенты первого поколения). Другие (контрольная группа) посещали группу, где эти отличия игнорировались. На обоих заседаниях давали рекомендации, но в группе, где подчеркивались различия, это делалось с явным учетом проблем и предложений меньшинства. Что еще более важно — различия подчеркивались с конструктивной и благожелательной стороны, а не в виде недостатков. В результате всего одного часа таких занятий разрыв между студентами первого поколения и учащимися из образованных семей к концу первого семестра сократился на 63%.

Большое значение имеет способ, которым люди, не создавая предрассудков и не навешивая ярлыков, могут создать многонациональный коллектив

Чувство принадлежности

Легко думать, что наука — это наука и что если у людей имеются достаточная подготовка и желание, они могут присоединиться к научной работе. Но на самом деле все сложнее. Как показывают исследования, проведенные социальными психологами, для студентов из групп меньшинства чувство принадлежности — ключевой фактор, определяющий, будут ли они заниматься и насколько успешно.

Грегори Уолтон (Gregory M. Walton) и Джеффри Коэн (Geoffrey L. Cohen) из Стэнфордского университета недавно решили проверить это наблюдение, используя группу из 100 первокурсников «элитного колледжа» (какого именно, они не уточняют). Половине испытуемых (экспериментальная группа) дали прочитать отзывы студентов старших курсов о том, как в свой первый год обучения они также переживали социальные трудности и волновались, что в школе они чужие, но в итоге стали увереннее и поняли, что это не так. Другим студентам (контрольная группа) дали не имеющую отношения к делу информацию об изменении социальных и политических взглядов. Спустя три года исследователи оценили успешность студентов. Белые студенты из обеих групп показали сходные результаты. Однако чернокожие студенты из экспериментальной группы имели достоверно лучшую академическую успеваемость по сравнению

со своими сверстниками из контрольной группы — их отставание от белых сократилось вдвое по сравнению с первоначальным. Но Уолтон и Коэн отмечают, что в открыто враждебной среде такое вмешательство может не сработать.

То, что чувство принадлежности может оказаться критически важным, объясняет, почему из колледжей и университетов, которые исторически считаются ориентированными на обучение черных студентов, выходят гораздо более сильные в научно-технологической области черные выпускники. В школах и организациях, где основная масса людей белые, создание инклюзивной и доброжелательной среды может вызвать значительные сложности, однако существуют различные методики, помогающие добиться результата.

Что касается информатики, то, например, в США существуют некоммерческие организации, которые учат программированию молодых людей из групп меньшинств. К числу этих организаций относятся «Программирование 2040» (*Code2040*), проект «Скрытый гений» (*Hidden Genius Project*), «Программирование для черных девушек» (*Black Girls Code*), «Программирование сейчас» (*Code Now*) и «Девушки-программисты» (*Girls Who Code*). Примечательно, что все эти организации связывает не только то, что они учат востребованным навыкам и создают возможности для обучения и карьеры, но и то, что они усиливают чувство принадлежности, поощряют сотрудничество и выделяют черты, характерные для общества студентов.

Это реализуется даже через особенности оформления. В 2009 г. мы с коллегами установили: для того чтобы поднять у студентов интерес к программированию до мужского уровня, достаточно заменить обстановку в компьютерном классе. Вместо плакатов с героями сериала «Звездный путь», бургеров, фастфуда и банок с газировкой нужно разместить более нейтральные объекты (изображения природы, кофейные чашки и бутылки с водой). Кроме того, отдельное исследование показало, что если подчеркивать, что для научного поиска нужны совместные усилия, а не работа одного человека, то это способствует решению женщин продолжать научную карьеру.

Начать действовать

И что дальше? Просто признать, что люди разные, создать у них чувство сопричастности — и они начнут работать и останутся в науке? Исследования в области социологии организаций свидетельствуют о наличии третьего фактора, которым мы создаем неоднородный коллектив внутри организации.

Фрэнк Доббин (Frank Dobbin) из Гарвардского университета и Александра Калев (Alexandra Kalev), работающая сейчас в Тель-Авивском университете, вместе с коллегами проанализировали меры по созданию разнообразия в сотнях компаний в США на протяжении трех десятилетий. Они обнаружили, что если в организациях имеется человек, который отвечает за разнообразие, там более пристально следят за тем, чтобы на руководящие должности назначали представителей меньшинств. Если такой сотрудник работает полный рабочий день,

то в среднем за пять-семь лет количество чернокожих женщин и мужчин на руководящих должностях повышается на 15%. Так же и в частных компаниях: если определенным сотрудникам ставится задача создать разнообразие в трудовом коллективе, то там увеличивается количество чернокожих, латиноамериканцев, выходцев из Азии и женщин (в том числе и белых) среди управляющего персонала.

Как показывают исследования, наличие таких кадровых менеджеров повышает эффективность и других программ, таких как создание сети групп, помогающих людям из меньшинств чувствовать себя менее изолированными, и систем разнообразных консультаций по вопросам сохранения и профессионального развития сотрудников из групп меньшинства. Кроме того, многочисленные исследования, в том числе работа Доббина и Калев, свидетельствуют, что активные целенаправленные программы по набору персонала также повышают разнообразие сотрудников.

Не надо думать, однако, что только системный подход позволяет создать многонациональный коллектив: это последнее распространенное заблуждение, про которое я хотела бы сказать. Доббин, Калев и другие исследователи показали, что наиболее эффективный способ повышения числа белых и черных женщин, латиноамериканцев и азиатскоамериканцев в управлении — программы наставничества. После того как были запущены такие программы, произошло увеличение на 40% числа руководящих работников из представителей некоторых из этих групп.

Не надо недооценивать важность наставничества и в естественно-научном образовании, где возможность попасть в лабораторию и узнать о возможности поступить на работу после колледжа часто обеспечивается наставниками, которые помогают создать описанное выше чувство принадлежности. В своей книге «Насвистывая Вивальди» (*Whistling Vivaldi*) чернокожий социальный психолог и заместитель ректора Калифорнийского университета в Беркли Клод Стил (Claude Steele) рассказывает, что во времена, когда он писал диссертацию в Университете штата Огайо, его белый наставник относился к нему так, что он чувствовал свою принадлежность к научной среде, которая иначе была бы для него чуждой: «Он верил в меня как в достойного партнера. Занимаясь наукой, он считал меня по крайней мере потенциально способным коллегой. Мою расовую и классовую принадлежность он не учитывал».

Примечательно, что исследования показывают, что хорошие руководители, целевой набор и наставничество более эффективны, чем более общие решения, такие как тренировка толерантности и оценка успешности программы разнообразия. Доббин и Калев с коллегами предполагают, что причина в том, что конкретные программы поощряют руководителей решать проблему создания разнообразия, а не обвиняют их.

Такие программы сами по себе не создают радикальных изменений, но повышают шансы на то, что меньшинства будут шире представлены, — если, конечно, они не сводятся к формальным процедурам. Исполнители

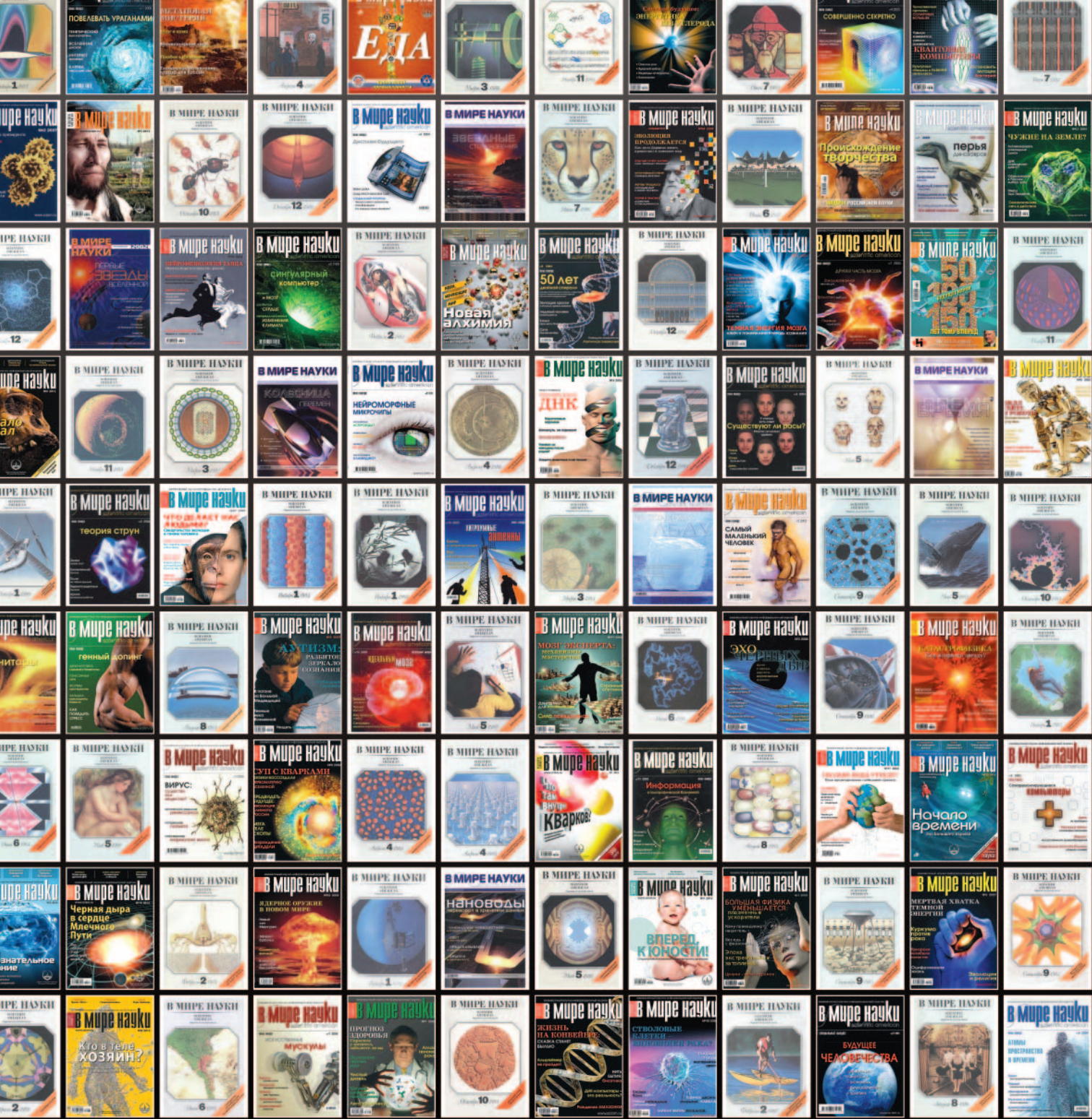
должны нести ответственность и обладать соответствующими полномочиями для создания многонациональности. Хороший пример комплексной программы — программа набора и обучения меньшинств по научно-техническим специальностям — программа Мейерхоффа в Университете штата Мэриленд в Балтиморе. Она состоит из 14 различных компонентов и особенно успешна в увеличении числа ученых степеней у афроамериканцев. Другой пример — недавно созданный Калифорнийский альянс последипломного образования и профессии, в котором партнерами стали Калифорнийский университет в Беркли, Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе, Стэнфордский университет и Калифорнийский технологический институт. Альянс нацелен на работу с группами, недостаточно представленными в академических кругах. Более того, его работа основана на данных социальных наук, и предполагается проводить оценку эффективности различных инициатив. Такие «данные из реального мира» очень малочисленны. Не существует центрального банка исследований или объединения различных исследовательских групп, в особенности в области производства и науки, чтобы можно было общаться и обмениваться опытом для понимания того, какие методы работают лучше.

Чтобы добиться результата, и научным, и ненаучным организациям нужно лучше осознавать, что получается при увеличении представительств меньшинств. Независимо от того, насколько искренне была поставлена цель, просто заботы о создании разнообразия недостаточно. Хотя не существует простого и идеального рецепта, чтобы превратить чувства в действия и результаты, у организации больше шансов привлечь и удерживать разных талантливых людей, если она будет умно и настойчиво продвигать свои взгляды, формировать чувство принадлежности и выделить специальных людей, которые будут отвечать за создание и сохранение разнообразия. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Лерман С. Скрытое предубеждение // ВМН, № 10, 2006.
- Diversity Management in Corporate America. Frank Dobbin, Alexandra Kalev and Erin Kelly in Contexts, Vol. 6, No. 4, pages 21–27; November 2007.
- Does Female Representation in Top Management Improve Firm Performance? A Panel Data Investigation. Cristian L. Dezső and David Gaddis Ross in Strategic Management Journal, Vol. 33, No. 9, pages 1072–1089; September 2012.
- Clash! 8 Cultural Conflicts That Make Us Who We Are. Hazel Rose Markus and Alana Conner. Hudson Street Press, 2013.
- Diversity Science and Institutional Design. Victoria C. Plaut in Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences. (В печати.)
- Источники научных данных о проблеме разнообразия и новых подходах к этой проблеме см. по адресу: ScientificAmerican.com/oct2014/diversity



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
SCIENTIFIC AMERICAN
В мире науки

АРХИВ





ПОВЫШЕНИЕ градуса холода В ПОЛЬЗУ ЭНЕРГЕТИКИ

Более века назад, в 1908 году, голландскому физику Хейке Камерлингу-Оннесу удалось сконденсировать жидкий гелий — легкую (в восемь раз легче воды) прозрачную жидкость, кипящую при температуре -269°C , что на долгие годы определило вектор развития криогеники — физики сверхнизких температур. Тремя годами позднее, в ходе криогенных экспериментов по определению электросопротивления ртути, он открыл явление сверхпроводимости. Об особенностях и перспективах высокотемпературной сверхпроводимости мы беседуем с Сергеем Викторовичем Шавкиным





Сверхпроводимость сегодня большей частью остается полем деятельности ученых и медицины, широко использующей сверхпроводниковые магнитно-резонансные томографы, а в промышленности она представлена довольно скромно. Сравнительно недавно открытая так называемая высокотемпературная сверхпроводимость вполне может совершить то, чего не удалось ее низкотемпературной «сестре», — прорыв в энергетике.

Неожиданное открытие

Рассмотрим явление высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). Термин «высокотемпературная» не должен вводить в заблуждение, поскольку высокотемпературная она только по отношению к традиционным сверхпроводникам, для которых привычны сверхнизкие «гелиевые» температуры.

Феномен сверхпроводимости, открытый более века назад, уже тогда представлялся очень перспективным для практического использования. Но, как ни странно, активно применяться сверхпроводимость стала только спустя 50 лет, сразу после создания так называемых технических сверхпроводников на основе ниобий-титана и ни-

Сверхпроводимость материалов — это сложное квантовое явление, но очевиднее всего оно проявляется как полная потеря сопротивления провода протекающему через него постоянному току. Проводимость фактически равна бесконечности, однако только до определенного момента, когда какие-то факторы не нарушают эту сверхпроводимость: например, слишком большой ток, слишком высокая температура, слишком сильное магнитное поле, если они превышают заложенные природой пределы — «критические» значения. Если вы не превышаете этих критических значений, то, например, можно создать электромагнит, обмотка которого не греется. Этот магнит может работать в криостате в любой ла-

боратории, и при этом вся система потребляет минимальную энергию (фактически только на компенсацию теплопритока в криостат и нагрев несверхпроводящих тоководов). Это был прорыв, т.к. сильные электромагниты с медными обмотками требовали десятков мегаватт мощности и огромного потока охлаждающей воды.

Низкотемпературная сверхпроводимость работает в диапазоне температур, которые может обе-

спечить жидкий гелий, — от 2 К и фактически до критической температуры сверхпроводника (рекорд для интерметаллических соединений был достигнут еще в 1973 г. для соединения ниобий-германий и составлял 23,3 К). Тогда казалось, что это очень много. В разных странах, в том числе в СССР, было создано производство проводов из ниобий-титана и ниобий-олова, построены первые крупные устройства на основе низкотемпературных сверхпроводников — исследовательские магниты сверхсильного поля и магнитные системы установок термоядерного управляемого синтеза

Созданный в 1988 г. в Курчатовском институте первый в мире «Токамак-15» на ниобий-оловянных сверхпроводниках был первым и крайне важным шагом к созданию термоядерных электростанций

обий-олова, позволяющих делать провода с высокими свойствами. До этого момента ученые пытались понять физику этого явления, построить теории, накопить экспериментальную базу, определить, на что вообще способны эти материалы. В нашей стране исследования по прикладной сверхпроводимости начали активно развиваться в середине 1960-х гг. Их инициатором и организатором был Курчатовский институт, который совместно с ВНИИ неорганических материалов им. академика А.А. Бочвара разработал целый ряд низкотемпературных сверхпроводников на основе различных сплавов и соединений.

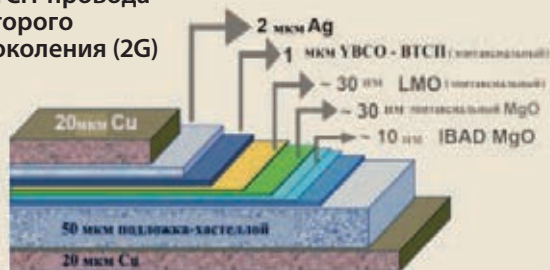


«Токамак-7» и «Токамак-15» в Курчатовском институте, образцы сверхпроводниковых электрогенераторов, магнитных сепараторов, ускорители заряженных частиц, запущено производство сверхпроводниковых медицинских томографов. Кстати, созданный в 1988 г. в Курчатовском институте первый в мире «Токамак-15» на ниобий-оловянных сверхпроводниках был первым и крайне важным шагом к созданию термоядерных электростанций и заложил основы развития международного проекта *ITER*, инициированного Е.П. Велиховым. В те годы многие ученые-теоретики считали, что предел роста критической температуры уже достигнут. Но в 1986 г. двум ученым, швейцарцу Карлу Алексу Мюллеру и немцу Йоханнесу Георгу Беднорцу, которые работали в исследовательской лаборатории *IBM* в Цюрихе над исследованием свойств перовскитных соединений, пришлось в голову, что в этой керамике можно ожидать роста сверхпроводимости. Неожиданно им удалось обнаружить сверхпроводящий переход в слоистых купратах лантан-бариевой керамики при температуре 35 K (-238° C), т.е. на 12 K выше, чем температура сверхпроводимости, достигнутая когда-либо ранее. За эту работу им уже на следующий год была присуждена Нобелевская премия. Это был прорыв, поскольку в течение нескольких последующих лет удалось поднять температуру использования сверхпроводников гораздо выше, чем у большинства известных сжиженных газов (водорода, неона, кислорода, дешевого жидкого азота), и тем



Сверхпроводниковый ограничитель токов короткого замыкания (COT) — одно из наиболее важных и безальтернативных применений ВТСП в электроэнергетике

Ленточные ВТСП-провода второго поколения (2G)



Основные технологии изготовления

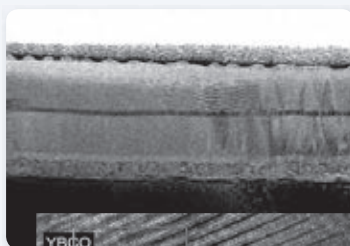
RABiTS + PLD: высокотекстурированная лента-подложка + напыление буферных и ВТСП-слоев методом лазерного напыления (физический метод).

RABiTS + MOCVD: высокотекстурированная лента-подложка + осаждение буферных слоев и слоя ВТСП из паров соответствующих веществ (химический метод).

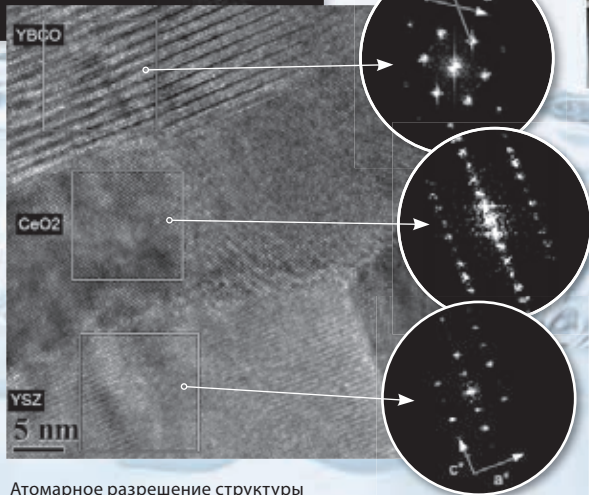
IBAD + PLD: ленточная подложка из сплава типа хастеллой + напыление буферных слоев с помощью вспомогательного ионного пучка + лазерное напыление ВТСП-слоя.

Главная трудность получения — создание качественной структуры металлической ленты и буферных слоев (острая текстура, шероховатость поверхности 3–5 нм).

Поперечное сечение многослойного ленточного сверхпроводника ВТСП-2



ПЭМ-изображение структуры NiW-Y₂O₃-YSZ-CeO₂-YBCO-Ag



Атомарное разрешение структуры



Комплекс «Нанофаб-100» в чистой технологической зоне Курчатковского комплекса НБИКС-технологий

Задел КИ в области материаловедения, разработки технологий и создания устройств из низкотемпературных и высокотемпературных сверхпроводников.

Уникальная приборная база, позволяющая создавать и проводить комплексное исследование структуры и свойств ВТСП-покрытий с использованием различных типов подложек и архитектур буферных слоев.

Подготовка кадров высшей квалификации в сотрудничестве с ведущими вузами: МГУ, МФТИ, МИФИ.

самым уйти от «монополии» дорогостоящего жидкого гелия. С 1986 по 1988 г. очень быстро удалось открыть и исследовать соединения с температурой сверхпроводящего перехода, превышающей 120 К, фактически тогда были открыты все известные в настоящий момент высокотемпературные керамические сверхпроводники — на основе иттрия, висмута, таллия, ртуты и других веществ. Общее, что объединяет сверхпроводники этого класса, — это слоистая перовскитоподобная структура: окись редкоземельных элементов, перемежающаяся окисью меди. Конечно, в конце 1980-х гг. у всей научной общественности была просто эйфория. Россияне могут гордиться, потому что рекордное значение критической температуры (135 К) принадлежит соединению HgBa₂Ca₂Cu₃O_{8+x}, открытому в 1993 г. С.Н. Путилиным и Е.В. Антиповым из МГУ.

Во всем мире, и в СССР в том числе (в Курчатковском институте, в МГУ, МИФИ, академических институтах), в конце 1980-х гг. начались активные работы по высокотемпературным сверхпроводникам. Они казались настолько легко получаемыми и простыми в использовании, что все были уверены — вот-вот произойдет технологический взрыв.

Разница температур

Если вы выйдете сейчас на улицу, то не увидите высокотемпературной сверхпроводимости на каждом шагу — она до сих пор не получила такого распространения, которого заслуживает. Почему так? Давайте разберемся.

Первая задача, которая была поставлена практиками перед учеными и технологами, — это получить всего 1 м сверхпроводящего провода. Сам провод сделать

было легко, только токнесущая способность у него была совершенно неприемлемой при наложении даже слабого магнитного поля. Но на этом этапе возникли и другие технологические задачи, которые решались, лет десять. Керамические сверхпроводники хрупкие, и просто так сделать провода, которые можно наматывать и использовать как обычные медные в устройствах любого уровня, очень тяжело. При сгибании провода он трескается, разламывается и все свойства теряются. Хрупкость — это первый недостаток. Второй — все свои уникальные свойства, а именно способность переносить сильный ток без сопротивления, эти материалы приобретают только при почти идеальной кристаллической структуре с минимальной взаимной разориентацией соседних зерен, т.е. сверхпроводник должен быть практически монокристаллом. Мы все знаем совершенные структуры: алмаз, сапфир, кварц, полупроводниковые кристаллы кремния. Все они небольшие по размеру и очень дорогие. Теперь представьте, что такое же совершенство кристаллической структуры надо сохранить на протяжении километров. Это и есть главная технологическая проблема:

Практически весь сверхпроводящий провод для проекта *ITER* уже изготовлен, и это в первую очередь заслуга российских ученых и инженеров

сделать совершенную с точки зрения кристаллографии, физики, химии идеальную структуру, обладающую способностью быть гибкой, в форме длинного провода.

Каким же оказался выход из этой ситуации в случае низкотемпературных сверхпроводников? Например, есть соединение Nb_3Sn , которое используется в прикладной сверхпроводимости очень широко: на основе его многожильных проводов делают большие магнитные системы (тот же проект международного термоядерного реактора *ITER*, в котором Россия в лице НИЦ «Курчатовский институт» принимает активнейшее участие). Такие провода на основе разработанной Курчатовским институтом и ВНИИНМ «бронзовой технологии» с 2009 г. десятками тонн в год выпускаются в России, в Глазове, где после многолетнего упадка было воссоздано промышленное производство. Однако провод в том виде, в каком он выходит с завода, не обладает сверхпроводящими свойствами. Более того, само соединение формируется внутри отдельных микроскопических волокон и приобретает сверхпроводящие свойства только после того, как вы его наматаете на готовое изделие и произведете долговременный многодневный отжиг при высокой температуре в вакууме. Тогда за счет диффузии олова в ниобий и возникает сверхпроводящее соединение. Оно тоже хрупкое, но оно формируется в стадии уже готового

устройства. Вам нужно просто сделать катушку и отжечь ее. Это сложная технологическая проблема, но она решена. Проект *ITER* — тому подтверждение: он фактически находится на завершающей стадии создания. Практически весь сверхпроводящий провод для *ITER* уже изготовлен, и это в первую очередь заслуга российских ученых и инженеров.

С высокотемпературными сверхпроводниками необходимо очень аккуратно на каждой стадии производства создание идеальной структуры. Вначале были попытки сделать многожильные ВТСП-провода по технологии, аналогичной низкотемпературным сверхпроводникам, т.е. помещая множество тонких сверхпроводящих жил в металлическую матрицу; это получилось только для висмутовой керамики в матрице из серебра при использовании горячего прессования. Такой тип провода получил название ВТСП первого поколения. К сожалению, токнесущая способность висмутовой керамики сильно падает в магнитном поле, а серебро очень дорого, поэтому этот тип проводов не найдет широкого применения.

Другой способ изготовления длинного провода, который сейчас развивается в мире наиболее интенсивно, называется «высокотемпературные сверхпроводники второго поколения». Основа провода представляет собой длинные металлические тонкие ленты толщиной 50–100 мкм и шириной 4–12 мм из нержавеющей стали или специальных цветных сплавов. На эти ленты, очень хорошо отполированные, с высокой гладкостью, наносится несколько тонких так называемых буферных слоев. Буферные слои необходимы для того,

чтобы изолировать достаточно активный (в химическом смысле) сверхпроводник от подложки, не позволить подложке окисляться и разрушать сверхпроводящий материал. Толщина каждого слоя измеряется десятками нанометров. Это слои не сверхпроводящие, но они должны иметь такое же высокое структурное качество. Дальше наносится уже рабочий сверхпроводящий слой, толщина которого тоже ничтожно мала — один микрон, и фактически получается гибкая ленточка с очень тонким сверхпроводящим слоем. Доля сверхпроводника в современном проводе составляет меньше 1%. Тем не менее из-за того, что этот слой так тонок, лента остается гибкой и ее можно сгибать без ущерба до достаточно маленьких радиусов. Сейчас разрабатываются разные способы нанесения тонких буферных и сверхпроводящих слоев для внедрения этой технологии в промышленное производство.

Чего можно вообще ожидать от высокотемпературной сверхпроводимости? Во-первых, из этих лент можно делать силовые кабели высокой мощности. Внешне это обычный гибкий электрический кабель с диаметром примерно 10 см — труба, в которую заключен сплетенный из нескольких сверхпроводящих лент кабель. По этой теплоизолированной трубе прокачивается жидкий азот, т.е. это криогенный кабель, но такой кабель

может передавать энергию, которую сейчас передают огромные ЛЭП. Достоинство очевидно: в простом по изготовлению кабеле, который легко охлаждается, вы переносите энергию, при этом не только значительно экономя на потерях электричества, но и избегая всех трудностей, с которыми связаны установка и эксплуатация ЛЭП в городе. Ведь не нужно делать дорогой землеотвод, заботиться, чтобы к ЛЭП никто не подошел, не забрался на вышку и не упал оттуда.

От теории к практике

Сейчас нашими коллегами-энергетиками из НТЦ ФСК ЕЭС реализуется проект самой длинной в мире высокотемпературной сверхпроводящей подземной кабельной линии постоянного тока в Санкт-Петербурге — длиной более 2,5 км, мощностью 50 МВт. Она объединит две электроподстанции и должна продемонстрировать работоспособность этой технологии. Это будет фактически первое серьезное коммерческое применение ВТСП-технологии.

Высокотемпературная сверхпроводимость может применяться и в электроэнергетике, и в медицине, и в большой промышленной науке, а также на транспорте и даже в космосе

Для этой кабельной линии основные компоненты уже изготовлены, а в Курчатовском институте в прошлом году мы провели успешные испытания ключевых прототипов этой линии — двух кабельных кусков по 30 м, а также разработанных нами соединительных и концевых муфт. Соединительные муфты — это устройства, которые электрически и криогенно соединяют между собой отдельные куски кабеля. Понятно, что транспортировать кабель длиной 2,5 км диаметром в 10 см — это невозможная логистическая задача, поэтому необходимо делать этот кабель из отдельных кусков, которые соединяются муфтами. Проектный размер отдельного куска составляет примерно 400 м — это бухта, которую вы реально можете доставить на грузовой платформе. В этом году полноразмерные куски кабеля и муфты показали прекрасные результаты при испытаниях на полигоне в Москве. Уже на месте окончательной установки в Санкт-Петербурге будет осуществляться соединение отдельных кабельных кусков. Наши сотрудники продолжают активно участвовать (совместно с энергетиками) в создании этой линии.

Какие еще применения высокотемпературных сверхпроводников возможны в электроэнергетике? Например, это электротехнические устройства, которые используются на электростанциях и подстанциях:

турбогенераторы, трансформаторы, компенсаторы, ограничители тока короткого замыкания — все они могут быть сделаны на основе сверхпроводников вместо обычного, медного провода. Это сразу приводит к уменьшению массы и размеров в два-три раза.

На основе высокотемпературных сверхпроводников можно сделать турбогенераторы для ветроэнергетических установок — ветрогенераторы. Это ветровые электростанции, которые сейчас широко внедряются, это возобновляемая «зеленая» энергетика — она не сопровождается необратимыми потерями ресурсов планеты и загрязнением окружающей среды углекислым газом. Но мощный ветрогенератор сейчас весит 100–200 т, а вам нужно поднять его на башню высотой более 100 м, чтобы он хорошо работал. Каким образом сделать это, например, в условиях Арктики? Вертолеты не поднимут такую массу. Однако если мы заменим медные обмотки ротора на ВТСП и модифицируем статор, он будет весить уже 40 т. Это сразу дает возможность широкого внедрения возобновляемых источников энергии.

У нас страна большая, и не везде можно дотянуться кабелем или протянуть ЛЭП, а на всю арктическую зиму завезти топливо для дизельных генераторов очень дорого. Такой ветрогенератор, тем более при сильных арктических ветрах — прекрасный выход. При этом никто не отменяет возможности использования ВТСП в тех же нишах, в которых уже сейчас активно применяются низкотемпературные сверхпроводники. Вы

знаете про медицинские магнитно-резонансные томографы. Магнитный томограф как устройство ранней диагностики должен присутствовать в каждом серьезном медицинском центре. Мы пока такого не достигли. Сейчас все магнитные системы для магнитно-резонансных томографов делаются на низкотемпературных сверхпроводниках, но если мы сделаем томограф на высокотемпературных сверхпроводниках, это позволит, во-первых, насытить нашу медицину очень интересными и полезными устройствами, во-вторых, попасть на этот рынок, который еще открыт.

Сейчас в проекте *ITER*, как и во всех крупных магнитных системах научного назначения, например в Большом адронном коллайдере (БАК), применяются низкотемпературные сверхпроводники. Но тоководы, предназначенные для питания сверхпроводящих магнитов БАК, уже сделаны на основе высокотемпературных сверхпроводников.

Если мы сумеем наладить выпуск достаточного количества высокотемпературных сверхпроводящих материалов, значит будем в состоянии сделать магниты с гораздо более сильным полем и постепенно заменить магниты на основе низкотемпературных сверхпроводников. Такие проекты есть. Сейчас перед Европейской организацией по ядерным исследованиям (*CERN*) стоит

задача модернизации и увеличения яркости пучка БАК в несколько раз. Это планируют сделать за счет замены части сверхпроводящих магнитов: ниобий-титановые магниты заменяются на ниобий-оловянные, что позволит повысить магнитное поле и, соответственно, так называемую яркость. Используя эти возможности, ученые надеются расширить свои знания о физике элементарных частиц, подтвердить открытие бозона Хиггса и получить новые знания. А следующий этап — сделать решительный скачок вперед и построить ускоритель на 100 ТэВ. В данном случае, скорее всего, без высокотемпературной сверхпроводимости не обойтись. Длина кольца нового коллайдера может составить 80 км, потребуется 9 тыс. т низкотемпературных и 2 тыс. т высокотемпературных сверхпроводников.

Таким образом, высокотемпературная сверхпроводимость может применяться и в электроэнергетике, и в медицине, и в большой индустриальной науке, а также на транспорте и даже в космосе. В этом смысле возможности применения у нее шире, чем у низкотемпературных технических сверхпроводников на основе ниобий-титана и ниобий-олова. К счастью, у традиционных материалов остается своя ниша, несмотря на то что требуются гораздо более низкие температуры и затраты более высокого уровня. Но в мире существует

промышленное производство этих материалов, тщательно отработаны и выпускаются в массовом количестве устройства, например магнитно-резонансные медицинские томографы. Разработан проект термоядерного реактора — *ITER*, а следующий проект, *DEMO*, запланирован на низкотемпературных сверхпроводниках.

Если мы будем двигаться к более реальной и экономически оправданной ситуации в электротехнике, транспорте, промышленности, медицине, космосе, то там достоинства и преимущества высокотемпературных сверхпроводников должны продемонстрировать себя в полной мере.

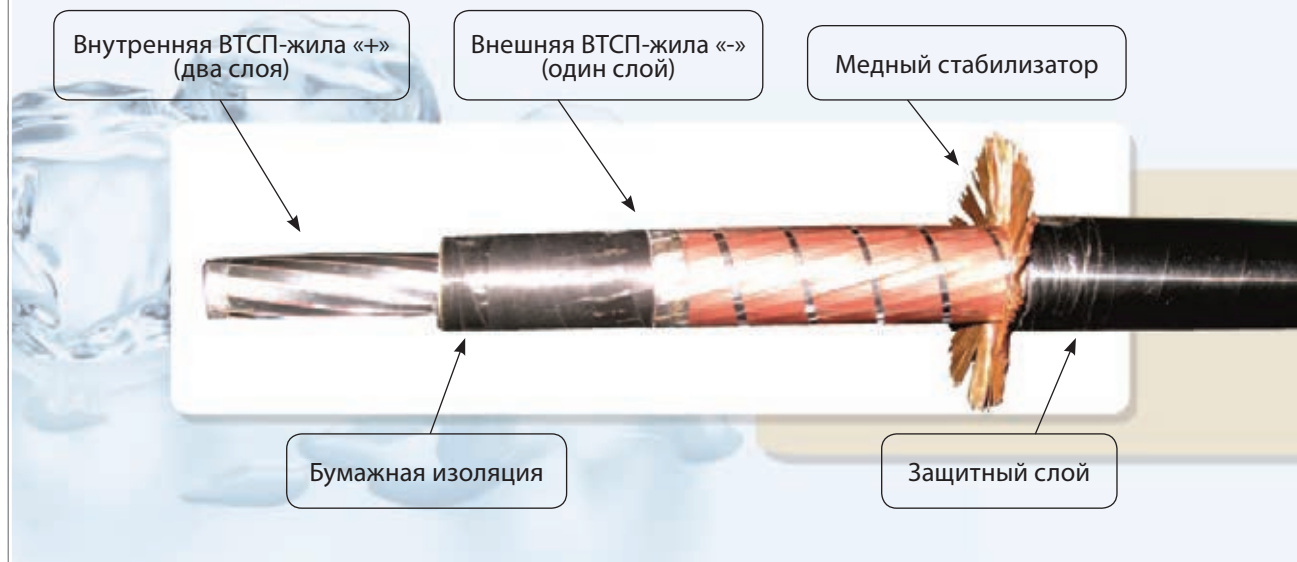
Замена технологий

До сих пор высокотемпературные сверхпроводники не используются широко, в первую очередь потому, что это очень тяжелая технология. Получать высококачественные слои крайне дорого. До сих пор инженерами не созданы устройства, которые в состоянии экономически выгодно и быстро делать такие материалы. В мире существуют только три-четыре компании, пытающиеся производить высокотемпературные сверхпроводники, но они еще не вышли на промышленные масштабы, т.е. десятки тонн материалов. Пока весь мировой выпуск



Сверхскоростной (500 км/ч) сверхпроводниковый поезд на магнитной подушке — уже реальность

КОНСТРУКЦИЯ БИПОЛЯРНОГО ВТСП-КАБЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА 20 КВ И 2,5 КА



высокотемпературных сверхпроводников ограничен одной-двумя тоннами в год. Этого хватает для того, чтобы делать экспериментальные разработки, собирать макеты и прототипы будущих устройств, но этого совершенно не достаточно для того, чтобы запустить рынок сверхпроводниковых устройств.

Со временем начнется постепенная замена одного типа сверхпроводников на другой. Это будет удешевлять проект за счет более легкой и дешевой криогеники. Уже сейчас для различных применений можно было бы произвести такую замену, но обратного пути нет. Заставить работать высокотемпературный сверхпроводник при низкой температуре можно, он будет хорошо работать, а наоборот — нет. Поэтому еще долго, как мне кажется, низкотемпературная и высокотемпературная сверхпроводимости будут сосуществовать. Ниша низкотемпературных сверхпроводников хорошо просматривается. Там все отлично отработано, и чтобы они были вытеснены окончательно, должно пройти очень много времени. А для электротехнических применений, конечно, высокотемпературная сверхпроводимость — это открытый рынок. Там конкуренция идет не с аналогичной сверхпроводниковой технологией, а с традиционной — медной, где, кажется, предел совершенства уже достигнут.

Если мы будем, основываясь на нынешних технологиях, пытаться прогнозировать, как будет развиваться рынок электроэнергетики в ближайшее время, мы начнем наткаться на ограничения. Запасы углеводородов очевидно конечны — и в нашей стране, и в мире. Им на смену идут принципиально новые технологии. Высокотемпературная сверхпроводимость — это один из способов, прорывных технологий, которые могут решить эту проблему.

Мы смотрим с оптимизмом в «сверхпроводящее будущее», в том числе и в нашей стране. Во-первых, отсутствует монополизированный рынок ВТСП. Поскольку нет промышленного производства, мы в состоянии сейчас занять эту нишу. Сегодня в мире существует лишь несколько компаний, которые при поддержке своих правительств разрабатывают собственные технологии по выпуску опытных партий материалов. В России промышленного производства точно так же нет, более того, пока нет даже опытного производства высокотемпературных сверхпроводников. Такое производство планируется создать в рамках программы «Сверхпроводниковая индустрия», инициатором запуска которой был наш директор М.В. Ковальчук, а реализацией занимаются вместе с Курчатовским институтом ведущие научные центры страны. В рамках программы в Курчатовском институте в ближайшее время будет запущена экспериментальная линия полного цикла по выпуску высокотемпературных сверхпроводников, для чего проведена значительная реконструкция помещений, подготовлена специальная площадка под это оборудование. Оборудование изготовлено немецкой компанией и уже показало работоспособность. Мы будем осуществлять выпуск опытных партий материалов, разрабатывать новые технологии создания и всесторонне исследовать высокотемпературные сверхпроводники, поскольку за последние годы именно у нас в институте создана лучшая в России научно-исследовательская база с самыми современными исследовательскими приборами и установками. Это позволит нашим ученым и инженерам изготовить и испытать устройства, о которых мы говорили выше.

Исторически в Курчатовском институте всегда была очень сильная криогенная школа. Если мы отвлечемся

от высокотемпературных сверхпроводников и вернемся к низкотемпературным, то это на 50% криогенная проблема, проблема холода, причем глубокого холода. Когда Курчатовский институт начал создавать первые токамаки на основе сверхпроводников — «Токамак-7», «Токамак-15», в них применялись низкотемпературные сверхпроводники, выпущенные в Советском Союзе, в Казахстане. Эти токамаки были построены и успешно запущены. Собственно, именно поэтому разработку и испытания элементов ВТСП кабельной линии для Санкт-Петербурга поручили нам. И мы справились с этой задачей.

Получается очень красивая замкнутая цепочка, которая позволяет в рамках Курчатовского института быть самостоятельной величиной — от разработки ВТСП-материалов до выпуска и испытаний образцов готовых устройств.

Конечно, Курчатовский институт никогда не занимался и не будет заниматься коммерческим промышленным производством. Но разработка технологий, устройств, создание ноу-хау, патентование этих устройств, передача разработок на промышленные предприятия — к этому мы готовы.

Сверхпроводимость — это перспективно

Одна из проблем заключается в некоей косности чиновников и специалистов по энергетике, промышленности, транспорту, которые никогда не сталкивались с криогеникой. Это реальная проблема, потому что люди, принимающие решения, — чиновники высокого уровня — работают в привычной среде, где они понимают, что и как функционирует. Если это медная обмотка генератора, то мы знаем, что она греется. Если это трансформатор, то мы знаем, что он тоже греется и его нужно охлаждать маслом. А если ученые предлагают какие-то альтернативные решения, то проблема даже не в технических, технологических или экономических противодействиях, а в психологическом неприятии. Должно пройти некоторое время, пока новая технология докажет всем, в том числе чиновникам, что она жизнеспособна и может быть применена, что называется, в быту.

Это классическая ситуация, которая еще называется «долиной смерти». С одной стороны, у вас есть технология, с другой стороны, есть потребитель такой технологии. Но чтобы перейти с одной горы на другую, вы обязаны преодолеть местность совершенно непонятную, с очень большими трудностями в убеждении, что это нужно, возможно, целесообразно. Это и есть «долина смерти»: практически вам надо перейти пустыню и не погибнуть при этом. Сегодня высокотемпературная сверхпроводимость штурмует эту «долину смерти». Кто-то должен это движение поддержать. Локомотивом движения, полигоном, на котором могут быть отработаны в том числе новейшие сверхпроводниковые и криогенные технологии, мог бы стать крупный национальный проект, сравнимый по масштабу и амбициям с проектами ITER или БАК.



! Справка

Сергей Викторович Шавкин

Заместитель начальника отдела сверхпроводящих материалов отделения сверхпроводимости Курчатовского комплекса НБИКС-технологий НИЦ «Курчатовский институт».

- ✓ Родился и живет в Красногорске, Московская область.
- ✓ Окончил Московский инженерно-физический институт (кафедра физики и технического применения сверхпроводимости) в 1987 г., после окончания работал на кафедре, занимался рентгеноструктурным анализом сверхпроводников.
- ✓ С 1994 г. работает в Курчатовском институте.
- ✓ Лауреат премии им. И.В. Курчатова.
- ✓ Сфера научных интересов: электродинамика и материаловедение сверхпроводящих материалов.
- ✓ Увлечения: путешествия, дача, футбол.

Сегодня средний возраст сотрудников в Курчатовском институте, занимающихся проблемами сверхпроводимости, не превышает 35 лет. Конечно, много ученых и среднего возраста, но больше половины нашей молодежи — аспиранты и студенты. Мне кажется, в этом будущее. Наша задача — не только развить технологии, но и убеждать научную, инженерную молодежь, что сверхпроводимость — это интересно, полезно и перспективно для них во всех отношениях. ■

Подготовил Виктор Фридман





ПОВОРОТ СУДЬБЫ

Стефано Пикколо

Судьба стволовой клетки — станет она частью костной ткани, головного мозга или смертоносной опухоли — зависит не только от генов, но и от физических воздействий, приводящих к ее растяжению или сжатию

ОБ АВТОРЕ

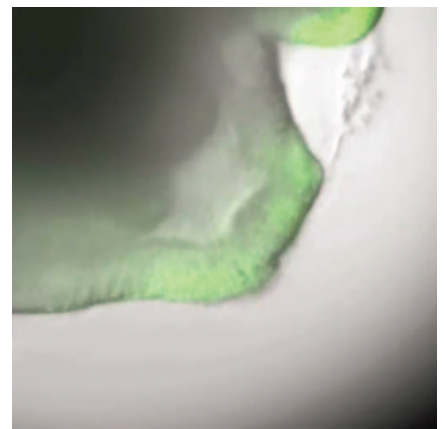
Стефано Пикколо (Stefano Piccolo) — профессор молекулярной биологии, работает в Падуанском университете в Италии. Занимается исследованием взаимодействия клеток с окружающей средой и выращиванием тканей.



К

летки человека, на которых мы проводили свои эксперименты, ничем особенным не отличались. Они делились как положено и совсем не походили на раковые с их безудержной пролиферацией и прорастанием в соседние ткани.

Но когда мы изменяли их форму, например растягивали, происходила катастрофа — они превращались в раковые. Манипуляция, при которой округлая клетка становилась плоской, приводила к повышению активности двух внутриклеточных белков, *YAP* и *TAZ*, и самая обычная клетка кардинальным образом изменяла свое поведение — она выходила из-под контроля. Впечатление было потрясающим: процесс запускался не изменениями в генах, а физическими воздействиями!



Согласно современным представлениям, функционирование любой живой клетки определяется ее генами и белками, которые этими генами кодируются: ген *A* детерминирует синтез некоего белка, который регулирует работу гена *B*, отвечающего в свою очередь за синтез белка *X* и т.д. В конечном счете именно гены диктуют клетке, как себя вести. Однако появляется все больше свидетельств того, что некоторые из ключевых внутриклеточных процессов запускаются механическим сжатием и растяжением клетки под действием ее окружения — соседних клеток или межклеточной среды.

За последние несколько десятков лет сформировалась целая новая область науки, которая занимается изучением того, как именно деформации влияют на поведение и судьбу клеток. Известно, что клетки, ничем не стесненные, делятся до тех пор, пока не начнут контактировать с другими клетками. С этого момента процесс деления замедляется (контактное торможение) или останавливается. Играет роль и плотность тканей: стволовые клетки, которые могут дать начало клеткам разного типа, в окружении, имитирующем по плотности ткани головного мозга, превращаются в нейроны,



ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

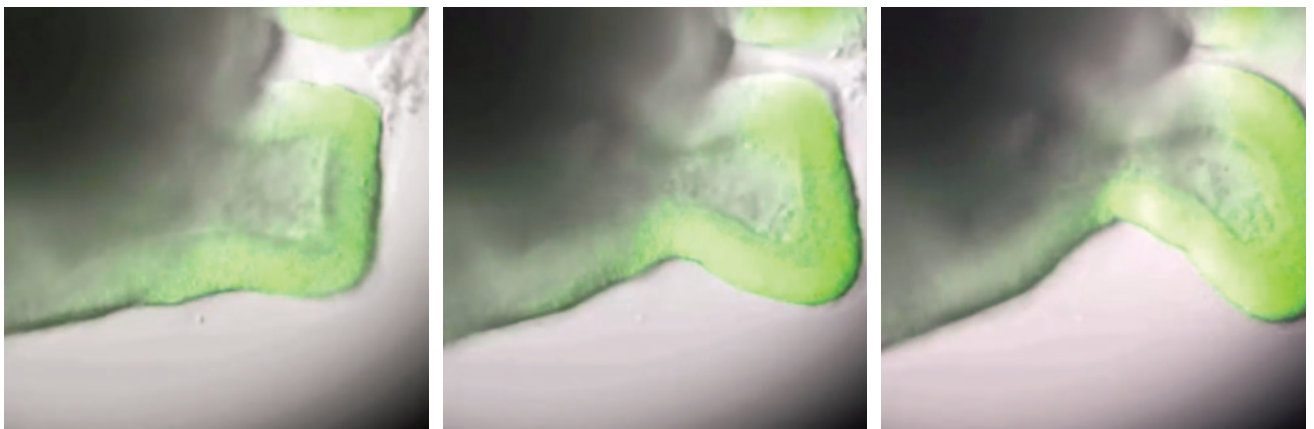
- Все клетки нашего тела подвержены действию разнообразных физических сил со стороны окружения. Эти силы могут оказывать не меньшее влияние на судьбу клеток, чем гены.
- Свободно плавающие клетки делятся до тех пор, пока не придут в соприкосновение с другими клетками. После этого деление замедляется или прекращается совсем. Такое поведение свойственно также стволовым клеткам и может определять их регенеративные свойства.
- Связь между физическими воздействиями и биологией клетки осуществляется с помощью белкового переключателя. Изменяя его активность, можно влиять на судьбу клетки — останется ли она нормальной или превратится в раковую.

если же они находятся в среде, близкой по плотности к мышцам, то из них образуются клетки мышечной ткани. Такие превращения можно наблюдать прямо в чашке Петри: в одних условиях стволовые клетки самоорганизуются в структуру, напоминающую глаз, в других — в какое-нибудь образование, в норме присутствующее в головном мозге.

До недавнего времени было неизвестно, каким образом физические воздействия преобразуются в сигналы, изменяющие активность генов. Прояснить этот вопрос в какой-то степени позволили эксперименты, проводившиеся в моей лаборатории в течение последних нескольких лет. Обнаружилось, что *YAP* и *TAZ* совместно выполняют функцию молекулярного переключателя, который опосредует передачу внешних воздействий генам, лока-

Механические силы оказывают заметное влияние на организм и на микроскопическом уровне, действуя на каждую из 40 млрд клеток нашего тела. Они возникают, например, при контактировании клеток друг с другом. У каждой из них есть внутренний каркас — цитоскелет, особая конструкция из белков, одни из которых можно уподобить канатам, другие — подпоркам, третьи — прутьям и т.д. Все вместе они поддерживают форму ядра, различных органелл и клеточной мембраны. Через адгезивные белки, пронизывающие мембрану, цитоскелет сообщается с окружающей средой. Эти же белки прикрепляются к сети филаментов, называемой внеклеточным матриксом, в который погружены и другие клетки.

Цитоскелет и внеклеточный матрикс находятся в состоянии перманентного противостояния. Например,



Саморегуляция: свободно плавающий в растворе комочек эмбриональных стволовых клеток в течение семи дней превращается в зачаток глаза зародыша

лизованным в клеточном ядре. Когда клетку определенным образом растягивают, *YAP* и *TAZ* реагируют на воздействия и активируют гены, детерминирующие поведение клетки. Это интересное наблюдение — наряду с другими, о которых поступают сообщения из лабораторий разных стран, — заставляет по-новому посмотреть на функционирование сложных биологических процессов от развития эмбриона до поддержания целостности тканей и заживления их повреждений. Более того, появляются новые возможности в борьбе с онкологическими заболеваниями и получении органов и тканей в лабораторных условиях.

Физика внутри нас

Внутри нашего тела действуют мириады механических сил, но большинство из нас имеют представление лишь о немногих из них. Так, мы ощущаем биение сердца, видим результат сокращения мышц, можем измерить пульс. Биологи давно знали о долговременных последствиях этих периодических сжатий и растяжений. Так, механическая нагрузка на тело при занятиях спортом способствует минерализации костных тканей, препятствуя развитию остеопороза, а ритмичное сокращение стенок кровеносных сосудов уменьшает риск атеросклероза.

если при деформации матрикса места прикрепления адгезивных белков выпячиваются, то в цитоскелете возникает напряжение противоположной направленности и форма клетки не изменяется. Если бы такого противостояния не было, клетка могла бы превратиться в плоскую нефункциональную структуру. Ясно, однако, что ситуация в целом весьма динамична: если на клетку начнут действовать и другие силы, ее форма в конце концов может измениться.

Начиная с 1970-х гг. становилось все более очевидно, что механические воздействия на клетку играют существенную роль в регуляции ее роста и деления. Доналд Ингбер (Donald Ingber) из Института биоинженерии при Гарвардском университете и Фиона Уатт (Fiona Watt) из Королевского колледжа Лондона разработали метод измерения формы клетки, основанный на прикреплении ее к различным адгезивным белкам матрикса, нанесенным на предметные стекла. Интересно, что делились только те клетки, которые связывались с большим числом белков, распределенных по большой площади, существенно растягиваясь и уплотняясь. Если такие же клетки прикреплялись лишь к нескольким тесно расположенным белкам, они собирались в кластеры, прекращали деление и переключались на генетическую программу, по которой начинали дифференцироваться либо погибали.

Данные результаты привлекли к себе всеобщее внимание, но в них отсутствовал один важный момент. Чтобы участвовать в регуляции процессов деления и дифференцировки, механические силы должны воздействовать на геном клетки, точнее — на конкретные гены, отвечающие за ее судьбу: пойдет она по пути деления либо погибнет. Что связывает физический и биологический миры? Как механика клетки преобразуется в четко организованные изменения активности генов?

Поиском ответов на эти вопросы мы с коллегами из Университета Падуи и занялись. Пять лет назад Сергио Дюпон (Serio Dupont), один из членов возглавляемой мною группы, попытался выйти на след загадочного «связного» в лучших традициях научного детектива. Он начал с изучения компьютерной базы данных по генам, активируемым под влиянием механических сил, а затем занялся поиском белков, которые регулируют работу этих генов. Так были обнаружены упомянутые выше белки *YAP* и *TAZ*.

В ходе последующих экспериментов мы показали, что *YAP* и *TAZ* действительно играют роль переключателя, который запускает или подавляет клеточный ответ

непосредственно в органах и тканях. Предположим, что вы порезали палец. Клетки в месте пореза погибли, вследствие чего давление на прилежащие клетки уменьшилось, около них появилось свободное пространство. Они стали заполнять его, растягивая цитоскелет. Это привело к активации *YAP/TAZ* и ускорению пролиферации. Как только место пореза заполнилось новыми клетками, процесс остановился, поскольку давление в ткани пришло в норму.

Всю последовательность событий удалось проследить в опытах на мышах. Доцзя Пан (Duoqia (D.J.) Pan) из Университета Джонса Хопкинса показал, что *YAP* участвует в регенерации выстилки стенок кишечника, поврежденной в результате воспаления. А Эрик Олсон (Eric Olson) из Юго-Западного медицинского центра при Университете штата Техас продемонстрировал способность *YAP/TAZ* стимулировать частичное восстановление сердечной мышцы после инфаркта. У генетически видоизмененных мышей, в коже которых вырабатывалось избыточное количество *YAP*, поверхностный слой кожного покрова утолщился и его стратификация нарушалась. Таким образом, очевидно, что для нормальной регене-

Содержание *YAP/TAZ* должно быть не выше и не ниже определенной величины: в первом случае наращивание клеточных слоев в месте повреждения ткани нарушается, повышая риск развития рака, во втором процесс регенерации обрывается

на механические стимулы. Повышая или понижая количество этих белков, можно было изменять поведение клетки. Так, если мы повышали содержание *YAP* и *TAZ* в небольшой округлой клетке, прекратившей рост и деление, то ее пролиферация возобновлялась.

Переключатель, по-видимому, работает следующим образом: обычно *YAP* и *TAZ* находятся в цитоплазме, а когда цитоскелет растягивается, они перемещаются в ядро, присоединяются к целевым сайтам ДНК и активируют специфические гены, запускающие пролиферацию. Чем выше уровень белков-регуляторов, тем большее их количество попадает в ядро и тем больше генов они активируют. Но если свободное пространство вокруг округлой клетки ограничено, то *YAP* и *TAZ* при растяжении цитоскелета не доходят до ядра и никакой активности генов и пролиферации не происходит.

Эти два белка — можно сказать, родные братья. У них практически одинаковая структура и функции. Соответственно, о них обычно говорят как об одном элементе и обозначают *YAP/TAZ*.

Все органы в форме!

Насколько важна роль *YAP/TAZ*-переключателя в обеспечении надлежащего функционирования нашего организма, стало ясно, когда начали изучать его работу

рации тканей содержание в них *YAP/TAZ* должно быть не выше и не ниже определенной величины. В первом случае наращивание клеточных слоев нарушается, что повышает риск развития рака, во втором регенерация заканчивается преждевременно.

Участием в залечивании повреждений роль *YAP/TAZ* не ограничивается. Клетки многих органов должны постоянно обновляться: сами органы функционируют на протяжении всей жизни организма, а составляющие их клетки, как правило, живут гораздо меньше. На их месте появляются новые — без этого орган быстро вышел бы из строя.

Поддержание надлежащего числа клеток в органе — лишь одна из предпосылок его нормальной работы. Вторая предпосылка — наращивание новых клеток в нужном месте. Орган можно уподобить многоквартирному дому, он состоит из множества плотно упакованных трехмерных «отсеков» (компарментов), каждый из которых образован клетками разного типа. И в такой сложной организованной системе тоже осуществляется замена одних поколений клеток другими. Откуда же исходит информация о том, что где происходит? Согласно последним данным, здесь опять-таки не обходится без участия пары *YAP/TAZ*, реагирующей на изменение трехмерной организации системы.

Новые факты

КАК КЛЕТКА ИЗМЕНЯЕТ СВОЕ ПОВЕДЕНИЕ

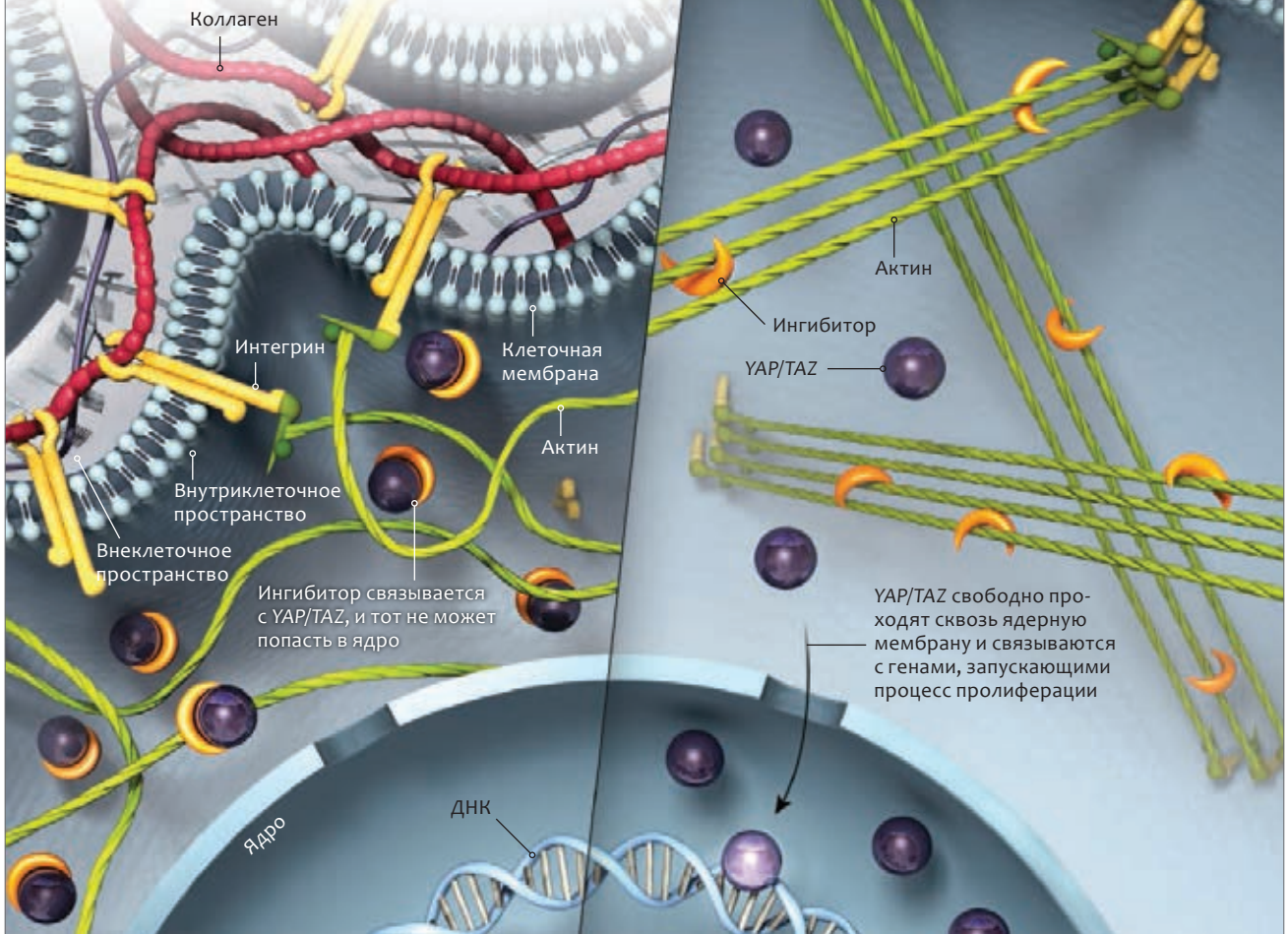
Внутриклеточный белковый переключатель YAP/TAZ (фиолетовые шарики) влияет на процесс пролиферации. Его перемещение в цитоплазме определяется внешними физическими воздействиями на клетку, сжимающими ее или растягивающими. Изменения этих воздействий передается YAP/TAZ через натяжение или расслабление коллагеновых волокон — элементов внеклеточного матрикса (красные). Волокна прикреплены к интегрину (желтые) — молекулам, пронизывающим клеточную мембрану, а те, в свою очередь, связаны с цитоскелетом, образованным волокнистыми веществами, в частности актином (зеленый). Согласно полученным нами данным, волокна актина усеяны молекулами ингибитора (золотистые полумесяцы), которые при расслаблении волокон отсоединяются от них и связываются с YAP/TAZ, ограничивая свободу их передвижения.

Сжатие

Когда клетки плотно прилегают друг к другу, волокна внеклеточного матрикса и цитоскелета находятся в расслабленном состоянии. Ингибитор отсоединяется от актиновых волокон и связывается с YAP/TAZ. Это препятствует проникновению последнего в ядро, и он не может активировать гены.

Растяжение

В растущей клетке ингибитор остается связанным с актиновыми волокнами цитоскелета. Молекулы ингибитора, свободные в своем перемещении в цитоплазме, проникают в ядро и во взаимодействии с другими соединениями активируют гены, опосредующие пролиферацию.



Архитектура любого органа крайне сложна. Она формируется ансамблем различных структур — в ней есть ложбинки и впадины, перегородки, выпуклые и вогнутые поверхности, плоские слои, и все они участвуют в процессе подгонки клеток друг к другу в пределах жесткого каркаса — внутриклеточного матрикса. Поскольку такой каркас живет дольше, чем заполняющие его

клетки, он служит своего рода запоминающим устройством, с которым сверяются новообразованные клетки, участвующие в регенерации. Именно он «знает», что где происходит.

Загадка, однако, в том, как матрикс делится этой информацией с участниками процесса. Селест Нелсон (Celeste Nelson) из Принстонского университета

и Кристофер Чен (Christopher Chen) из Бостонского университета совместно с Марией-Селест Арагона (Mariaceleste Aragona), сотрудницей моей лаборатории, представили свидетельства того, что все дело в изменении формы матрикса. Такое изменение порождает различные механические напряжения, влияющие на поведение погруженных в матрикс клеток. Например, когда мы сконструировали устройство, с помощью которого можно изгибать некий многоклеточный слой в определенных точках, то увидели, что только в тех клетках, которые прилегают к месту изгиба и растягиваются, происходит активация комплекса YAP/TAZ и они начинают делиться. Это открытие навело нас на мысль, что изменение локальной анатомии ткани влияет на поведение клеток через активацию YAP/TAZ. Количество активированных YAP/TAZ-единиц, перемещающихся в ядро, достигает максимума там, где ткань растягивается или изгибается, и падает до минимума в плоских областях с плотно упакованными слоями клеток. Таким образом, архитектура ткани задает матрицу, благодаря которой органы сохраняют свою форму по мере замены одних поколений клеток другими. Она служит хранилищем памяти для разных частей тела, которые сами никакой памятью не обладают.

Тот факт, что YAP/TAZ реагирует на изменение окружения клетки, объясняет еще один феномен: органы «знают», когда им нужно перестать расти. К тому времени, когда мы с сотрудниками выяснили роль белкового «дуэта» в передаче механических сигналов из цитоплазмы в ядро, эта пара уже занимала умы многих клеточных биологов. Обнаружилось, что у животных, в клетках которых YAP/TAZ проявляет большую активность, чем положено, органы достигают гигантских размеров. Поскольку активность зависит от архитектуры ткани, а последняя изменяется с ростом органа, следует ожидать, что когда тот достигает положенных размеров, возникает баланс сил, действующих на клетку, активность YAP/TAZ падает и рост органа останавливается.

Топография — это только одна из особенностей органа, которая влияет на механические воздействия на клетку и определяет ее судьбу. Вторым важным фактором — плотность среды, в которую клетка погружена. Внеклеточный матрикс неоднороден и различается по своей текстуре у разных тканей. Так, в костных тканях он жесткий и плотный, в тканях костного мозга или жировых тканях — размягченный. Другими словами, у матрицы каждого органа свой «автограф».

Такие «автографы» играют ключевую роль в развитии органов и процессах регенерации. Примечательно, что они определяют судьбу клеток очень важного



Формирование легкого: когда этот чип имитирует процесс дыхания, при котором давление воздуха на клетки то повышается, то падает, из кровеносных сосудов и клеток легких образуются сложные легочные структуры

типа — мезенхимных стволовых. Эти клетки присутствуют во многих тканях и органах взрослого организма и участвуют в заживлении повреждений. Они дают начало клеткам самого разного типа: жировым, нервным, мышечным и т.д. Долгое время считалось, что их судьбу определяет целый коктейль химических веществ. Однако в 2006 г. в журнале *Cell* появилась статья Адама Энглера (Adam Engler) и Денниса Дишера (Dennis Discher) из Пенсильванского университета, опровергающая эту идею. Ими были созданы синтетические матрицы, имитирующие таковые в разных тканях. Помещенные в них мезенхимные стволовые клетки вели себя как хамелеоны: в матриксе, сходном с матриксом тканей мозга, превращались в нейроны, если же матрикс был плотным, как в мышечной ткани, из них формировались клетки мышц.

Дюпон повторил эксперименты и обнаружил, что активность YAP/TAZ в мезенхимных стволовых клетках меняется в соответствии с изменением плотности матрикса. На плотном субстрате YAP/TAZ был наиболее активным, и стволовые клетки превращались в клетки костной ткани, а на самом размягченном его активность падала, и образовывались клетки жировой ткани. Искусственно изменяя содержание белкового комплекса и его активность, мы могли проделывать со стволовыми клетками невероятные вещи: добавив модифицированную версию YAP/TAZ к матриксу с низкой плотностью, в котором мезенхимные стволовые клетки превращались в клетки жировой ткани, мы меняли их поведение: они давали начало клеткам костной ткани в полном соответствии с уплотнением матрикса.

Фантастика становится реальностью

Биологи и медики возлагают большие надежды на стволовые клетки именно потому, что они дифференцируются в самые разные специализированные клетки. При соответствующих условиях они могут восстановить поврежденные ткани и даже воссоздать целый орган. Но чтобы все это осуществить, необходимо понимать, в каком окружении они находятся, каким механическим воздействиям подвергаются.

Так, стволовые клетки, дающие начало клеткам мышц, можно использовать для лечения больных с мышечной дистрофией. Но для того чтобы получить терапевтический эффект, клетки нужно нарастить в большом количестве вне тела. Хелен Блау (Helen Blau) из Стэнфордского университета показала, что для этого их нужно выращивать в среде, близкой по своим свойствам (в частности, эластичности) к окружению клеток в мышечной ткани.

Конструирование органов вне тела — фантастический проект, становящийся реальностью, — тоже невозможно без учета механических воздействий на клетки, изменяющих их свойства. В нашумевшем научно-фантастическом фильме «Бегущий по лезвию» ученые выращивают самые настоящие глаза человека в ваннах.

В отличие от регенеративной медицины, где одна из задач — стимуляция стволовых клеток к делению с тем, чтобы устранить повреждение органа или ткани, в онкологии основная цель — затормозить или остановить деление клеток. Здесь немаловажную роль играют физические воздействия

тастическом фильме «Бегущий по лезвию» ученые выращивают самые настоящие глаза человека в ваннах. Йошики Сасаи (Yoshiki Sasai) из Центра биологии развития RIKEN в Кобе (Япония) вместе со своими коллегами продемонстрировал, что прототип глаза человеческого эмбриона можно вырастить в чашке Петри. Свой эксперимент ученые начали с того, что поместили шарик из клеток, идентичных эмбриональным стволовым, в жидкий внеклеточный матрикс, где он мог свободно плавать. Когда шарик достиг определенных размеров, его клеточные слои стали самостоятельно сворачиваться, перекручиваться, образовывать углубления — и в результате сформировалась структура, похожая на глаз. Процесс протекал успешно только в том случае, когда клетки не контактировали со стенками чашки Петри, где они исходно были выращены, и руководствовались

только внутренними инструкциями, которые можно было изменять с помощью механических манипуляций.

Так называемые органы на чипе, о которых писали Ингбер с коллегами, формировались сходным образом. Но клетки с самого начала выращивались не в пластиковых чашках, а в крошечных контейнерах, где давление на них передавалось через тонкие слои жидкости. Это позволяло изменять последнее с высочайшей точностью, и в клетках создавались точно такие же механические напряжения, как в реальных тканях. Например, если стволовые клетки периодически подвергали давлению, а затем его снимали, что имитировало процессы, которые протекают в легких при дыхании, то они превращались в клетки легких. Аналогично, чтобы получить клетки стенок кишечника, стволовые клетки то растягивали, то сжимали, имитируя проталкивание пищи через орган.

Поскольку ткани используют механический регулятор *YAP/TAZ* для увеличения или уменьшения числа стволовых клеток, с его помощью можно при необходимости получать клеток столько, сколько нужно. В тканях стволовые клетки находятся только в изолированных отсеках — вздутых или впадинах

полых трубок, т.е. в особых нишах. В некоторых из них в ядре клеток уровень *YAP/TAZ* выше, чем в других, и в результате клетки быстрее пролифелируют. И, похоже, все это зависит от локализации ниши. Создавая ниши, имитирующие естественные, можно получать редко встречающиеся стволовые клетки в лаборатории. В не столь отдаленном будущем мы сможем манипулировать стволовыми клетками *in situ* с помощью, например, лекарственных веществ, которые повышают активность *YAP/TAZ*, или использовать вещества, модифицирующие активность переключателя, с тем чтобы направлять дифференцировку стволовых клеток в нужную сторону.

В применении стволовых клеток в медицине не все так безоблачно: они могут не дать желаемого результата или даже

нанести вред, если вместо дифференцировки с образованием нужных тканей начнут безудержно делиться. Именно так ведут себя раковые стволовые клетки. Это одна из причин, по которой все, кто работает в области механобиологии, настойчиво предупреждают, что, прежде чем вводить пациенту стволовые клетки, необходимо убедиться, что они будут находиться в надлежащем физическом окружении. В противном случае можно получить совсем не те ткани, которые нужны, в том числе и раковые.

Нажать на все пружины

В отличие от регенеративной медицины, где одна из задач — стимуляция стволовых клеток к делению с тем, чтобы с их помощью устранить повреждение органа или ткани, в онкологии основная цель — затормозить или

остановить рост раковых клеток. И здесь немаловажную роль играют физические воздействия. В течение 40 лет борьбы с раком врачи и биологи руководствовались тем, что опухолевый рост контролируется только генами. Некоторые методы терапии, направленные на блокирование мутантных генов, причастных к развитию рака, действительно были весьма результативными, но в большинстве случаев таких генов было слишком много и вывести их из строя их все было невозможно.

Однако рак — это заболевание, в основе которого лежит в равной мере как нарушения на генетическом уровне, так и аномалии в микроокружении. Искажение формы клеток и изменение структуры межклеточного матрикса на самом деле создают почву для малигнизации, а иногда становятся и прямой ее причиной. Так, по данным Валери Уивера (Valerie Weaver) из Калифорнийского университета в Сан-Франциско, увеличение плотности внеклеточного матрикса приводит к перепрограммированию клеток в направлении безудержного деления.

Мы, со своей стороны, показали, что насильственная деформация клетки сопровождается активацией переключателя *YAP/TAZ* и изменением свойств клеток. Микеланджело Корденонси (Michelangelo Cordenonsi), работающий в моей лаборатории, обнаружил, что при искусственном повышении уровня *TAZ* в обычной клетке она становится неотличимой от раковой. Не вызывает сомнения, что в раковых стволовых клетках молочной железы активность *YAP/TAZ* повышена. Раковые клетки не изобретают ничего нового, они просто кооптируют тот ключевой механизм, который используют обычные ткани для контроля числа своих стволовых клеток и их дифференциации.

Исходя из всех данных, мы пришли к весьма необычной мысли относительно первопричины возникновения рака: возможно, она состоит не в накоплении мутаций, а в изменении архитектуры ткани на микроскопическом уровне. Сегодня становится особенно ясно, почему опухоли долгое время называли «незаживающей раной»: они вели себя так, будто им нужно устранить бесконечно глубокий разрез, и для этого генерировали все больше и больше клеток.

Поэтому воссоздание нормального окружения может быть столь же целебным, сколь разрушительным становится его повреждение. Когда Уивер лишил раковые клетки их необычайно высокой растяжимости, перерезав «нити», которыми они крепились к внеклеточному матриксу, сигналы, побуждающие к делению, ослабли, и пролиферация замедлилась. Опухоль стала похожа на обычную ткань.

У нас появилась надежда, что мы наконец-то нашли ахиллесову пятю рака. Гиперактивность *YAP/TAZ* характерна для широкого спектра опухолей, и, подавив ее, мы нормализуем поведение клеток или по крайней мере предотвратим образование метастазов. Этот подход уже апробирован несколькими группами.

Разумеется, мы, как и другие, понимаем, что рак — сложное заболевание. В опухолях разного типа связь между механическими воздействиями и ядром может

быть неодинаковой. Многие новые подходы к лечению рака, показавшие хорошие результаты в лаборатории, на практике оказывались безуспешными. Любой ингибитор *YAP/TAZ* должен быть нацелен только на раковые клетки, не затрагивая нормальные. Если найти ингибиторы прямого действия не удастся, их работу смогут выполнять вещества, «расслабляющие» цитоскелет или внеклеточный матрикс.

Древнегреческий философ Аристотель считал форму душой любого живого существа. Сегодня клеточные биологи вкладывают в это высказывание конкретный смысл. С одной стороны, форма играет существенную роль в образовании органов и устранении их повреждений, а с другой — если процесс формообразования нарушен, может произойти катастрофа. По мере того как наши исследования будут раскрывать все новые тайны взаимосвязи формы и протекающих в организме процессов, мы сможем полнее применять эти знания на пользу человеку. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская



дополнительные источники

- Сакаи Й. Вырасти свой глаз // ВМН, № 3, 2014.
- Джэйн Р. Обходные пути в борьбе с раком // ВМН, № 4, 2014.
- Control of Stem Cell Fate by Physical Interactions with the Extracellular Matrix. Farshid Guilak et al. in *Cell Stem Cell*, Vol. 5, No. 1; pages 17–26; July 2009.
- Reconstituting Organ-Level Lung Functions on a Chip. Dongeun Huh et al. in *Science*, Vol. 328, pages 1662–1668; June 25, 2010.
- Why Don't We Get More Cancer? A Proposed Role of the Microenvironment in Restraining Cancer Progression. Mina J. Bissell and William C. Hines in *Nature Medicine*, Vol. 17, pages 320–329; March 2011.
- Transduction of Mechanical and Cytoskeletal Cues by YAP and TAZ. Georg Halder et al. in *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, Vol. 13, pages 591–600; September 2012.

24Т ХНО

Научно-развлекательный телеканал о технике, технологиях и невероятных экспериментах

РЕКЛАМА

С 15 по 28 декабря
В 20:00

ЧУДЕСА НАУКИ

- «День Киборга»
- «Приручение квантового мира»
- «Мартс. Создание новой земли»
- «Насколько это сложно»
- «Как создать будущее сердце»
- «Суперкары. Сезон 2»
- «Прыжок из космоса»
- «Трюкачи»



24techno.ru



fb.com/24techno.ru



vk.com/24techno



twitter.com/#1/24techno



24techno.livejournal.com

СПРАШИВАЙТЕ У ВАШЕГО ОПЕРАТОРА ПЛАТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

16+

Снежок, слепленный
из гидрата метана, сразу
загорается в воздухе



Лиза Маргонелли

Неудобный Лед

Гидраты метана могли бы
решить энергетические
проблемы в мире — или
же усугубить глобальное
потепление

ОБ АВТОРЕ

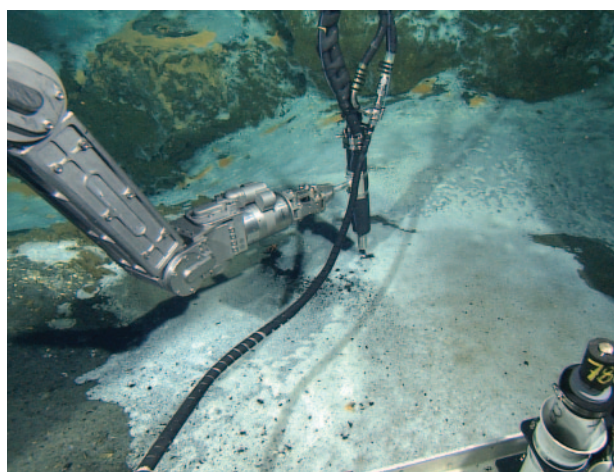
Лиза Маргонелли (Lisa Margonelli) — автор книги «Долгое и удивительное путешествие нефти к вашему бензобаку» (*Oil on the Brain: Petroleum's Long, Strange Trip to Your Tank*). Сейчас работает над книгой о термитах, которая будет издана при участии *Scientific American*.



Однажды августовским утром глубоководный робот по имени Док Рикеттс (Doc Ricketts) из Научно-исследовательского института океанариума «Монтерей Бей» разведывал океаническое дно в толще воды (на глубине 1812 м) у берегов Северной Калифорнии. Он скользил по продолговатому холму (2 тыс. м в длину и 60 м в толщину), местами покрытому тонким слоем осадков цвета хаки. На картинке, передаваемой с камеры робота, неожиданно возник похожий на грязь, хотя и сверкаю-

щий белым снежный нанос, он выглядел совсем как разметка на парковке, если не обращать внимания на моллюсков и рыб вокруг. Этот как будто раскаленный добела наст обнаруживал метангидратное содержание наноса — решетчатый каркас из замерзшей воды, удерживающий молекулы газа метана в своих ледяных клетках. Если слепить снежок из этого вещества, то можно поджечь его на огне.

Обнажения пород, подобные этому, — пресловутые верхушки айсбергов. Большинство залежей гидратов метана заключены в осадках, покоящихся на дне глубоких холодных океанов. Эти залежи в совокупности огромны, и ученые находят их повсюду, у подножия каждого из материков. Согласно последним расчетам, всего в мире в подводных гидратах метана содержится по крайней мере столько углерода, сколько его находится во всех запасах угля, нефти и природного газа нашей планеты. Но детально они еще не изучены.



Целью нашей одиннадцатидневной экспедиции было прощупывание большого хранилища гидрата метана, погребенного осадками, — совсем не простая операция. Управляемый на расстоянии робот, оснащенный механическими руками, был привязан к исследовательскому судну *Western Flyer*. Старший научный сотрудник института морской геолог Чарли Паулл (Charlie Paull) довольно хмыкнул, когда на 20 экранов маленькой операторской

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Гидраты метана составляют спрятанные под морским дном береговой зоны крупные месторождения газа, заключенного в обширных замороженных структурах. Они могут содержать больше энергии, чем все известные источники нефти, угля и природного газа во всем мире.
- Ученые проводят опытное бурение открытых залежей гидратов с целью определить, насколько легко можно использовать метан из них как ресурс энергетики. Они также изучают, как этот метан может самостоятельно высвободиться при нагревании теплеющей морской водой. Гипотетически залежи гидратов могут высвободить огромное количество парниковых газов.
- Другая опасность заключена в том, что эти отложения могут очень быстро расширяться, если их затронут землетрясения, побуждая к цунами.



Ученые на борту *Western Flyer* заняты погружением подводного робота *Дока Рикеттса* на глубину 1,3 тыс. м, где залегают гидраты метана, недалеко от берега острова Ванкувер. В руку робота встроен лазерный зонд, которым он прощупывает вал замерзших гидратов близ берега бухты Санта-Моника, Калифорния (слева).

корабля появились изображения. Вместе с большой группой ученых из института и Геологической службы США мы с Пауллом взгромоздились здесь на старые самолетные кресла и перевернутые пластмассовые ведра. Все наши помыслы, как и приборы, были нацелены на расшифровку вала. Как он был образован? Откуда в нем появился метан? Начал ли тот просачиваться из морского дна десять лет назад или накапливался миллионы лет?

Команда была занята поисками главных сведений, которые могли бы помочь перейти к обсуждению более широких проблем. Недавно проведенные геологические изыскания показывают, что гидраты метана, залегающие вблизи берегов только континентальных штатов США, содержат столько газа, что при современном темпе потребления природного газа его хватило бы стране на 2 тыс. лет. Если бы компании смогли добыть даже небольшой процент этого топлива, польза гидратов была бы очевидна. В марте 2013 г. на японском исследовательском судне *Chikyu* впервые извлекли природный газ из морских гидратов. Однако если потепление океанов

нарушит устойчивость гидратов так, что из воды вырвется газ метан и попадет в атмосферу, то он сможет ускорить климатическую катастрофу. За столетие метан может в 20 раз сильнее нагреть нашу планету, чем двуокись углерода. Станут ли гидраты метана следующим мощным источником энергии или нанесут последующий большой вред окружающей среде? Паулл и его коллеги пытаются найти ответы.

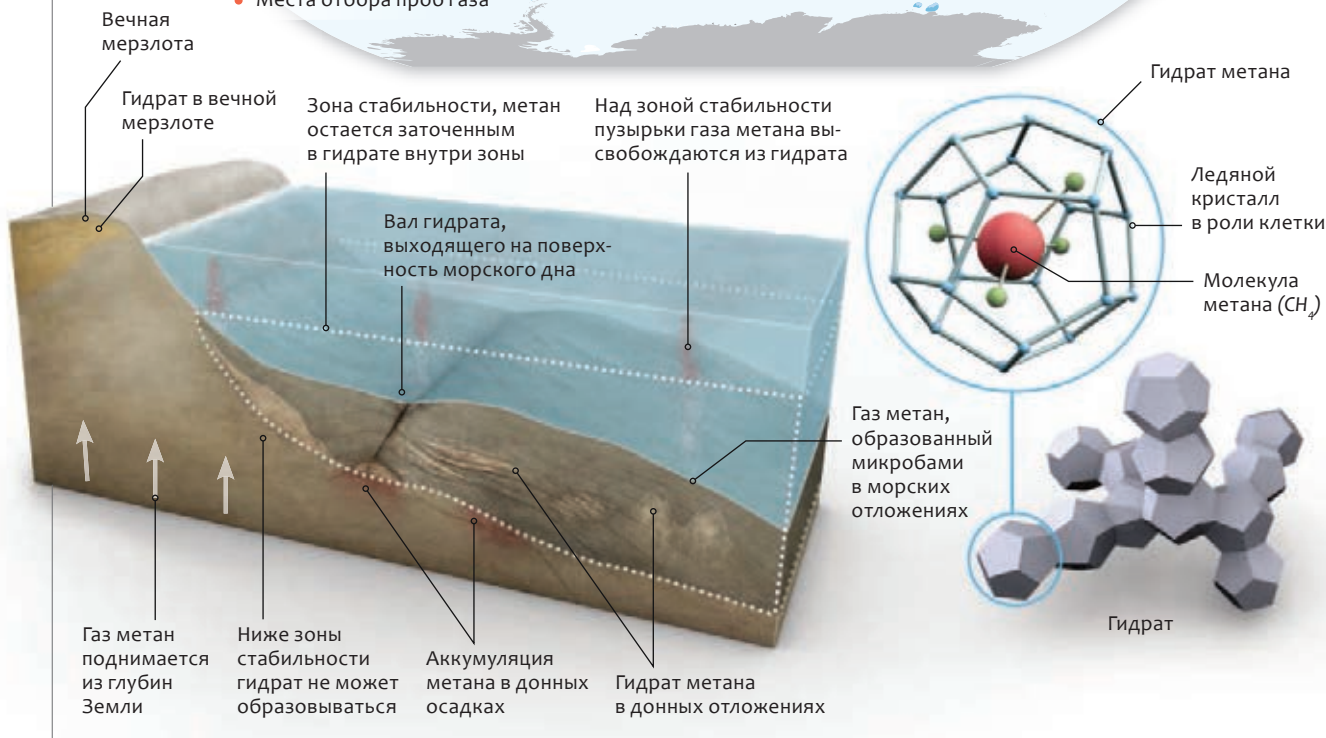
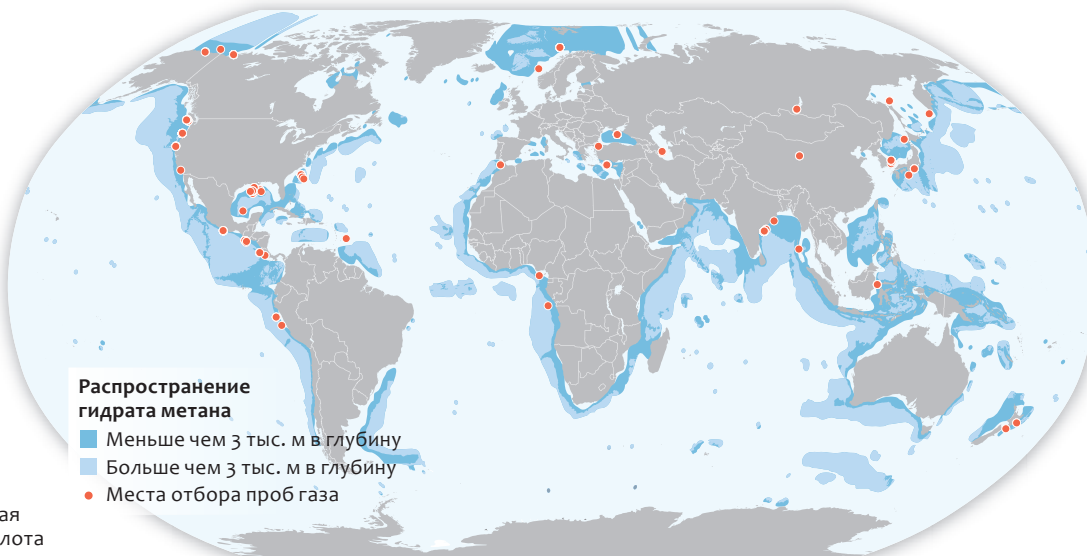
Ледяной черный ящик

Паулл, высокий мужчина с сединой в пышных усах, до сих пор сохранил слабый акцент жителя Род-Айленда. Он принялся за изучение гидратов еще в 70-х гг. XX в., когда к ним относились как к помехе в нефтяной добыче, т.к. их кристаллы закупоривали трубы глубоководных скважин. Если задать ему вопрос про гидраты, то стоит ему только начать рассказывать — эмоционально, с россыпями фактов, — как вскоре он остановится с мученическим выражением лица, дойдя до вопросов, на которые не знает ответа. В процессе его научной деятельности гидраты проделали путь от экзотических диковинок

ЗАМОРОЖЕННЫЙ ГАЗ ПРЯЧЕТСЯ ПОВСЮДУ

Гидраты метана залегают на морском дне вблизи бережий по всему миру (на карте отмечено голубым). Ученые брали образцы гидратов (красные точки) в основном в неглубоких морях, но они полагают, что на большей глубине их залежи еще крупнее. Гидраты образуются в донных отложениях морей (внизу слева), где газ метан заточен в ледяных кристаллах (внизу

справа). Газ может образовываться глубоко в недрах Земли или в результате переработки микробами органического вещества донных осадков. В определенных местах кусочки гидратов могут подниматься через слои воды, выпуская пузырьки метана при выходе из зоны стабильности (пунктирные линии). Гидраты могут также образовываться в вечной мерзлоте на суше.



до потенциально важных участников мирового круговорота углерода, что придает им еще больше загадочности. Когда-то каждая находка гидрата метана неудержимо вызывала интерес, но сегодня Паулла занимает другой вопрос: «Куда они деваются?»

На самом деле около 1% гидратов метана скрыто в земных недрах вблизи полюсов в пластах вечной мерзлоты. Большая часть остальных гидратов существует в так

называемой зоне стабильности гидратов при низкой температуре и высоком давлении под толщей морской воды величиной по крайней мере в 300 м. Обширная решетчатая система кристаллов пронизывает до 1 тыс. м толщи осадков. Ниже тысячеметрового слоя метан находится просто в газообразном состоянии под действием тепла, идущего из глубины Земли. Гидраты образуются постоянно, но непредсказуемо, затвердевая в одних

SOURCES: "GLOBAL DISTRIBUTION OF METHANE HYDRATE IN OCEAN SEDIMENT," BY JEFFERY B. KLAUDA AND STANLEY L. SAUNDERS, IN ENERGY, VOL. 19, NO. 2; MICHAEL POS (base map); USGS GAS HYDRATES PROJECT (recovered sample data) Map by ANP Productions, Illustration by Joseem.Miguel.Meyo

пустотах между зёрнами песка и продолжая оставаться газом в других. Ученые могут только догадываться, почему то или иное состояние преобладает в данном месте.

Связать детали бесовского поведения гидратов (почему они подвешены между твердым и газообразным состоянием, или как долго они удерживают свой метан на одном месте) крайне важно для извлечения их энергии. Эти вопросы стали еще более актуальными при успешном проведении испытаний. На *Chikyu* осуществили бурение в донных осадках, богатых гидратами, затем откачали воду из прилегающих пород. Удаление воды понизило давление на месте работ, что вызвало выделение метана из его ледяной решетки, встроенной в осадочные породы. Газ выходил из скважины в течение пяти с половиной дней.

Япония опережает в небольшой, но важной гонке за энергетическую разработку гидратов, потратив

Глубоководные гидраты, залегающие вдоль берегов континентальных штатов США, могут содержать столько газа, что его хватило бы стране на 2 тыс. лет при сегодняшнем темпе потребления природного газа

\$120 млн на исследования в прошлом году. В 2010 г. США инвестировали около \$20 млн, но к 2013 г. вложения сократились уже до \$5 млн. Германия, Тайвань, Корея, Китай и Индия проводят небольшие исследовательские программы, как и нефтяные компании *Shell* и *Statoil*. Они несут значительные расходы, но те блекнут на фоне миллиардов долларов, затраченных мировой нефтяной промышленностью на исследования и разработку только за один 2011 г.

Для Японии, страны, зависящей от импорта энергии, которая до сих пор ликвидирует последствия ядерной аварии на АЭС «Фукусима-1», огромное количество метана, залегающего прямо у побережья, весьма соблазнительно. Американцы менее заинтересованы в освоении гидратов в качестве источника энергии, поскольку они уже с головой ушли в добычу недорогого сланцевого газа, по сравнению с которым гидраты представляются очень дорогостоящими. Канада тоже богата гидратами, но остановила исследовательские программы в 2013 г. по аналогичным причинам.

Если бы существовала «программа-приманка» к добыче гидратов метана, то это была бы система, стабилизирующая их структуры, секвестрирующая парниковые газы, образующиеся при добыче, и обеспечивающая топливом. В 2012 г. группа ученых из Геологической

службы США, Министерства энергетики США, нефтяной компании *ConocoPhillips*, Японии и Норвегии попыталась это осуществить. Они закачивали смесь двуокиси углерода и азота (чтобы предотвратить обледенение) в гидраты, запертые в вечной мерзлоте в округе Норт-Слоуп на Аляске. Расчет состоял в том, что CO_2 вытеснит метан и займет его место, оказавшись же запертым в ледяной решетке, он сохранит невредимой структуру гидрата.

Метан вытекал из опытной скважины в течение месяца, но ученые не могли быть уверены, заменил ли его углекислый газ. «В теории все понятно, но в природе все сложнее», — говорит Рэй Босуэлл (Ray Boswell), управляющий технологическим процессом обработки гидратов в Национальной лаборатории энергетических технологий Министерства энергетики США. Он поясняет, что испытания вскрыли «подземный черный ящик».

Несмотря на успешность операции, компания *ConocoPhillips* перевела своих служащих из данного проекта на другие места работы. Министерство энергетики занято поисками нового партнера для продолжения экспериментов.

Паулл видит в этих экспериментальных работах ограниченность нашего знания эксплуатационных свойств гидратов. В 2010 г. он возглавлял комитет Национальной академии наук, который анализировал работу Министерства энергетики по использованию гидратов метана в качестве энергетического ресурса. Группа специалистов пришла к заключению, что инженеры скорее всего смогут решить технические проблемы производства топлива из гидратов, но на многие научные, экологические и технологические вопросы предстоит еще дать ответ до того, как можно будет принять взвешенное решение, стоит ли продолжать работу. В отличие от нефтяных запасов гидраты в своей основе неустойчивы, с трудом поддаются картированию, а их влияние на окружающие экосистемы плохо изучено. Паулл объясняет: «Я думаю, что мы не вполне представляем, как использовать их экологически правильным способом».

Замороженный зал ожидания

Распознавание изменчивой непредсказуемой природы гидратов принципиально важно для определения, может ли быть их добыча надежной и прибавить тепла нашей планете.

Например, просто неудачно потревожив гидраты, можно перевести их из твердого в газообразное состояние и тем самым загубить эксперимент. По этой причине Паулл попросил команду *Western Flyer* избегать прикосновений к льдистым выходам донных осадков до самого окончания подводного исследования. В то время как Док Рикеттс скользил по мрачному зеленоватому дну моря, вал под ним раздувался, как громадный пузырь, обнажая кое-где небольшие пробоины, словно испещренный кратерами от маленьких метеоритов. Паулл полагает, что эти выбоины располагаются в местах отрыва гидратов, столь малых, что кажется, будто их сделали рыбы.

В море, где были найдены метангидратные отложения, наблюдались всплывающие в пузырьках газа снежные комочки хрупких гидратов, они были похожи на кометы, вытолкнутые к поверхности моря своими хвостами.

Гидраты постоянно распадаются и формируются в зоне стабильности. Во время одного из погружений гидролокатор робота обнаружил поток газовых пузырьков, исходящий из вала. Паулл стремился узнать, образовался ли этот газ в горячей кухне, в глубине земной коры, подобно тому как зарождаются природный газ и нефть, или он получился в донных отложениях биологическим путем, объединенными усилиями микробов, которые обрабатывают малые кусочки органического материала, попавшего сюда вместе с осадками. В действительности все отложения содержат газ биологического происхождения, а некоторые — из термогенных источников; выявление рождения этой смеси поможет объяснить, как образовался вал и что лежит под ним. Паулл направляет Дока Рикеттса с помощью пилота к источнику пузырьков, темной расщелине в окружении моллюсков, которые поглощают бактерий, что живут за счет хемосинтеза, превращая метан в энергию.

Команда опустила робота на обнажение пород, и камера тут же выхватила краба, примостившегося около выхода пузырьков: он с яростью старался загнать их клешнями в рот. Поскольку температура воды составляла только 2° С, а давление было колоссальным, из газа быстро образовывались маленькие кристаллы гидратов, ротовые органы краба покрывались коркой смешной белой бороды и все его попытки съесть кристаллы срывались. Биолог, бывший на корабле, сказал, что можно часто видеть, как крабы пытаются поглотить пузырьки метана, хотя явно не извлекают из них какое-либо питание.

Дабы избежать таких же проблем, как у этого краба, институтские инженеры подсоединили обогреватель к воронке, опускающейся в баллоны для отбора проб, с каждым из которых может справиться робот. Даже в этом случае команде понадобилось сделать несколько погружений в течение нескольких дней, чтобы добыть достаточно образцов для определения в них смеси термогенных и биогенных газов.



Японское судно Chikyū готовится к бурению гидратов метана в донных отложениях на глубине 1 тыс. м в Тихом океане

Паулл также хотел выяснить возраст вала, чтобы понять, как быстро тот образовался. Команда высадила Дока Рикеттса на край вала и, управляя его руками, взяла образцы грунта, опуская в него специальные трубки. В некоторых местах робот легко протыкал трубкой льдистые грязные осадки. В других трубки застревали, натываясь на пласты того, что могло быть льдом или другим твердым материалом, например карбонатом кальция.

В разгаре работы светодиодный индикатор робота обнаружил загадочные ярко-голубые пузырьки. Наблюдавший это в операторской комнате геолог из Геологической службы Томас Лоренсон (Thomas Lorenson) предположил, что эти пузырьки могут быть нефтью. Утечка нефти и газа из подводных хранилищ — постоянный естественный процесс выхода нефти на дне океана. В 2003 г. Национальной академией наук было опубликовано сообщение, что, согласно расчетам, 680 млн л нефти

Подводные погружения могли бы помочь прекратить бурные споры о том, может ли потепление океанов высвободить огромное количество метана

ежегодно изливаются в Мировой океан. Эти выбросы, поддерживающие большие сообщества моллюсков, червей и других организмов, показывают, как трудно будет определить, что же составляет здоровую среду в случае добычи гидратов на топливо.

Однажды Док Рикеттс добыл керны двухметровой длины, и команда целый час затаскивала его с этой поклажей на корабль. Когда тележка проходила через подвижный вентиляционный шлюз в корпусе корабля, появился очень сильный запах нефти и тухлых яиц. Исследователи положили часть образцов в морозильную камеру для последующего анализа, а часть обработали на борту корабля. Илистые образцы напоминали шоколадную болтушку, вспененную большим количеством растворенного газа.

Паулл и его команда начали быстро обрабатывать те образцы, что поменьше, разлили их в лотки, чтобы провести измерения каждого сантиметра донных осадков и определить время их отложения. Илистый грунт перед мной представлял сцену улетной вечеринки микробов: холодные осадки содержат множество различных микроорганизмов, которые вырабатывают метан, потребляют его и обменивают молекулы серы и кислорода. Гидратные соединения, большие, насколько они могут быть таковыми, служат промежуточными станциями между метаном, заключенным в осадках под океанским дном, и толщей морской воды над ними. Лоренсон сравнил их положение с транзитным залом в аэропорту, где все ожидают своей очереди взлететь.

Джералд Диккенс (Gerald Dickens), специалист в области наук о Земле из Университета Райса, описывает гидраты мира как гигантский накопительный конденсатор для метана, который либо поступает снизу, либо образуется внутри донных отложений, а они, удерживая этот газ, затем постепенно отпускают его в воды океана и, соответственно, в атмосферу. Но мы не знаем, как быстро работает этот конденсатор, т.е. сколько времени гидраты находятся в зале ожидания перед восхождением. Газ может ожидать и 7 млн лет — или же высвободиться относительно быстро, что может обострить глобальное потепление.

В дополнение к данной неопределенности ученые точно не знают, сколько гидратов есть в резерве. В 2011 г. Диккенс ссылаясь на множество документов, в которых подсчеты углерода даны в разбросе от 170 до 12 тыс. Гт, что изобличает грандиозную неопределенность. Большие величины из этих расчетов говорят о том, что гидраты метана могут содержать более чем в три раза больше углерода, нежели все другие известные источники ископаемого топлива, обычно оцениваемые в 4 тыс. Гт углерода.

Цунами метана

В роли конденсаторов гидраты могут одновременно выпустить огромное количество энергии, что вызывает опасения как энергетиков, так и климатологов. Поскольку гидратам присуща мощная подъемная сила, то при возмущении они могут стать опасными. Кубометр гидрата, помещенный в условия обычных температуры и давления, расширяется до 164 м³ газа метана и 0,8 м³ воды. Во время землетрясений расширение гидратов может спровоцировать оползни, за которыми могут последовать цунами. Такая цепная реакция виновата в происхождении оползней Стурега, которые вызвали волну, ударившую 8,1 тыс. лет назад по территории современной Великобритании, а также цунами в районе лагуны Сиссано, унесшие жизни более 2 тыс. человек в Папуа — Новой Гвинее в 1998 г.

Перед разработчиками гидратов в энергетических целях встанет проблема превентивных мер геокатастрофы. Обычные нефть и газ добываются бурением скальных горных пород до вскрытия заключенных в недрах Земли месторождений. Метан в гидратах находится в твердом состоянии, при его извлечении он должен превратиться в газ, приведя все составные части в движение.

Большие опасения планетарного масштаба вызывает метан, когда он выделяется в результате декомпозиции. Если вместо того, чтобы быть поглощенным морской водой, он попадет в атмосферу, то может решающим образом повлиять на климат. Я имела возможность наблюдать, как большой сгусток гидратов поднимался в столбе воды. Во время одного из погружений робот вынул кусок ледяного гидрата величиной с арбуз из выхода пород на глубине 1,8 тыс. м и тщетно пытался засунуть его в сетку: эти потуги один из наблюдателей назвал антигравитационным баскетболом. Я видела из операторской, как шар оставался в неизменном виде глубоко под водой. Но как только робот поднялся и вышел из зоны стабильности, отделяющийся газ пошел сильнее и сеть скрылась в кружевном тумане пузырьков. Когда робот наконец поднялся на поверхность, объем гидрата составлял уже всего несколько столовых ложек.

На палубе Лоренсон быстро окунул исчезающий образец в жидкий азот, чтобы сохранить его для анализа. Он также поджег маленький кусочек на огне и предложил мне попробовать другой осколок на вкус. Тот зашипел у меня во рту и был ровно настолько неаппетитен, каким мог быть углеводородный шербет, но аромат послевкусия напоминал мяту.

Такое бурное восхождение пузырьков дает ключи к пониманию, сколько метана может попасть в воздух. Химик-океанолог Питер Брюер (Peter Brewer) из института Монтерей Бей использовал рентгеновскую томографию

для изучения поднимающегося гидрата. Он выяснил, что гидрат распадается как снаружи, так и изнутри. Другой эксперимент показал, что пузырьки образуют тонкие гидратные оболочки наподобие шариков для пинг-понга, которые пенятся и издают необычные хлопки при подъеме. По словам Брюера, разгадав физику и химию декомпозиции, ученые смогут определить, где она произойдет в столбе воды, как пойдет усвоение океаническими микроорганизмами, сколько ее в основном останется на поверхности, если вообще останется, и сколько, можно предполагать, уйдет газа в атмосферу.

Неоспоримое доказательство

Эта уникальная информация поможет разрешить бурные споры, которые ведутся учеными более десятка лет: смогут ли подогревающиеся моря запустить массовое освобождение метана и может ли этот выпуск превысить поглощающую способность океанов. Ранняя так называемая гипотеза о метангидратном ружье постулировала, что гидраты создают, а затем катастрофическим образом высвобождают метан, процесс идет циклически с повторением через много тысяч лет. Цикличность не подтвердилась палеонтологическими данными, но остается предположение, что одноразовое массивное высвобождение метана из гидратов могло внести свой вклад в быстрое потепление Земли в момент его пикового развития, термального максимума, 55 млн лет назад.

Напротив, модели Давида Арчера (David Archer) из Чикагского университета показывают, что на протяжении тысячелетий гидраты могли непрерывно отпускать метан, что имело большие последствия для глобального потепления, когда поднимающиеся температуры могли вызвать окисление части гидратов в океане до образования CO_2 , тем самым укрепив тенденцию потепления.

Главную угрозу могут представлять гидраты, заключенные в тисках вечной мерзлоты на суше в Арктике, а также в шельфовой зоне. В ноябре 2013 г. группа исследователей под руководством Наталии Шаховой из Аляскинского университета в Фэрбенксе подсчитала, что из шельфа арктических морей Восточной Сибири каждый год в атмосферу поступает 17 млн тонн метана, что в два раза превышает более ранние расчеты. Шахова обнаружила значительное количество пузырьков метана, исходящих всего с глубины 50 м, из гидратов, находящихся под покровом вечной мерзлоты. Во время часто происходящих здесь штормов пузырьки метана скорее всего сразу смешаются с атмосферным воздухом. Пока не проведено достаточно исследований, чтобы можно было утверждать, что подобные явления имеют место в арктической зоне или что метан в основном продуцируют гидраты, лежащие в вечной мерзлоте. Еще один «черный ящик».

Работа на корабле принесла новые загадки. В последний день моего пребывания на борту *Western Flyer* Паулл колдовал над образцами небольших кернов в просторной практической лаборатории; тогда еще не были получены результаты анализов длинных замороженных кернов из Геологической службы. Паулл считал, что отложения,

которые мы видели наверху вала, относительно молодые, на что указывали сканируемые следы ДДТ, который применялся только после 1945 г. Однако тот факт, что эти отложения подняли и покрыли пузырями морское дно, указывал на то, что они, вероятно, формировались более 10 тыс. лет, а это относительно немного в геологическом исчислении.

Анализы замороженных гидратов, которые Лоренсон послал в Колорадский горный институт, в дальнейшем показали, что тот вал не только хранил свой собственный метан, но под ним была скрыта еще целая система хранилищ. Колорадские ученые обнаружили многочисленные изотопы углерода, свидетельствующие о сложном образовании гидрата — из двух различных глубоких горячих месторождений и двух видов газов микробного происхождения.

Такая структура означала, что газ поднимался из ранее неизвестной кухни, расположенной глубоко в земной коре, по пути подобрал другой газ из менее глубокого источника, а затем заструился через осадочные породы вверх, чтобы прихватить и биогенные газы, в том числе образованный микробами, которые превращают легкую нефть в метан.

Лоренсон был удивлен: «Это указывает на сложный путь миграции газа и нефти. Мы не имеем представления, что же делают там внизу главные участники процесса».

В попытках измерить один только вал робот натолкнулся на целый мир под ним. Наш вал обернулся сравнительно небольшой покрывкой солидного тайника метана и нефти. Оказалось, что гидрат метана не только не дает ответов на простые вопросы, послужит ли он во благо энергии или усугубит климатические изменения, но ставит еще более масштабные проблемы: как работает глобальная система и какие существуют временные рамки. Ученым придется решать их, прибегая к крупным инвестициям в фундаментальные исследования Земли, чтобы постичь, как это таинственное вещество связывает углерод из далекого прошлого нашей планеты с ее будущим развитием. ■

Перевод: В.И. Сидорова

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Уолтер Энтони К. Метан: растущая угроза // ВМН, № 2, 2010.
- Methane Hydrates and Contemporary Climate Change. Carolyn D. Ruppel in Nature Education Knowledge, Vol. 3, No. 10, Article No. 29; 2013.
- Блог экспедиции по исследованию метана, описанной в этой статье, см. по адресу: www.mbari.org/expeditions/Northern13/Leg1/index_L1.htm



ДЕКАБРЬ 1964

Лунные камни. «Мы ожидаем, что изучение геологии Луны может получить ответы на некоторые давние вопросы относительно ранних этапов эволюции Земли. Луна и Земля составляют, в сущности, двух-

планетную систему и, вероятно, имеют очень близкое происхождение. В связи с этим Луна представляет большой интерес, поскольку ее поверхность не подвергалась водной эрозии, которая оказала большое влияние на формирование поверхности Земли». — Юджин Шумейкер (Eugene Shoemaker).

Асбест — это проблема? Асбестовая пыль, состоящая из мельчайших волокон, нерастворимых и практически неразрушимых, может в ближайшем будущем создать большие проблемы для здоровья людей. На недавней международной конференции по биологическим эффектам асбеста, которую финансировала Академия наук США, было подчеркнуто, что, с одной стороны, воздействие асбестовой пыли способствует возникновению рака легких, а с другой — использование этих волокнистых силикатов за последние десятилетия возросло во много раз. Сто лет назад асбест был лабораторной диковинкой, а сейчас это важный компонент ряда строительных материалов.



ДЕКАБРЬ 1914

Морская блокада. Германия сможет существовать на собственных ресурсах целый год, что имеет очень большое военное значение в условиях морской блокады, осуществляемой британским флотом. Вероятно, однако, что еще задолго до следующего августа, если война к тому времени не закончится,

немцам предстоит претерпеть значительные изменения в образе жизни. В частности, им, возможно, придется включить в свой пищевой рацион значительно большую долю от годового урожая картофеля, составляющего около 54 млн т, который сегодня идет в основном на производство технического спирта.

Шпионаж в Аравии. В последнее время в районе южной границы Палестины был проведен большой объем топографических работ и других исследований. Работы

велись под руководством Фонда исследования Палестины партиями под командованием капитана С.Ф. Ньюкома (S.F. Newcombe) из Корпуса королевских инженеров с участием двух археологов из Британского музея. Пять партий обследовали и нанесли на карту весь пограничный регион за исключением небольшой области вокруг Акабы, на исследование которой турецкие власти не выдали соответствующего разрешения.

Примечание: целью этих исследований якобы святынь на самом деле было составление карт части Османской империи; одним из двух «археологов» был Т.Э. Лоуренс, получивший впоследствии прозвище Аравийского.



Моторный уницикл: идея, предложенная читателем Scientific American, 1914 г.

Уницикл. Идея одноколесного транспортного средства отнюдь не нова. Новизна уницикла (на илл.) в том, что его устойчивость обеспечивается гироскопом. Машина не была построена, но ее идея была предложена одним из читателей Scientific American некоему предпринимчивому изобретателю.

Примечание: слайд-шоу о разработках и производстве моторных транспортных средств с 1914 г. см. по адресу: ScientificAmerican.com/dec2014/motor-vehicles



ДЕКАБРЬ 1864

Жертвы порока. По поручению британского Тайного совета доктор Альфред Тейлор (Alfred Taylor) представил доклад. В нем сообщается, что лауданум (настойка опия) широко продается оптом и в розницу. В субботние вечера в отдельных магазинах ее часто приобретают три-четыре сотни покупателей. Годовой объем продаж отдельных розничных торговцев достигает 200 унций (5,7 л), а один человек жаловался, что его жена употребила за время супружеской жизни 100 унций лауданума. Один оптовый торговец опиумом уверял нас, что за год может продать в некоторых восточных графствах не одну тысячу фунтов. Этот пожилой, но весьма наблюдательный джентльмен заявил, что спрос возрос после введения сухого закона.

Годовой объем продаж отдельных розничных торговцев достигает 200 унций (5,7 л), а один человек жаловался, что его жена употребила за время супружеской жизни 100 унций лауданума. Один оптовый торговец опиумом уверял нас, что за год может продать в некоторых восточных графствах не одну тысячу фунтов. Этот пожилой, но весьма наблюдательный джентльмен заявил, что спрос возрос после введения сухого закона.

Благодарение богам. Peking Gazette опубликовала отчет о подавлении тайпинского восстания. Он заканчивается следующими словами: «Поэтому важнее всего принести благодарения богам за их помощь. С этой целью Совету по культурам поручено рассмотреть службы различным богам и представить отчет о них». ■

Колм Малкахи и Дана Ричардс

Пусть ИГРЫ продолжаются

В год своего столетнего юбилея Мартин Гарднер, постоянный автор рубрики «Математические игры» журнала *Scientific American*, продолжает вдохновлять своими задачами математиков и всех любителей головоломок

Подобно искусно выполненному фокусу, настоящая головоломка способна удивлять и вдохновлять, раскрывать математические тайны и задавать важные вопросы. По крайней мере, так полагал Мартин Гарднер (Martin Gardner), чье имя неразрывно связано с легендарной колонкой журнала *Scientific American* «Математические игры», которую он вел на протяжении четверти века. Благодаря своим уникальным математическим способностям Гарднер, которому в октябре 2014 г. исполнилось бы 100 лет, каждый месяц дарил читателям возможность поломать голову над новой математической загадкой, необычной задачей, завоевывая огромную читательскую аудиторию. Множество людей, от рядовых читателей до известных ученых, говорили о том, что именно «Математические игры» стали для них отправной точкой, толчком для занятия математикой или другими точными науками.

Illustration by Tim O'Brien



ОБ АВТОРАХ

Колм Малкахи (Colm Mulcahy) — профессор математики в Колледже Спелман, автор большого количества статей, посвященных карточным фокусам.

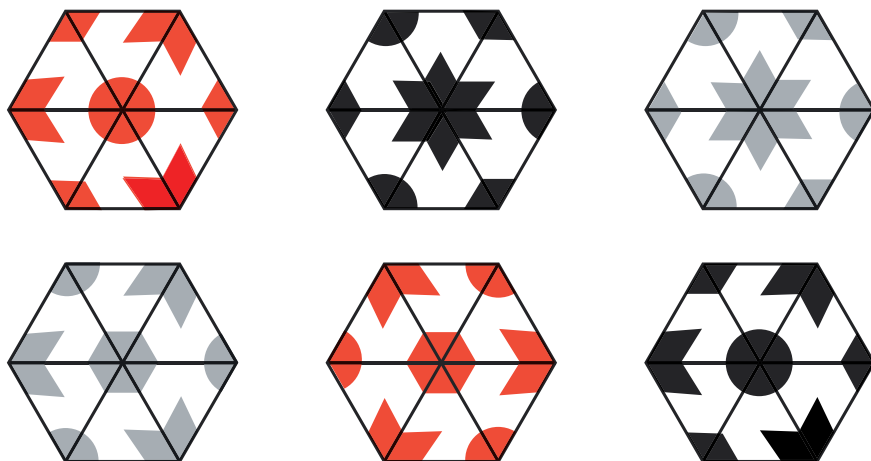


Дана Ричардс (Dana Richards) — профессор информатики в Университете Джорджа Мейсона, пишет биографию Мартина Гарднера. Оба автора были лично знакомы с Мартином Гарднером и вошли в состав организационного комитета конференции, посвященной его столетнему юбилею.



! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Мартин Гарднер, которому в октябре 2014 г. исполнилось бы 100 лет, на протяжении четверти века вел колонку, посвященную математическим играм, в журнале *Scientific American*.
- Неподдельный интерес к математике, выдающийся интеллект и помощь коллег помогли ему популяризировать и фактически открыть для широкой публики ряд значительных математических идей: криптографический алгоритм RSA, математическую игру «Жизнь», фракталы, мозаику Пенроуза и многие другие. Его статьи вдохновили не одно поколение профессионалов и любителей математики, они послужили толчком для создания сообществ, посвятивших себя дальнейшим исследованиям.
- Поклонники Гарднера регулярно проводят встречи, на которых в популярной форме докладываются и обсуждаются новые математические идеи. Друзья и последователи собираются раз в два года на конференции, посвященные Гарднеру, а каждый октябрь проходят собрания «Торжество разума», посвященные памяти знаменитого популяризатора науки.



Шесть шестиугольников с различными узорами, изображенные на рисунке, — варианты одной и той же фигуры, сложенной из полоски бумаги в особую структуру, которая называется гексафлексгоном. О том, какими свойствами обладают эти фигуры и как сделать их своими руками, Гарднер написал в своей колонке, опубликованной в декабрьском выпуске *Scientific American* в 1956 г.

Гарднер был скромным человеком. Он никогда не искал наград и не стремился к славе, и, тем не менее, его письменное наследие — около сотни книг, посвященных широчайшему кругу вопросов в области как гуманитарных, так и естественных наук, — привлекло внимание многих общественных деятелей. Известный ученый, лауреат Пулитцеровской премии Дуглас Хофштадтер (Douglas Hofstadter) говорил, что Мартин Гарднер — «величайший интеллект, которого породила наша страна в двадцатом столетии». Палеонтолог и историк науки Стивен Джей Гулд (Stephen Jay Gould) отметил, что Гарднер был «единственным маяком, путеводной звездой, защищавшим рационализм и точные науки от окружающего нас мистицизма и антиинтеллектуализма». А лингвист Ноам Хомский (Noam Chomsky) описал его вклад в современную науку и культуру как «уникальный по своему масштабу, глубине и пониманию труднейших вопросов».

Несмотря на то что Гарднер перестал регулярно вести свою колонку в начале 1980-х гг., его влияние сохраняется по сей день. Он писал книги и статьи вплоть до самой смерти в 2010 г., и сообщество его поклонников теперь включает уже несколько поколений благодарных читателей, которые до сих пор организуют встречи и праздники, посвященные Гарднеру и математическим играм, а также совершают новые открытия. Безусловно, лучший способ оценить его новаторские статьи и их вклад в науку и культуру — это перечитать их или открыть для себя впервые. Но, возможно, и эта статья, посвященная юбилею Мартина Гарднера, своего рода праздник в его честь и в честь его трудов, поможет новому поколению оценить значение замечательной математики в современном мире.

От логики до гексафлексагонов

При всей своей широкой известности в математических кругах Мартин Гарднер не был математиком в традиционном смысле этого слова. В середине 30-х гг. прошлого столетия, еще в колледже Чикагского университета, специализируясь на философии и преуспевая в логике, он совершенно игнорировал математику (хотя и прослушал курс элементарного математического анализа). Тем не менее он хорошо разбирался в математических фокусах. Его отец, геолог, познакомил сына с задачами великих новаторов в изобретении головоломок Сэма Лойда (Sam Loyd) и Генри Дьюдени (Henry Ernest Dudeney), и с 15 лет Гарднер начал публиковать собственные статьи в «магических» журналах, где он исследовал связи между фокусами и топологией — разделом математики, изучающим свойства тел, которые остаются неизменными при непрерывных деформациях. Например, чашка с ручкой и пончик топологически не отличаются друг от друга, т.к. оба тела представляют собой гладкие поверхности с одним отверстием.

В 1948 г. Гарднер переехал в Нью-Йорк, где подружился с Иекутиэлем Гинзбургом (Jekuthiel Ginsburg), профессором математики в Иешива-университете, создателем и редактором журнала *Scripta Mathematica*. По замыслу Гинзбурга, этот журнал, выходящий ежеквартально с 1932 г., должен был расширить кругозор обычного читателя, в том числе далекого от точных наук, и показать ему богатый и удивительный мир математики. Гарднер написал для журнала серию статей о занимательных математических задачах и со временем попал под влияние высказывания Гинзбурга: «Не нужно быть художником, чтобы наслаждаться живописью, и великим музыкантом, чтобы любить музыку. Мы хотим доказать, что не обязательно быть профессиональным математиком для того, чтобы получать удовольствие от математических форм и абстрактных идей».

Первая статья Гарднера в *Scientific American* вышла в 1952 г. и была посвящена машинам, способным решать простейшие логические задачи. Редактор Деннис Фланаган (Dennis Flanagan) и издатель Джерард Пил (Gerard Piel), возглавившие *Scientific American* несколькими годами ранее, в соперничестве со своим коллегой Джеймсом Ньюменом (James Newman), работавшим над коллективным сборником «Мир математики» (Нью-Йорк, 1956), стремились публиковать больше занимательных и интересных материалов, посвященных различным областям математики. Работы Гарднера пришлись ко времени. Как раз в 1956 г. он прислал в журнал свою статью о гексафлексагонах — сложных из бумаги многогранниках, обладающих удивительными свойствами, которыми тут же заинтересовались и фокусники, и топологи. Статья немедленно была принята в печать, и еще до ее публикации в декабрьском номере Гарднеру предложили вести ежеквартальную колонку.

Первое время заметки Гарднера были в достаточной степени элементарными. Но с годами он все глубже погружался в исследование математических законов и круг его читателей возрастал. В каком-то смысле Гарднер

Виды головоломок

ПРОВЕРЬ СЕБЯ

Занимательные математические головоломки можно разделить на несколько категорий так, что каждая из них будет требовать от решающего различных подходов. Многие примеры, изложенные ниже, смело можно отнести к классическим математическим головоломкам.

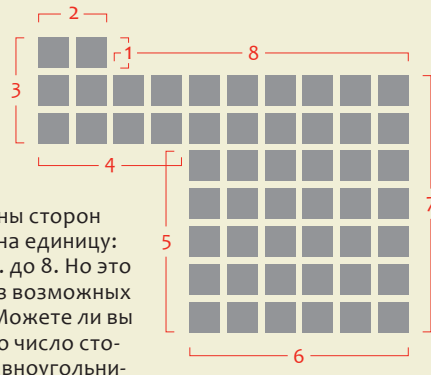
Некоторые задачи выходят за рамки базовых знаний математики. Например, вот эта головоломка: даны три выключателя на первом этаже здания; только один из них включает одну лампочку на третьем этаже, два других выключателя работают вхолостую, можно сколько угодно включать и выключать их. Как узнать, какой из трех выключателей работает, лишь один раз поднявшись на третий этаж?

Криптарифмы требуют большего усердия, чем обычные головоломки. Каждая буква соответствует одной цифре. Какая цифра соответствует каждой букве, чтобы сумма была верной?

$$\begin{array}{r} \text{ДОСКА} \\ \text{ДОСКА} \\ + \text{ДОСКА} \\ \hline \text{ЛОДКА} \end{array}$$

Умение нарисовать в воображении ту или иную картину может помочь при решении геометрических задач. Представьте себе две пирамиды. Первая: в основании — квадрат, а боковые грани — равносторонние треугольники. Вторая: все грани — равносторонние треугольники, идентичные боковым граням первой пирамиды. А теперь совместите эти пирамиды так, чтобы какие-нибудь два из равносторонних треугольников совпали. Сколько граней имеет результирующая фигура? (Ответ «семь» — неправильный!)

Любителям головоломок, как и математикам, иногда приходится решать задачи, служащие отражением более общих и сложных теорем. В математике есть класс многоугольников, называемых периодическими равноугольниками. Самый простой вариант изображен на рисунке справа: все смежные стороны пересекаются под прямым углом, а длины сторон возрастают на единицу: 1, 2, 3, 4 и т.д. до 8. Но это лишь один из возможных вариантов. Можете ли вы доказать, что число сторон таких равноугольников всегда должно быть кратно 8?



Свойства шахматных фигур часто используются в головоломках. Представьте себе три белых ферзя и пять черных на шахматной доске размером 5 x 5. Расставьте их так, чтобы ферзи разных цветов не били друг друга. Существует только одно решение этой задачи с точностью до отражения и вращения позиции.

ПАРАДОКС НЬЮКОМА, ИЛИ КТО ХОЧЕТ СТАТЬ МИЛЛИОНЕРОМ?

Мартин Гарднер прочитал о парадоксе Ньюкома в 1969 г. в статье философа Роберта Нозика и сделал его темой своей колонки в июле 1973 г. и марте 1974 г. Этот мысленный эксперимент, созданный физиком-теоретиком Уильямом Ньюкомом, выходит за пределы обычной математической науки и затрагивает философские вопросы предопределенности, предсказания и свободы воли. Он до сих пор активно обсуждается в философских кругах.

Игрок противостоит Предсказателю — сверхинтеллектуальному инопланетянину, медиуму, всезнающему богу, который предугадывает действия Игрока. Игрок не знает о предсказаниях, и перед ним ставятся две коробки: в одной коробке (назовем ее А) — \$1 тыс., а в другой (коробке В) — или \$1 млн, или пусто. Можно выбрать либо коробку В, либо обе сразу. До начала игры Предсказатель предопределяет, какой выбор сделает Игрок. Если Предсказатель считает, что Игрок возьмет только одну коробку В, то в ней будет находиться вознаграждение в \$1 млн; если же он решит, что Игрок выберет обе коробки, то коробка В будет пустой.

Парадокс заключается в том, что существуют две противоположные стратегии, направленные на выигрыш максимального количества денег (что абсолютно логично). Согласно первой стратегии, выбор сразу двух коробок принесет больше денег независимо от прогнозов Предсказателя. Судите сами: если Предсказатель заявил, что Игрок выберет две коробки и оказался прав, то Игрок

получает \$1 тыс. (выбор одной коробки В приносит \$0). Если же Предсказатель считает, что Игрок возьмет только коробку В и ошибается, то выигрыш Игрока при данной стратегии составит \$1 млн + \$1 тыс.

Вторая стратегия утверждает, что максимальный выигрыш будет всегда при выборе одной коробки В. Игрок может игнорировать случаи, при которых его выбор отличается от прогнозов Предсказателя, ведь последний, как божество, очень редко ошибается. Выходит, что Игрок может взять две коробки с выигрышем в \$1 тыс. или одну коробку с призом в \$1 млн.

Читатели Гарднера завалили его письмами со своими комментариями, но до сих пор нет ответа, насколько одна из стратегий лучше другой. В своей статье Нозик отметил: «Для многих людей абсолютно очевиден правильный выбор. Сложность в том, что они делятся ровно на две половины и каждая считает противоположное мнение глупым».

Предполагаемый выбор	Сделанный выбор	Выигрыш
Две коробки	Две коробки	\$1000
Две коробки	Только В	\$0
Только В	Две коробки	\$1 001 000
Только В	Только В	\$1 000 000

стал обладателем своей собственной социальной сети, работающей со скоростью почтовой службы США. Он делился своими открытиями с людьми, многие из которых существовали вне классического изучения математики как науки в колледжах и университетах, но страстно стремились к простым, понятным, а часто и изящным математическим задачам и головоломкам. Еще с университетских времен он хранил огромное количество тщательно подобранных документов. Пользуясь своей «социальной сетью», Гарднер распространил этот архив, что позволило ему собрать широкий круг читателей-друзей, заинтересованных в новых открытиях. Каждый, кто писал ему, получал детальный ответ — так, словно задал вопрос современной поисковой системе. Среди его друзей по переписке были математики Джон Хортон Конвей (John Horton Conway) и Перси Диаконис (Persi Diaconis), художники Мауриц Корнелис Эшер и Сальвадор Дали, иллюзионист и научный скептик Джеймс Рэнди (James Randi), писатель Айзек Азимов и многие другие.

Обширный и разнообразный круг друзей отражал разносторонность интересов Гарднера: литература и физика, искусство магов и иллюзионистов, научная фантастика,

философия и теология. Он был эрудитом и специалистом во многих областях. Кроме того, наверное, в каждом своем эссе он старался находить точки соприкосновения между главным предметом статьи и гуманитарными науками. Эти отсылки и параллели помогали читателям по-новому взглянуть на научные идеи и оставляли более глубокий след в памяти. Например, в своем очерке «Ничто» Гарднер так далеко вышел за рамки математического понятия нуля и пустого множества, что предметом его исследования стало понятие «ничто» в истории,

Обширный и разнообразный круг друзей отражал разносторонность интересов Гарднера: литература и физика, искусство магов и иллюзионистов, научная фантастика, философия и теология. Он был эрудитом и специалистом во многих областях



литературе и философии. Гарднер умел привлекать внимание читателей своим талантом рассказчика. Он редко писал очерки, основанные на каком-то единичном результате, и старался собрать достаточное количество материала, чтобы создать рассказ, наполненный интересными идеями и способами их исследования. Он мог потратить много дней на поиски материала для своей колонки и в итоге ориентировался в нем не хуже любого эксперта.

Гарднер обладал настоящим талантом объяснять математику. Часто его колонки побуждали читателей продолжать исследования, описанные в той или иной статье. Например, домохозяйка Марджори Райс (Marjorie Rice), имеющая лишь диплом средней школы, благодаря колонкам Гарднера открыла несколько новых видов мозаичных пятиугольников, формы которых сочетаются друг с другом так, что ими, как плиткой, можно выложить бесконечную плоскость. Она написала автору, а тот в свою очередь отправил ее результат на проверку математику Дорис Шаттшнайдер (Doris Schattschneider). Невозможно сосчитать, сколько новых открытий было сделано благодаря колонкам Гарднера. В 1993 г. вышли пять его статей, которые стали самыми популярными среди читателей. Пять статей и пять тем: полимино Соломона Голомба (Solomon W. Golomb), игра «Жизнь» Джона Конвея, мозаика Роджера Пенроуза (Roger Penrose), криптографический алгоритм с открытым ключом RSA и парадокс Ньюкома.

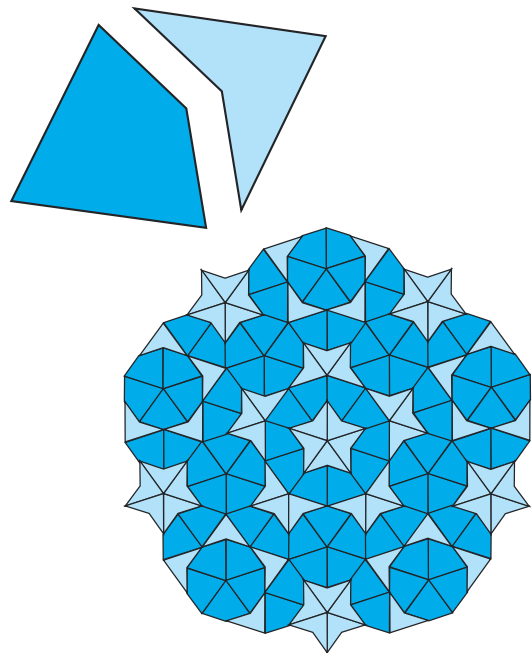
Полимино и жизнь

Возможно, некоторые математические задачи, о которых писал Гарднер, были настолько популярны из-за того, что их можно было решать дома, используя при этом шахматные доски, спички, карты и клочки бумаги. Интересным случаем оказался рассказ Гарднера (колонка 1957 г.) про полимино Голомба — плоские геометрические фигуры, составленные из квадратов, имеющих общие стороны. Домино — это полимино, состоящее из двух квадратов, тримино — из трех, тетрамино — из четырех и т.д. Полимино часто присутствует в логических задачах, например в задаче о разбиении плоскости (мозаике), а также в популярных играх, включая видеоигры и тетрис. Эти структуры были известны математикам и ранее, но, как справедливо написал Гарднер, Голомб удалось обобщить результаты предшественников и доказать теоремы о классификации данных фигур.

Некоторые виды этих фигур используются и в игре «Жизнь» Джона Конвея, суть которой была изложена в октябрьском номере журнала *Scientific American* в 1970 г. Основные элементы этой игры — клетки на бесконечной плоскости, каждая из которых может обладать одним из двух свойств: быть «живой» или «мертвой». По определенным простым правилам в той или иной клетке может «зародиться жизнь» (если три из восьми соседних клеток — «живые») или же она может «умереть» (если «живых» соседних клеток меньше двух или больше трех). Любой вариант игры начинается с исходного

расположения «живых» клеток, а далее развивается без участия игрока, в соответствии с указанными правилами. Эта игра стала частью нового, только зарождающегося направления, использующего «клеточные автоматы» для имитации и, следовательно, изучения сложных систем. И Конвею удалось показать, что самый тривиальный автомат, оперирующий лишь двумя состояниями, способен моделировать эволюционное поведение куда более сложных систем.

После выхода статьи Гарднера игра «Жизнь» стала культовой. «Математики со всего мира пытались создать программу по этой игре», — писал Гарднер. Читатели его колонки впоследствии сделали несколько важных открытий. В математике давно было известно, что небольшой список аксиом может привести к созданию сложнейших выводов и теорем, и теперь каждый, столкнувшийся с игрой «Жизнь» испытал это на себе. Вот уже 40 лет эта игра остается источником новых открытий: в мае 2010 г. была опубликована новая конфигурация исходного положения «живых» клеток — или же «организм» — под названием *Gemini*, который воспроизводил сам себя и был способен размножаться и перемещаться, уничтожая предыдущие копии; а в ноябре 2013 г. был создан первый репликатор игры «Жизнь», который способен клонировать сам себя и свои команды.



Мозаика Пенроуза интересна созданием аперiodических структур: всего двумя фигурами можно «замостить» плоскость, т.е. покрыть ее полностью без пропусков и наложения фигур друг на друга. При этом конфигурация узора никогда в точности не повторяется (узоры в разных частях плоскости нельзя совместить параллельным переносом): математики говорят, что она аперiodична. Гарднер написал о мозаике Пенроуза (так называемых кайтах и дартсах) в январе 1977 г. Для обеспечения аперiodичности фигуры должны быть уложены по определенным правилам. Начальная группировка фигур, изображенная на рисунке, называется «бесконечный звездный узор».

Апериодичность и открытые ключи

Роджер Пенроуз — физик и математик, чьи разбиения (так называемая мозаика Пенроуза) стали темой еще одной знаменитой колонки Мартина Гарднера. В ней рассказывалось о двух типах фигур — дельтоидов, плоских четырехугольников, имеющих по паре равных смежных сторон, — которые за их очертания были названы кайтами и дартсами (от английского *kite* — «бумажный змей» и *dart* — «дротик, стрелка»). Используя комбинации этих двух фигур, можно как плиткой покрыть или «замостить» бесконечную плоскость без пропусков и наложения фигур друг на друга. При этом полученный узор не будет повторяться, т.е. его нельзя будет повторить параллельным переносом. Это свойство называется апериодичностью разбиения. Самые известные и простые разбиения

математическое открытие, практически не связанное с реальным миром, оказывается уже давно известным матушке-природе.

В августе 1977 г. Гарднер предвосхитил еще одно открытие: использование электронной почты для личного общения. Своим предсказанием он начал колонку, посвященную широко известному в наше время алгоритму шифрования RSA, который представляет собой криптографический алгоритм с открытым ключом, использующий специальные функции с «секретными» параметрами. Такие системы уже были известны в середине 70-х гг., однако ученым Рону Ривесту (Ron Rivest), Ади Шамиру (Adi Shamir) и Леонарду Адлеману (Leonard Adleman) (аббревиатура RSA образована от первых букв их фамилий) удалось открыть новый вид таких функ-

Любовь Гарднера к играм и головоломкам шла рука об руку с неповторимым чувством юмора. В его первоапрельской колонке 1975 г. говорилось о «шести сенсационных открытиях, которые так или иначе избежали внимания общественности». Каждое из них казалось в достаточной степени правдоподобным, хотя и было лишь остроумной выдумкой автора



плоскости (например, квадратами, треугольниками, шестиугольниками), напротив, периодические. Эта и другие мозаики Пенроуза оказались настоящим открытием, их изображение украсило январский номер журнала *Scientific American* в 1977 г.

После исследований свойств мозаики Пенроуза был сделан ряд открытий. Например, было обнаружено так называемое свойство самоподобия такого разбиения плоскости, что делает эти мозаики схожими с фракталами — структурами, повторяющимися в разных масштабах. К слову, и фракталы приобрели популярность благодаря посвященной им колонке Гарднера, вышедшей в декабре 1976 г. Мозаика Пенроуза способствовала открытию квазикристаллов, имеющих упорядоченную, но апериодическую структуру, и, пожалуй, никто не был так воодушевлен этой новой открывшейся связью, как Гарднер: «Есть потрясающие примеры того, как чисто

простых числах (т.е. тех, которые делятся только на единицу и на самих себя). Безопасность этого алгоритма шифрования следовала из очевидной вычислительной сложности задачи определения множителей произведения двух достаточно больших простых чисел.

Еще до публикации полученного результата в научной периодике Ривест, Шамир и Адлеман решили обратиться к Гарднеру и его колонке, им была важна широкая аудитория. Гарднер оценил значение их открытия и сразу же отправил статью в печать. В своей колонке он бросил вызов читателям, предложив им расшифровать некое послание, что потребовало бы факторизации 129-значного числа, — невозможная задача для того времени. Гарднер предварил свою статью цитатой из Эдгара Аллана По: «Человеческая изобретательность не в состоянии создать шифр, который челове-

ская же изобретательность не смогла бы разгадать». Но только 17 лет спустя большая команда дешифровщиков, опираясь более чем на 600 волонтеров и 1,6 тыс. компьютеров, открыла миру секретное сообщение, которое с английского можно перевести примерно так: «Волшебные слова — привередливый бородач» (Гарднер использовал английское слово *ossifrage* — устаревшее название бородача или ягнятника, птицы семейства ястребиных). Испытания RSA-алгоритма продолжались многие годы и официально завершились лишь в 2007 г.

После Гарднера

Любовь Гарднера к играм и головоломкам шла рука об руку с неповторимым чувством юмора. В его первоапрельской колонке 1975 г. говорилось о «шести сенсационных открытиях, которые так или иначе избежали внимания общественности». Каждое из них казалось

в достаточной степени правдоподобным, хотя и было лишь остроумной выдумкой автора. Так «выяснилось», например, что клапанное сливное устройство, используемое в современном туалете, изобрел Леонардо да Винчи, а некой миссис Генриетте Бердбейн (от англ. *birdbrain* — «куриные мозги») удалось создать и продемонстрировать «психический мотор», приводимый в действие незначительным волевым усилием. В процессе создания она пользовалась идеей доктора Рипофа (от англ. *ripoff* — «грабеж») — известного парапсихолога из Праги, основателя Международного института по исследованию ауры млекопитающих... и т.д. Все указывало на несерьезность этой колонки, но тем не менее Гарднер получил множество откликов воодушевленных читателей, предлагавших, например, устройство такого «психического мотора».

В 1980 г. Гарднер решил прекратить работу над своими колонками и сосредоточиться на книгах. Журнал поспешил найти ему преемника — Дугласа Хофштадтера (Douglas Hofstadter). Он написал 25 статей под общим заголовком «Метамагические темы» (*Metamagical Themas* — анаграмма от *Mathematical Games*). Многие из этих заметок были посвящены основному предмету интереса Хофштадтера — искусственному интеллекту. Следующим колумнистом стал Александр Киватин Дьюдни (A.K. Dewdney), писавший о компьютерных играх в течение семи лет. Следующее за ним десятилетие принадлежало Иэну Стюарту (Ian Stewart) и его математическим головоломкам. Деннис Шаша (Dennis Shasha) писал большие статьи, посвященные задачам, основанным на вычислениях и алгоритмических принципах. «Мартин Гарднер был незаменим, — писал Стюарт, — мы просто пытались сохранить дух колонки: представить значительные математические идеи в занимательной форме».

В течение последних двух десятилетий у колонки не было постоянного автора, однако ее дух сохранялся благодаря проходящей раз в два года конференции, на которой известные математики, фокусники и любители головоломок делились своими открытиями в пользу импровизированного «фонда Гарднера». Сам Гарднер присутствовал только на первых двух конференциях. В последние годы их участниками были как старые друзья Гарднера, такие как Голomb, Конвей, Элвин Берлекэмп (Elwyn Berlekamp), Ричард Гай (Richard Guy) и Рональд Грэхем (Ronald Graham), так и восходящие звезды — программист Эрик Димейн (Erik Demaine), специалист по видео Ви Харт (Vi Hart). Было много талантливых представителей молодого поколения: Нейл Бикфорд (Neil Bickford), Джулиан Хантс (Julian Hunts), Итэн Браун (Ethan Brown) и другие. После смерти Гарднера в 2010 г. каждый октябрь в его честь стали проводиться собрания под названием «Торжество разума», которые может посетить (и организовать) каждый желающий.

Несмотря на то что Гарднера больше с нами нет, мы не перестаем вдохновляться его работами и решать занимательные математические задачи. Не стоит

переоценивать их кажущиеся простоту и легковесность, за многими из них стоят серьезные научные задачи. Почти каждый очерк Гарднера собрал сообщества энтузиастов и специалистов. Многие его колонки могут стать основой для книг или многотомных собраний. Гарднер никогда не воспринимал математические головоломки как развлечение: они были для него вратами в чудесный и волшебный мир математики.

В своей последней статье в *Scientific American*, вышедшей в 1998 г., Гарднер написал: «Между занимательной и серьезной математикой — лишь едва различимая грань. В течение 40 лет я делал все возможное, чтобы убедить педагогов в том, что занимательная математика должна быть включена в учебные планы. Она должна стать неотъемлемой частью уроков математики, чтобы привлечь интерес к чудесам этой науки... К сожалению, сдвиги в этом направлении были минимальными».

Сегодня в Интернете можно найти сотни разных математических сайтов, программ, блогов, например различные варианты приложений игры «Жизнь» Джона Конвея, а социальные сети помогают найти единомышленников с такой скоростью, о которой Гарднер в свое время мог только мечтать. Но, может быть, высокая скорость передачи информации имеет и негативную сторону. Зачастую ответ на нескончаемый поток информации заключается только в машинальной и поверхностной реакции «нравится / не нравится», тогда как настоящие открытия требуют тщательного и глубокого анализа и размышлений. Мы верим: часть успеха гарднеровских работ кроется в том, что его аудитория не ленилась излагать свои идеи подробно и писать вдумчивые, выверенные ответы. Только время покажет, насколько современные составители головоломок в нашу куда менее терпеливую эпоху окажутся способными подхватить эстафету Гарднера и подтолкнуть будущее поколение к новым интересным идеям и открытиям. ■

Перевод: Д.С. Хованский

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Gathering 4 Gardner Foundation: <http://gathering4gardner.org>
- Martin Gardner home page: www.martin-gardner.org
- Celebration of Mind: www.celebrationofmind.org
- A Tribute to Martin Gardner, 1914–2010. In-Depth Reports, ScientificAmerican.com, May 25, 2010. www.scientificamerican.com/report/martin-gardner-1914-2010
- Flexagon but Not Forgotten: Celebrating Martin Gardner's Birthday. Evelyn Lamb. Observations blog, ScientificAmerican.com, October 19, 2012. <http://blogs.scientificamerican.com/observations/2012/10/19/flexagon-but-not-forgotten>

ОБ АВТОРЕ

Майя Шалавиц (Maia Szalavitz) — журналист, специализирующийся на нейронауках, живет в Нью-Йорке, публикуется в *Time*, *New York Times*, *Elle* и *Washington Post*.



Когда мы действительно можем помочь себе сами?

Американская индустрия мотивационных семинаров с оборотом в \$12 млрд таит в себе скрытые опасности. Здесь мы обсудим, как их распознать



Кирби Браун (Kirby Brown) никогда не боялась рисковать. В детстве 38-летний дизайнер училась скакать на лошади, а повзрослев, каталась на серфе по огромным волнам Калифорнийского залива. Однако безрассудной она не была. «Ей очень нравились всякие приключения, но она никогда не забывала о собственной безопасности», — говорит ее мать Вирджиния Браун (Virginia Brown). Поэтому, когда в 2009 г. Кирби решила принять участие в духовном семинаре, который организовал в пустыне штата Аризона известный гуру и «оратор-мотиватор», проповедник успеха и богатства Джеймс Артур Рэй (James Arthur Ray), она не подозревала, что ее жизнь находится под угрозой.

Позиционируемый как «катализатор самосовершенствования», пятидневный семинар включал 36 часов медитации без пищи и воды с последующей ритуальной церемонией, проходившей в душной палатке. Кирби и еще один участник не вынесли испытаний: третий впал в кому и через неделю тоже скончался. Другие 18 были госпитализированы с различными диагнозами — от перегрева до почечной недостаточности, и их едва удалось спасти. «По существу, этих людей замучили», — говорит Кристин Уилан (Christine Whelan), социолог из Питтсбургского университета, занимающаяся изучением индустрии мотивационных семинаров.

Illustration by Daniel Zalkus

Гибель людей в Аризоне, так же как случаи суицида и психических расстройств, происходившие во время и после подобных мероприятий, ярко иллюстрируют опасность, скрывающуюся в американской индустрии мотивационных семинаров с оборотом около \$12 млрд. В основе философии «Помоги себе сам» лежит идея, что многие способны справиться с большинством своих проблем — от финансовых до психологических — самостоятельно, т.е. без профессиональной помощи. Широкий спектр методик «Помоги себе сам» включает семинары, подобные тем, что проводил Рэй, группы поддержки, цель которых — восстановление психического здоровья или изменение образа жизни участников, а также более 45 тыс. различных изданий, призванных помочь сделать жизнь людей более счастливой. Книги направления «Помоги себе сам» пользуются такой популярностью, что газета *New York Times* публикует отдельный список бестселлеров, посвященный подобной литературе.

Результаты десятков проведенных исследований свидетельствуют о том, что научно обоснованная самопомощь при таких состояниях, как беспокойство, тревожность, депрессия, а также наркомания, действительно может принести ощутимую пользу. Но беда в том, что, по словам Джона Норкросса (John C. Norcross), профессора психологии из Скрантонского университета, практикующего психотерапевта и соавтора издания «Помощь самому себе, которая работает» (*Self-Help That Works, 2013*), более 95% книг и программ по самопомощи никогда не подвергались научному анализу. К счастью, потенциальную опасность ритуальных церемоний, проводимых на семинарах «Помоги себе сам», можно распознать по определенным признакам. Нужно также отдавать себе отчет в том, что психологическое давление со стороны участников семинара может повлиять на трезвость суждений.

Что показал анализ

«Лишь около полусотни программ самопомощи проверены на безопасность и эффективность», — говорит Норкросс. И, согласно итоговым данным, некоторые из них действительно работают. Среди наиболее изученных способов преодоления психологических проблем следует отметить методы когнитивно-поведенческой психотерапии: обучение пациентов умению замечать и преодолевать чувство тревоги, депрессию и другие негативные состояния. По рекомендациям Кокрановского обзора за 2013 г., который считается золотым стандартом в области масштабных систематических исследований состояния здоровья, если у вас возникло чувство необоснованной тревоги, оптимальная самопомощь заключается в обращении к соответствующей литературе; во всяком случае, это лучше, чем ничего.

Помимо когнитивно-поведенческой психотерапии исследователи уделяют большое внимание принципам работы групп «12 шагов». Так, члены групп «Анонимные алкоголики» помогают друг другу справиться с пагубным пристрастием и физической зависимостью, следуя определенным принципам. В Кокрановском обзоре за 2006 г. говорится об «отсутствии экспериментальных данных,

которые однозначно доказывали бы их эффективность», однако многочисленные наблюдения показывают, что те, кто по доброй воле приходят в группу, с большей вероятностью прекращают пить, чем остальные. (В отличие от экспериментальных исследований исследования наблюдательные не предполагают вмешательства в работу групп с тем, чтобы выяснить, насколько оно эффективно.) Одно из таких наблюдений показывает, что две трети людей, которые неуклонно следуют программе в течение по меньшей мере 27 недель, последующие 16 лет воздерживаются от употребления алкоголя. Однако, согласно собственным наблюдениям членов групп «Анонимные алкоголики», большинство из тех, кто присоединился к программе впервые, перестают посещать занятия в пределах шести месяцев.

На первый взгляд чтение руководства по самопомощи дома на диване не таит в себе никакой опасности. Но любой, кто слепо следует недостаточно хорошо проверенной инструкции, например придерживается диеты с низким содержанием питательных веществ, через определенное время сталкивается с проблемами

Мощное давление

На первый взгляд чтение руководства по самопомощи дома на диване не таит в себе никакой опасности. Но любой, кто слепо следует недостаточно хорошо проверенной инструкции, например придерживается диеты с низким содержанием питательных веществ, через определенное время сталкивается с проблемами, самая безобидная из которых — воспаление десен.

Действительно опасной самопомощь становится, когда человек присоединяется к группе единомышленников и психологическое давление со стороны других ее участников мешает ему адекватно оценивать происходящее. Например, в программах типа «12 шагов» порой предусматривается отказ от приема психотропных препаратов на том основании, что любые таблетки могут препятствовать выздоровлению. Не желая противиться воле группы, не совсем крепкие личности подчиняются этим требованиям и вскоре опять впадают в депрессию, ими овладевают тревога и беспокойство, а в некоторых случаях все заканчивается суицидом.

Прибавьте сюда физический и эмоциональный стресс — и вы получите взрывоопасную ситуацию. В ходе обучающих групповых тренингов, подобных тем, что организовал Рэй в пустыне Аризона, и нередко включающих весьма неопределенные обещания успеха, харизматичный лидер ведет подопечных сквозь непрерывную череду дней, заполненных медитацией, самогипнозом, голоданием, поучениями и дискуссиями, где участники делятся друг с другом интимными подробностями своей жизни. Все это время руководитель попеременно то порицает, то хвалит участников, отказывает им в удовлетворении элементарных потребностей, добиваясь полного психологического подчинения.

Перед началом занятий в душевной палатке Кирби и ее товарищи получили небольшое количество пищи и воды, приняли душ и немного поспали (впервые за несколько дней). Голод, жажда, недосыпание сами по себе представляют серьезный стресс для организма и изменяют сознание, а церемония несет еще и эмоциональную нагрузку. Рэй заявлял тогда, что это суровое испытание («суд божий») подведет их к границе между жизнью и смертью, а затем их ждет духовное возрождение. (Мои многократные просьбы взять интервью у Рэя, обращенные к его представителям, оставались без ответа.)

Такие стрессовые ситуации часто приводят к сильным эмоциональным расстройствам — от отчаяния до иступленного восторга (экстаза) и ощущения тесной близости с едва знакомыми людьми. Подобные чувства товарищества делают человека еще более восприимчивым к воздействию со стороны окружающих и более покорным лидеру. Кроме того, стресс приводит к ухудшению кровоснабжения областей головного мозга, ответственных за планирование, самоконтроль и способность к оценке происходящего. «Даже такой незначительный стресс, как невозможность принять душ, может подточить волю человека», — объясняет Уилан.

В итоге даже самые умные и высокообразованные люди начинают вести себя иррационально. На самом деле именно такие личности зачастую подвергаются наибольшему риску, поскольку считают, что уж они-то способны противостоять давлению окружающих. Так, один из погибших участников семинара Рэя сначала вывел женщину из палатки и тем самым спас ее, а затем вернулся обратно, очевидно, не осознавая, что подвергается такой же опасности, как и она. «Когда люди узнали, что происходило в Аризоне, большинство из них подумали, что, должно быть, те несчастные были просто идиотами, — говорит Уилан. — Нам хочется думать, что мы другие, но это не так, к тому же методы воздействия на самом деле очень мощные. И если бы вы оказались на их месте, скорее всего, вас ждала бы та же участь».

Учитывая то, как легко мы поддаемся влиянию окружающих, эксперты рекомендуют избегать таких ситуаций, когда некий лидер преднамеренно создает стрессовую обстановку: эта технология, согласно научным данным, ни в коем случае не способствует положительным

психологическим изменениям. Если вы все-таки окажетесь в подобных обстоятельствах, имейте в виду, что они способны основательно изменить ваши мышление и поведение.

На что надеяться?

Что же можно назвать сильной стороной научно обоснованных программ самопомощи? Прежде всего, следует понимать, что преодоление депрессии, беспокойства, избавление от вредных привычек должны сопровождаться приобретением и закреплением новых навыков в течение многих месяцев и даже лет, а вовсе не дней или недель. Поэтому эффективные методы «Помоги себе сам» подготавливают человека к длительной работе над собой, а группы типа «Анонимных алкоголиков» предполагают долговременное посещение занятий. Интенсивные, но единовременные мероприятия, как правило, не создают надежной основы, необходимой для кардинальных и устойчивых изменений.

Далее, результативные программы, прежде чем быть признанными таковыми, проходят независимую экспертизу, а не ссылаются на эпизодические успешные исходы. Кроме того, они, как правило, бывают адаптированы к методикам, применяемым в традиционной психотерапии. Если нет никаких публикаций, подтверждающих эффективность данной программы (вне зависимости от того, насколько она популярна), — это явно плохой знак.

В настоящее время Уилан входит в состав консультационного комитета *Seek Safety*, организации, учрежденной семьей Браун, которая дает рекомендации тем, кто рискует быть вовлеченным в потенциально опасные программы. Кроме того, *Seek Safety* составил текст поручительства, которое могут подписать духовные руководители мотивационных программ, обещая тем самым соблюдать необходимые меры безопасности и не использовать психологического давления на участников, добиваясь полного подчинения.

Рэй, который возобновил свой бизнес, не подписывал ничего подобного. В его биографии, размещенной на веб-сайте, нет ни слова ни о гибели людей в душевной палатке, ни о полученном им впоследствии обвинительном приговоре за убийство по неосторожности, ни о его 20-месячном тюремном заключении — хотя он кратко упоминает о них в старых блогах. Добавьте сюда видеозапись, размещенную на его страничке в Интернете, где можно увидеть выступление Рэя на «Шоу Опры Уинфри» накануне разразившегося в 2007 г. скандала.

Конечно, заверенные подписью программы с поручительством о безопасности не заменят домашних занятий, подкрепляемых сверкой с научно обоснованными требованиями и сохранением значительной доли скептицизма. Понимая, что при определенных условиях инстинкт самосохранения человека может быть просто заглушен, следует всегда быть настороже, чтобы избежать потенциальных опасностей. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

Работа над ошибками

В предыдущих номерах журнала «В мире науки» были допущены неточности при предоставлении информации о героях наших материалов.

В.А. Черешнев («Академия наук: взгляд из глубин истории», № 10, 2014) — президент Российского научного общества иммунологов, автор и соавтор более 700 научных работ, в том числе 34 монографий и девяти учебников, под его руковод-

ством подготовлены и защищены 26 кандидатских и 43 докторские диссертации, награжден орденами «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2004) и III степени (2013).

А.Ю. Розанов («Застывшая жизнь в камне, летящем из космоса», № 11, 2014) — академик РАН.

Приносим свои извинения ученым.

! Справка

Валерий Александрович Черешнев

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

- ✓ В 1988–2003 гг. — директор Института экологии и генетики микроорганизмов Уральского отделения АН. В 1999–2008 гг. — председатель УрО РАН. В 1999–2001 гг. — вице-президент РАН. Член президиума РАН. С 2003 г. — директор Института иммунологии и физиологии УрО РАН.
- ✓ В 2002 г. избран членом президиума Общественного совета «Российской партии жизни». В 2007 г. избран депутатом Государственной Думы пятого созыва по списку «Справедливой России», в 2011 г. переизбран депутатом Госдумы шестого созыва.
- ✓ С 2007 г. — председатель Комитета Государственной Думы по науке и наукоемким технологиям.
- ✓ Член Объединенного совета по биологическим наукам УрО РАН, президент Российского научного общества иммунологов и член правления общества иммунологов СНГ, 2002–2014 гг. — председатель экспертного совета по биологическим наукам ВАК РФ, член редколлегий ряда журналов.
- ✓ Был организатором проведения регулярных международных конференций по проблемам «Экология и иммунитет», «Микробное разнообразие».
- ✓ Специалист в области экологической иммунологии, автор и соавтор более 700 научных работ, в том числе 34 монографий и девяти учебников; под его руководством подготовлены и защищены 26 кандидатских и 43 докторские диссертации.
- ✓ Направление научных исследований — экология и иммунитет. Возглавлял исследования по установлению основных закономерностей нарушений иммунного гомеостаза при воздействии на организм экологически неблагоприятных факторов.
- ✓ Награжден орденами «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2004) и III степени (2013).



! Справка

Алексей Юрьевич Розанов

Доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН, академик Международной академии наук о природе и обществе, академик РАН.

- ✓ Родился в Москве. Окончил Московский геологоразведочный институт.
- ✓ Президент Всероссийского палеонтологического общества, заместитель председателя Межведомственного стратегического комитета, член ряда зарубежных обществ, главный редактор «Палеонтологического журнала», член редколлегий различных научных журналов.
- ✓ Заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии Фонда Сороса, лауреат премии Московского общества испытателей природы.

*11 ноября в зале заседаний
президиума РАН были
объявлены лауреаты
Демидовской премии 2014 г.*



ОТ хлеба ДО черных дыр во Вселенной

*Председатель попечительского совета Научного Демидовского фонда академик **Геннадий Андреевич Месяц** объявил, что новыми лауреатами стали академик **Николай Семенович Кардашев** — за выдающийся вклад в астрофизику, академик **Олег Матвеевич Нефедов** — за выдающийся вклад в развитие химии, академик **Баграт Исменович Сандухадзе** — за выдающийся вклад в исследования по разработке новых методов селекции озимой пшеницы*





них много общего и столько же, пожалуй, отличий. С них и начнем. Характеры разные, самый эмоциональный — Б.И. Сандухадзе, сдержанный — Н.С. Кардашев, а О.М. Нефедов склонен к юмору. Впрочем, иначе трудно стать и быть химиком — ведь разобраться в том, чем ты занимаешься, и понять это могут немногие.

«Нам надо верить на слово», — улыбается Олег Матвеевич. И ему трудно что-то возразить: академик Нефедов занимается столь узким разделом органической химии, что «понимающих» можно пересчитать по пальцам на всей планете.

В отличие от коллеги Баграт Исаинович Сандухадзе готов свою работу продемонстрировать всем желающим. «Но только в июле, — сразу предупреждает он. — Приглашаю поехать на поля, и вы все увидите сами». Сейчас уже поздняя осень,

«Академик Кардашев — выдающийся ученый в области экспериментальной и теоретической астрофизики. Он был пионером отечественной радиоастрономии, основоположником новых направлений в космологии. Он инициатор и руководитель уникального международного проекта *RadioAstron*. Это гигантский радиointерферометр с базой в 300 тыс. км. Он состоит из десятиметрового космического радиотелескопа, запущенного в 2011 г., и крупнейших наземных

и как можно с ними связаться. Тогда его идеи были с восторгом восприняты как учеными, так и широкой общественностью. Потому-то я не удержался на нынешней встрече, спросил: «А что с цивилизациями? Удалось связаться с ними?» — «Почти, — улыбнулся в ответ ученый. — И хотя контакты пока не установлены, но интерес к астрофизике у нового поколения возрастает, и все больше молодых идут в нашу науку».

Когда упомянули кротовые норы во Вселенной, академик О.М. Нефедов наклонился и прошептал: «Интересно, вспомнит ли Егоров о тараканах? Обидно, если нет». В глазах Олега Матвеевича сверкали искорки юмора, и я понял, что без шуток представление демидовского лауреата не обойдется. И директор Института органической химии им. И.Д. Зелинского академик Михаил Петрович Егоров в полной мере оправдал наши ожидания: «Пора поговорить о тараканах», — начал

По традиции вручение Демидовских премий состоится в День науки и будет проходить в Екатеринбурге в начале февраля

снег кое-где ложится по полям, и убедиться в верности слов Б.И. Сандухадзе нет возможности. Он об этом, безусловно, искренне сожалеет.

Николай Семенович Кардашев смотрит на происходящее философски: у вас сугубо земные заботы, а у нас во Вселенной сейчас максимальный интерес представляют черные дыры. Появилось предположение, что они соединяют не только отдаленные районы нашей Вселенной, но и другие вселенные между собой.

Теперь понятно то главное, что объединяет этих людей?

Бессменный председатель попечительского совета Демидовского фонда академик Г.А. Месяц не только объявил новых лауреатов, но и представил одного из них — академика Кардашева. Он работает в ФИАН, а потому кому, как не директору, рассказать о тех исследованиях, что проводит лауреат:

телескопов, разбросанных по планете. Этот проект — вершина космических научных исследований».

Затем академик Месяц добавил: «Не могу не упомянуть об одной гипотезе, которую выдвинули Кардашев и его коллеги. Это так называемые кротовые норы, которые представляют собой туннели, соединяющие отдаленные области нашей Вселенной или даже разные вселенные. Николай Семенович подсказал методы их открытия и изучения. Фантастично, не правда ли?»

Может быть, вопрос прозвучал бы риторически, если бы я не знал, что Кардашев удивительным образом умеет соединять фантастику и науку.

Мы познакомились с ним еще в 1960-х гг. Тогда молодой кандидат наук не только поддержал гипотезу о внеземных цивилизациях, но и предложил, как именно и где искать наших «братьев по разуму»



Академик Н.С. Кардашев

он свое выступление. Нефедов еле сдерживал смех. «Было время, когда вся интеллигенция Москвы ходила на поклон к Нефедову, — продолжал М.П. Егоров. — Он был единственным химиком, который мог избавиться любую квартиру от тараканов, поскольку создал уникальную отраву для них». Затем Егоров уже серьезно рассказал об исследованиях, которые проходили под руководством О.М. Нефедова, о созданной им лаборатории химии карбенов и малых циклов, которую он возглавляет более 30 лет, о проведенном комплексе фундаментальных и прикладных исследований, многочисленных разработанных технологиях получения новых веществ.



Академик О.М. Нефедов

В заключение академик Егоров привел лишь один факт, который позволил представить масштабы работ О.М. Нефедова: «Его коллектив создал производство циклина — синтетического высокоэффективного горючего для ракетно-космической техники, которое, в частности, использовалось в межпланетных станциях “Луна” и “Венера”. От тараканов до космических аппаратов — такой диапазон современной химии, которую представляет новый демидовский лауреат».

Я не удержался и спросил у Олега Матвеевича: «15 лет назад у вас было два внука. Один сначала хотел быть президентом, а потом передумал



Академик Б.И. Сандухадзе

и решил стать химиком. Мы тогда добывали для него набор юного химика. Так кем же теперь они становятся?» — «Историками, — отвечает Олег Матвеевич, — учатся в МГУ. Им кажется, что в наше время вперед вырывается именно история».

«Ни в коем случае! — вмешивается в беседу третий лауреат, Баграт Исменович Сандухадзе. — В народе говорят, что хлеб — всему голова, и это очень верно. Так было, так есть и так будет!»

Б.И. Сандухадзе впервые оказался в зале заседаний президиума РАН. Он первым среди ученых-сельскохозяйственников получает Демидовскую премию. И это символично. Мне кажется, что академик Месяц и в недалеком прошлом президент Академии сельскохозяйственных наук, а ныне вице-президент РАН академик Г.А. Романенко пришли к общему выводу, что масштабы Демидовской премии следует расширить, как это случилось в результате реформы с тремя академиями — РАН, медицинской и сельскохозяйственной.

Разногласий по поводу того, кому быть первым, не было. Однозначно: доктор наук, профессор, а с недавнего времени и академик РАН Б.И. Сандухадзе.

Г.А. Романенко так охарактеризовал этот выбор: «Это выдающийся селекционер по озимой пшенице. Около 50 лет он ведет исследования

по разработке новых и усовершенствованию традиционных методов селекции озимой пшеницы. Он создал 15 сортов, которые сочетают высокую урожайность и высокие хлебопекарные качества зерна. Благодаря академику Сандухадзе Центральный регион и в частности Подмосковье превратились в один из основных регионов производства пшеницы».

Как известно, селекционеры дают разные названия сортам, которые они создают. Многие из них носят женские имена — Инна, Галина, Ангелина и другие, но чаще всего фиксируется место, где они рождаются: «Немчиновская 24», «Немчиновская 52», «Немчиновская 57» и т.д. До недавнего времени институт и поля, где работал Б.И. Сандухадзе, находились в Немчиновке. Это совсем рядом с Москвой — там, где теперь располагается Сколково, где должны появляться новейшие технологии и открытия. Понятно, что старожилы выселили. И на тех полях, где создавались лучшие в мире сорта озимой пшеницы, теперь орудуют строители, покрывая их асфальтом, чтобы к Сколкову были гладкие подъезды. Совсем недавно, несколько лет назад, здесь стояла стена пшеница, и я часто останавливался на проселочной дороге, чтобы полюбоваться золотым отливом хлебных полей. Когда же мы поймем, что нет преступления страшнее, чем уничтожение той земли, что кормит нас?

22-й раз в президиуме РАН шла церемония объявления новых лауреатов Демидовской премии — чрезвычайно престижной в научной среде. Каждый раз, когда веду эту церемонию, я испытываю чувство гордости за нашу науку: ведь лауреатами всегда становятся выдающиеся ученые, чьи имена известны во всем мире, и поток их не иссякает. Так было в XIX в., когда Демидовская премия была учреждена, так это продолжается и в наше время, когда она возрождена. Это преемственность поколений, научных школ, традиции нашей академии наук. ■

Подготовил Владимир Губарев



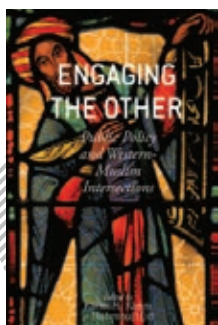
Дэвид Комминс. Государства Залива: современная история (David Commins. *The Gulf States: A Modern History*)

Книга известного востоковеда, профессора Дикинсоновского колледжа Пенсильванского университета посвящена истории одного из самых древних очагов человеческой цивилизации на Земле. Комминс со-

средоточивает свое внимание не столько на политике, сколько на непростой экономической, культурной и религиозной истории данного региона. Материал книги состоит из трех больших концентров. Первый охватывающий период с XIV до начала XVIII в. показывает длительный процесс формирования государств данного региона, поскольку именно образование системы арабских династий позволило создать действенный противовес влиянию вначале Османской, а затем и Британской империи.

Основываясь на многочисленных документах, Комминс прослеживает, как укреплялось влияние Британской империи, создавая основу для образования системы современных государств. Им посвящена вторая половина книги. Важно, что только в те периоды, когда по тем или иным причинам внешнее влияние ослабевало, в регионе Персидского залива устанавливалось спокойствие и заканчивались «периоды турбулентности».

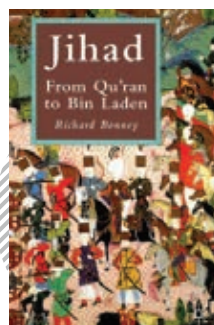
Заключительная часть посвящена развитию региона после Второй мировой войны, когда он оказался в сфере стратегических интересов США. С беспристрастностью настоящего историка Комминс показывает промахи американских стратегов и приходит к выводу, что единственно реальная основа стабильности данного региона — осознание всеми странами общности их экономических, политических и социальных интересов. Благодаря сочетанию документальной точности и увлекательной формы подачи материала книга представляет собой не только ценный источник информации о развитии региона Персидского залива для исследователей и студентов, но и увлекательное чтение.



Привлекательность других: пересечения западного мира и мусульманства в общественной политике (Engaging the Other: Public Policy and Western-Muslim Intersections)

Коллективная монография, написанная группой канадских востоковедов, посвящена весьма актуальной для наших

дней проблеме. В предисловии, написанном востоковедом и журналистом, показано, что между двумя мирами существует немало точек пересечения, которые могут и должны стать основой плодотворного диалога. Авторы не только и не столько обращаются к своим студентам, сколько пытаются подсказать влиятельным политикам новые подходы и возможности. Исторические главы перемежаются очерками, построенными на остросовременных материалах. Такой комплексный подход позволяет выявить нюансы, ускользающие от обычного человека, находящегося в плену устоявшихся и часто нелепых стереотипов. К ним относятся западно-мусульманские пересечения в строительстве гражданского общества, образования, внешней политики, интеграции иммигрантов, публичного и обычного права, деятельности СМИ, форм участия в политической жизни, влиянии общественного мнения. Опора на них, по мнению авторов, — это единственно плодотворный путь, чтобы избежать «столкновения невежеств», которым часто грешат современные политики.



Ричард Бонни. Джихад: от Корана до бен Ладена (Richard Bonney. *Jihad: from Qu'ran to Bin Laden*)

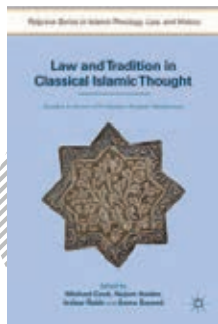
Книга известного историка, заведующего кафедрой истории и профессора Университета Лестера Ричарда Бонни посвящена одному из ключевых понятий ислама — джихаду. Обычно джихад ассоциируется

с вооруженной борьбой, однако на самом деле это понятие значительно шире.

В первой части книги, основываясь на текстах Корана и сунны, Бонни показывает, что в классическом исламе джихад против своих пороков («джихад сердца», борьба мусульманина со своим нафсом — животными страстями, недостатками) представляет собой самую сложную форму джихада, т.к., не поборов их, человек не может вести борьбу за торжество идеалов религии. Именно такой джихад есть важнейшая обязанность мусульманской общины, о чем писали многие исламские мыслители, в частности аль-Газали. Во второй и третьей частях книги автор прослеживает эволюцию этого понятия с момента возникновения до наших дней и показывает, что богатая история ислама дает немало примеров того, как понятие джихада становилось объединяющим началом.

В заключительной части, опираясь на многочисленные документы, Бонни показывает, как эта идея менялась в истории исламских традиций во всем мире, как понятие джихада было искажено современными исламскими террористами и их идеологами. Книга,

адресованная всем заинтересованным читателям, доказывает необходимость взвешенного подхода к данному понятию от Корана до XXI в.



Закон и традиция в классической исламской мысли (Law and Tradition in Classical Islamic Thought)

Сборник эссе, написанных ведущими специалистами Принстонского и Бостонского университетов, а также специально приглашенными учеными из ряда исламских стран, впервые объединил ученых-юристов и историков ислама.

В первой части авторы рассматривают широкий ряд проблем, например проводят сопоставление шиитской и суннитской юридических традиций правового обеспечения повседневных дел. Не менее интересны философские статьи, в которых анализируются взаимосвязи между еврейскими и мусульманскими учеными Средневековья. Вторая и третья части книги посвящены ключевым памятникам юридической мысли и различным их толкованиям. Сборник охватывает все наиболее интенсивно развивающиеся области исламских исследований за последние несколько лет. Совместный труд юристов и религиоведов показывает, что увеличение числа методологических подходов, расширение спектра источников, привлекаемых, чтобы проанализировать социальные и политические события, — насущная потребность нашего времени.

тщательному отбору, авторы стремятся показать борьбу с ересями глазами современного человека, выявить ее пропагандистские возможности и влияние на светскую культуру. Естественным завершением книги становится новаторская статья исламоведа Беттины Кох, проецирующая европейский опыт использования борьбы с ересями и еретиками в политике на борьбу с инакомыслием в исламском мире.

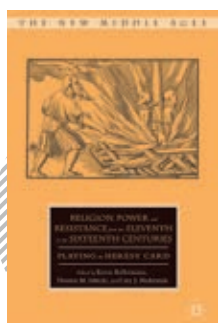


Джеймс Келли. Религия и науки о происхождении: исторические и современные дискуссии (James Clark Kelly. Religion and the Sciences of Origins: Historical and Contemporary Discussions)

Книга известного ученого и популяризатора науки открывается кратким введением в вечную проблему противостояния науки и религии.

Но автор не просто сосредоточивается на христианстве и современной западной науке, показывая текущее состояние полемики по ключевым вопросам (отношение к сотворению мира, открытие гелиоцентрической системы Галилеем, теория Дарвина), а находит новый и во многом неожиданный ракурс видения данной проблемы. Он заключается в сопоставлении христианских мыслителей с деятелями мусульманской и еврейской науки и религии. Опираясь на тексты священных книг и сочинения богословов, Джеймс Келли показывает, что, несмотря на различия самих религиозных систем, их взгляды на происхождение мира удивительно похожи. Книга написана в манере живого диалога с привлечением множества ярких примеров и иллюстраций.

Подготовил Федор Капица



Карен Боллерман, Кэри Нидермен, Томас Избицки. Религия, власть и сопротивление с XI до XVI в. (Karen Boller-mann, Cary Nederman, Thomas Izbicki. Religion, Power, and Resistance from the Eleventh to the Sixteenth Centuries)

Книга стала попыткой проанализировать роль и место еретических движений на протяжении пяти веков как целостный процесс.

Все ее авторы — признанные специалисты по европейской церковной истории. Важно, что каждый из них сочетает исследовательскую и публикаторскую деятельность. Данный подход обеспечивает солидную фактическую основу и придает эвристический характер их работам, поскольку многие источники или впервые вводятся в научный оборот, или анализируются с новых позиций. Благодаря

palgrave
macmillan

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 3010181040000000225
Корреспондентский счет ИНН 7701059492; КПП 772901001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Плательщик _____

Некоммерческое партнерство
«Международное партнерство
распространения научных знаний»
Расчетный счет 40703810238180000277
В Московском банке Сбербанка БИК 044525225
России ОАО №9038/00495 3010181040000000225
Корреспондентский счет ИНН 7701059492; КПП 772901001

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Плательщик _____

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

В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ

ПО КАТАЛОГАМ:

"РОСПЕЧАТЬ",
ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

81736 для ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

19559 для ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

"ПОЧТА РОССИИ"

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

16575 для ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

11406 для ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

КАТАЛОГ «ПРЕССА РОССИИ» 45724

WWW.AKC.RU

ПОДПИСКА ПО РФ И СТРАНАМ СНГ:

ООО "УРАЛ-ПРЕСС",

WWW.URAL-PRESS.RU

СНГ, СТРАНЫ БАЛТИИ И ДАЛЬНЕЕ

ЗАРУБЕЖЬЕ: ЗАО "МК-ПЕРИОДИКА",

WWW.PERIODICALS.RU

РФ, СНГ, ЛАТВИЯ:

ООО "АГЕНТСТВО "КНИГА-СЕРВИС",

WWW.AKC.RU



Senior Vice President and Editor in Chief:

Mariette DiChristina

Contributing editors:

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

Executive Editor:

Fred Guterl

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

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:

Медитирующий мозг

В том или ином виде медитация представляет собой важную часть практически любой мировой религии. Однако чаще всего она ассоциируется с буддизмом. Именно в этом варианте медитация приобрела широкую популярность и практикуется многими светскими людьми как способ обретения спокойствия и улучшения качества жизни. Ученые заинтересовались этой духовной практикой и выяснили, что она действительно имеет положительное влияние на мозг и психику человека.

Плутон и далее

Впервые космический аппарат с близкого расстояния рассмотрит кометы, астероиды и карликовые планеты далекого пояса Койпера. Два зонда должны поведать нам о том, как зародилась Солнечная система.

Вирусы против рака

Для некоторых онкологических больных вирусы, наделенные способностью убивать раковые клетки, оказались чудодейственным лекарственным средством. Теперь задача вирусологов — закрепить этот успех.

Программируемый мир

Инновационные материалы, 3D-принтеры, новые представления о дизайне — все это вполне может стать предпосылкой к возникновению предметов, способных к самосборке или изменению конфигурации по команде.

Солнечные войны

Солнечные батареи-панели, размещаемые на крышах, оказались настолько эффективными, что многие компании, реализующие электроприборы, почувствовали, что у них практически в буквальном смысле загорелась земля под ногами.

Эволюция архитектуры

Жилища, которые строят животные, — продукт эволюции в той же мере, в какой и сами эти создания. Только в последние десятилетия исследователи начали открывать тайны архитектуры млекопитающих, рыб, птиц, насекомых, те физические закономерности, на которых основана устойчивость их построек, и те на удивление простые правила, которые позволяют множеству живых



существ, обладающих не очень-то большим мозгом, создавать целые империи. Вполне возможно, что нам есть чему поучиться у братьев наших меньших, чтобы возводить более рациональные и эффективные здания и города.

Невозможный полет

Эксперты пришли к выводу, что вертолет, приводимый в движение мускульной силой человека, не способен взлететь. Но два молодых инженера опровергли авторитетное заключение — и выиграли четверть миллиона долларов.

С наступающим Новым годом!

ПОДАРИТЕ вашим близким подписку

1983–2014



ISSN 0208-0621
14.0.12
9 770208 062001

ПОДПИСКА

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

АРХИВЫ НА DVD

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

ЦИФРОВЫЕ РЕСУРСЫ

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

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

ежемесячный научно-информационный журнал
В мире науки