

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

www.sciam.ru

№6 2011

ПОДРЫВ ОСНОВ КОСМОЛОГИИ

А БЫЛ ЛИ БОЛЬШОЙ ВЗРЫВ?

ПАЛЕОАНТРОПОЛОГИЯ

СЕСТРЫ
ПО РАЗУМУ

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

ОЖИВИТЬ
МЕРТВОЕ МОРЕ

МЕДИЦИНА

ОСТОРОЖНО,
СУПЕРБАКТЕРИИ!

СЕЙСМОЛОГИЯ

НА ПЕРЕГОНКИ
С ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ



ISSN 0208-0621



11006



9 770208 062001

Журнал выходит при поддержке
МГУ имени М.В. Ломоносова



52



6



22



28

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА:

6

КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДАЯ НАУКА СТРЕМИТСЯ В КОСМОС

Гэри Стикс

Лауреат президентской премии
Максим Мокроусов: «Луна сегодня для
человечества ближе, чем когда-то была
Америка для Колумба»

38

вскоре оставит население Земли один на один
с инфекционными заболеваниями

ЗДРАВООХРАНЕНИЕ БЕДНЫЕ ТОЖЕ БОЛЕЮТ

Интервью: Мэри Кармайл

По мнению ветерана здравоохранения Пола
Фармера, растущая угроза онкологических
заболеваний заставляет взглянуть на
проблему охраны здоровья более широко

12

КОСМОЛОГИЯ ЗА И ПРОТИВ КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФЛЯЦИИ

Пол Стейнхардт

В теории, представляющей собой основу
всей современной космологии, возможно,
скрыты глубокие противоречия

42

НАНОТЕХНОЛОГИИ: БУДУЩЕЕ СЕГОДНЯ ИЗ ЖИЗНИ АТОМОВ

Валерий Чумаков

В 2011 г. исполнилось 30 лет со дня
создания сканирующего зондового
микроскопа. Столько же лет исполнилось
и практическим нанотехнологиям



22

НОБЕЛЕВСКАЯ ЛЕКЦИЯ ДОЛГИЙ ПУТЬ К ГРАФЕНУ

Нобелевская лекция лауреата премии по
физике 2010 г. Андрея Гейма

52

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА МОЖНО ЛИ СПАСТИ МЕРТВОЕ МОРЕ?

Эйтан Хэддок

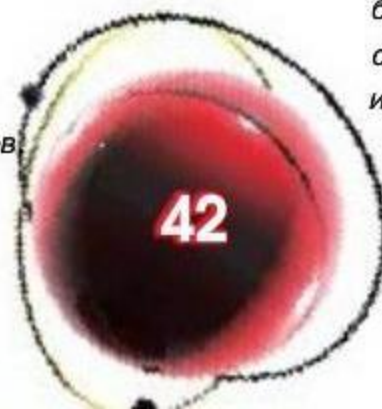
Ирригация и добыча полезных ископаемых
буквально убивают Мертвое море, но
совместные действия Израиля, Иордании
и властей Палестины могут его спасти

28

МЕДИЦИНА ВРАГ ВНУТРИ НАС

Мэрин Макенна

Глобальное распространение
бактерий, вооруженных новыми
механизмами защиты от антибиотиков



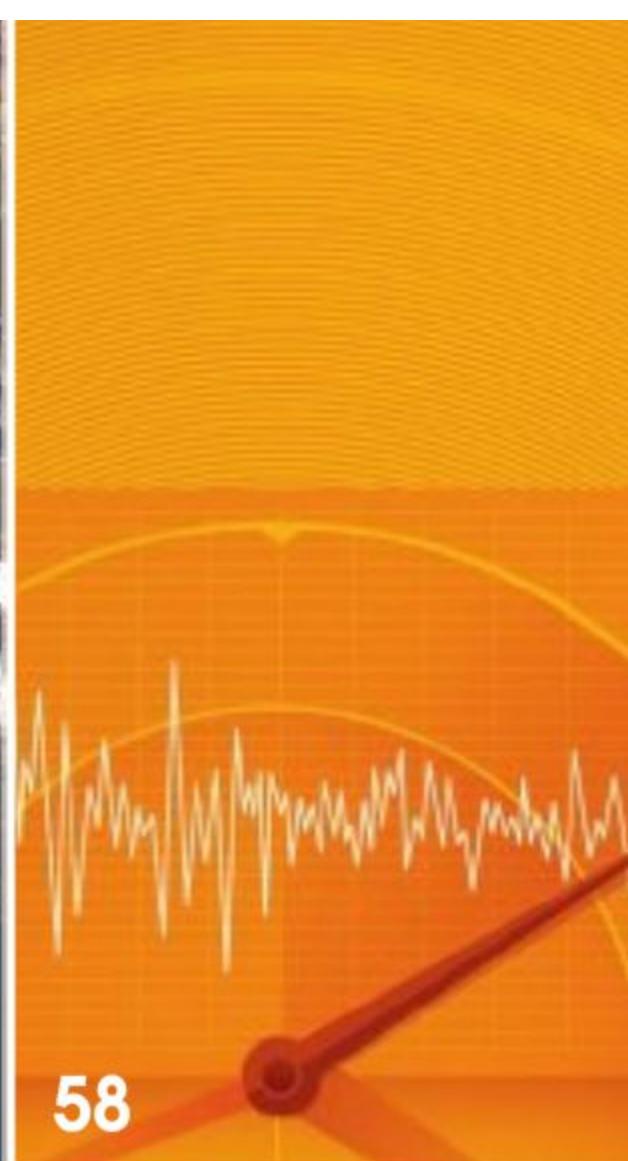
42



66



86



58

58

Сейсмология
МГНОВЕНИЕМ РАНЬШЕ

Ричард Аллен

Оповещение, на несколько секунд опережающее сильный подземный толчок, может спасти не одну человеческую жизнь

82

ПЕРСОНА
ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ. ТОЧКИ ОПОРЫ, ИЛИ РОМАНТИКА КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА

Грэм Коллинз

*Глава «Российской венчурной компании»
Игорь Агамирзян: «Мы пытаемся наладить серийное производство удочек»*

66

Археология
РАЗГАДАТЬ ТАЙНУ СТОНХЕНДЖА

Уильям Андерхилл

Знаменитый кромлех мог быть частью обширного ритуального ландшафта

74

Палеоантропология
СЕСТРЫ ПО РАЗУМУ

Директор института археологии и этнографии Сибирского отделения РАН Анатолий Деревянко: «Заселение Австралии из Африки происходило charterными авиарейсами»

3

ОТ РЕДАКЦИИ

86

СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, КОММЕНТАРИИ

95

50, 100, 150 ЛЕТ ТОМУ НАЗАД



Учредитель и издатель: ООО «Капика и Партнеры»
Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

Главный редактор: С.П. Капица

Заместители главного редактора: А.Ю. Мостинская
О.И. Стрельцова

Зав. отделом естественных наук: В.Д. АрдаMATская

Зав. отделом российских исследований: Ю.Г. Юшкявичюте

Выпускающий редактор: М.А. Янушкевич

Главный редактор сайта журнала «В мире науки»: В.Ю. Чумаков

Корреспондент: В.Ю. Чумаков

Научные консультанты:
действительный член РАН, доктор исторических наук, директор Института археологии и этнографии Сибирского отделения РАН А.П. Деревянко; кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института космических исследований РАН М.И. Мокроусов

Над номером работали:
А.Я. Басова, Т.А. Митина, И.В. Ногаев, О.И. Полевая, А.И. Прокопенко, О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, В.И. Сидорова, Д.С. Хованский, П.Ю. Худолей, Н.Н. Шафрановская, Я.С. Шенкман

Арт-директор: С.Б. Кедис

Дизайнер: Я.В. Крутий

КорреKTура: Я.Т. Лебедева

Генеральный директор АНО «Телекомпания "Очевидное-Невероятное"»: С.В. Попова

Директор Управляющей компании: И.Г. Семенков

Директор Некоммерческого партнерства «Международное партнерство распространения научных знаний»: С.В. Попова

Главный бухгалтер: Д.В. Сухоносова

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.*
В верстке использованы шрифты *Helios* и *BookmanC*

Отпечатано: ЗАО «ПК "Экстра М"».
Заказ №6 11-05-00174

© 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.

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.

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Acting editor in chief: Mariette DiChristina

Editors: Davide Castelvocchi, Mark Fischetti, Christine Gorman, Anna Kuchment, Michael Moyer, George Musser, Kate Wong

Chief news editor: Phillip M. Yam

Senior writer: Gary Stix

Contributing editors: Mark Alpert, Steven Ashley, Graham P. Collins, John Rennie, Sarah Simpson

Art director: Ian Brown

President: Steven Inchoombe

Vice president, operations and administration: Frances Newburg

Executive Vice President: Michael Florek

Vice president and publisher: Bruce Brandfon

© 2007 by Scientific American, Inc.
Торговая марка *Scientific American*, ее текст и шрифтовое оформление являются исключительной собственностью *Scientific American, Inc.* и использованы здесь в соответствии с лицензионным договором.

НАШИ ПАРТНЕРЫ:



PETER



SERVICE



«ТЕЛЕКОМПАНИЯ "ОЧЕВИДНОЕ-НЕВЕРОЯТНОЕ"»

SCIENTIFIC AMERICAN

ЛУЧШИЙ НАУЧНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЙ ЖУРНАЛ

Лауреаты самой престижной премии Американского общества издателей журналов *General Excellence* за 2011 г. были названы в Нью-Йорке 9 мая. Лучшим среди экономических, технических и журналов об образе жизни (номинация *Finance, Technology and Lifestyle Magazine*) был назван старейший в США журнал *Scientific American*

Редакция журнала «В мире науки»

от всей души поздравляет коллег с признанием их вклада в научную публицистику. Мы знаем, сколько сил и энергии понадобилось главному редактору журнала *Scientific American* **Мариэтт Ди Кристине** и ее команде для того, чтобы стать лучшими из лучших. Уверены, что журнал *Scientific American* и дальше будет подтверждать свою репутацию профессионального издания, значимого в формировании мировой науки в годы решительных перемен в информационном обществе.

Главный редактор *Scientific American* **Мариэтт Ди Кристине**
на вручении премии GENERAL EXCELLENCE



Winner of the 2011
National Magazine Award
for General Excellence

В этом году свои заявки на премию подали **1673 издания**, из которых в число номинантов вошли **270**. До участия в финале были допущены **54 издания**. В своей номинации *Scientific American* обошел такие авторитетные журналы, как *GQ* и *Popular Mechanics*

Неофициально премию GENERAL EXCELLENCE называют «издательским Оскаром»

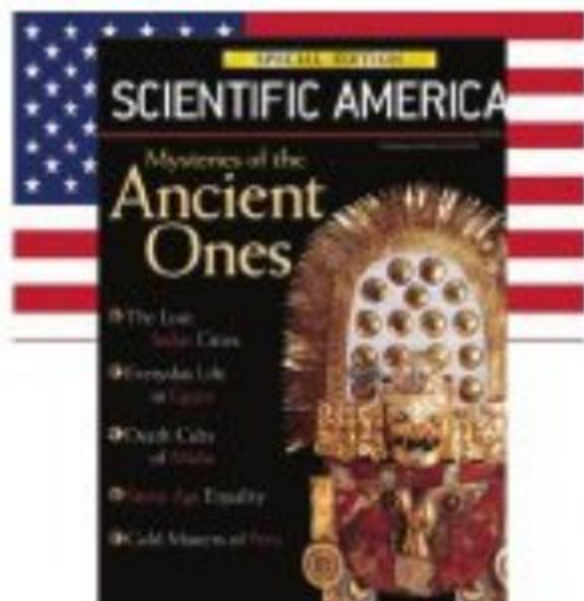
Премия была учреждена в **1966 г.** и представляет собой изготовленную из позолоченных металлических пластин стилизованную фигурку слона

Впервые *Scientific American* был отмечен в нескольких категориях. Спецвыпуск *The End* за **сентябрь 2010 г.** (ВМН, № 11-12, 2010) номинирован как финалист за лучшую тему в категории **Single Topic**

ДРУЖЕСКИЙ ДЕСАНТ НА ИННОВАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

С 30 мая по 2 июня в Москве проходит саммит главных редакторов международного журнала *Scientific American* под руководством издательского дома *Nature Publishing Group*. Гости столицы и редакции журнала «В мире науки» станут представители национальных редакций *SciAm* и высший менеджмент отделений *NPG*. Российская редакция рассматривает саммит как возможность представить нашу страну территорией энергичного научно-инновационного развития. Помимо основной программы саммита гостям будет предложена параллельная, погружающая в жизнь современной инновационной России. Участникам конференции будут представлены передовые достижения российской науки и технопредпринимательства.

США



США

Мариэтт Ди Кристина (Mariette Di Christina)
Главный редактор *Scientific American*.

Член Национальной ассоциации научных журналистов, американской Ассоциации по развитию науки.

Майкл Флорек (Michael Florek)

Вице-президент и член Совета попечителей *LeScienze / Nikkei, Treasurer, Scientific American, Inc.*

Майкл Восс (Michael Voss)

Вице-президент, ассоциированный издатель.

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ/ ЯПОНИЯ



ВЕЛИКОБРИТАНИЯ/ЯПОНИЯ

Дэвид Суинбэнкс (David Swinbanks)

Управляющий директор *Nature Publishing Group* по Азии и Австралии, доктор наук, советник императора Японии по научным статьям и докладам.

ИНДИЯ

Дебашис Брахмачари (Debashish Brahmachari)

Директор индийского отделения *Nature Publishing Group*.

КИТАЙ

Чэнь Цзунчжоу (Chen Zongzhou)

Главный редактор *Global Science*. Член Национального комитета Ассоциации науки и техники Китая (CAST).

Лю Фан (Liu Fang)

Вице-президент, заместитель главного редактора.

НАШИ ПАРТНЕРЫ:

РОССИЯ 1

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕЛЕКАНАЛ «РОССИЯ» и ТЕЛЕКАНАЛ «РОССИЯ-24»

Информационные партнеры САММИТА

РОССИЯ 24

АКАДЕМИЯ НАУК РФ

Старейшее научное учреждение в России, основанное Петром I в 1724 г. под названием «Академия наук и художеств».



ОАО «РОССИЙСКАЯ ВЕНЧУРНАЯ КОМПАНИЯ»

Государственный фонд, отвечающий за финансирование инновационных проектов. В задачу компании входит формирование национальной инновационной системы.



ДОБРО ПОЖАЛОВАТЬ, КОЛЛЕГИ!

ГЕРМАНИЯ

Карстен Кеннекер (Carsten Koenneker)

Главный редактор. Доктор наук, эксперт немецкого Национального Фонда, эксперт Фонда Volkswagen.

Ричард Зинкен (Richard Zinken)

Главный редактор.

Маркус Боссл (Marcus Bossle)

Генеральный директор.

Томас Блек (Thomas Bleck)

Исполнительный директор.

ИСПАНИЯ

Лайя Торрес (Laia Torres)

Главный редактор.

Пилар Брончаль (Pilar Bronchal)

Генеральный директор.

Люсия Феррейрос (Lucia Ferreiros)

Исполнительный директор.

КУВЕЙТ

Аднан Хамуи (M. Adnan Hamoui)

Главный редактор, доктор наук, глава Фонда развития науки.

ЧЕХИЯ

Богумил Боужек (Bohumil Bouzek)

Главный редактор чешского издания *Scientific American*, магистр естественных наук.

БРАЗИЛИЯ

Анна Клаудия Феррари (Ana Claudia Ferrari)

Директор издательской группы.

ПОЛЬША

Эльжбета Витеска (Elzbieta Wieteska)

Главный редактор.

ИТАЛИЯ

Лоренцо Д'Ауриа (Lorenzo D'Auria)

Главный менеджер по маркетингу.

Клаудиа Ди Джорджо (Claudia Di Giorgio)

Директор по связям со СМИ.



ОАО «РОСНАНО»

Создано в 2011 г. при реорганизации государственной корпорации «Российская корпорация нанотехнологий». Выполняет задачу развития высоких технологий, выступая соинвестором нанотехнологических проектов.

СОВЕТ ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ ПО НАУКЕ, ТЕХНОЛОГИЯМ И ОБРАЗОВАНИЮ

Создан в 2007 г. Основные задачи – стимулирование работы молодых российских ученых и укрепление отечественного научного потенциала.



БРАЗИЛИЯ



ИСПАНИЯ



КИТАЙ



ЧЕХИЯ



ПОЛЬША

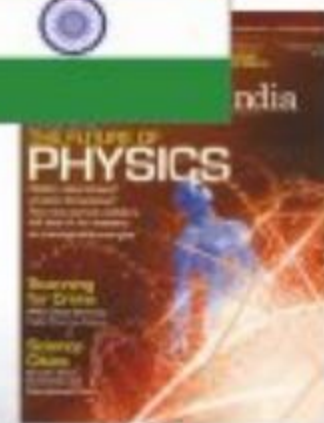


ИТАЛИЯ

ИНДИЯ



ГЕРМАНИЯ



КУВЕЙТ





МОЛОДАЯ НАУКА СТРЕМИТСЯ В КОСМОС

В феврале текущего года работа Максима Игоревича Мокроусова, научного сотрудника Института космических исследований РАН, была отмечена премией Президента Российской Федерации в области науки и инноваций



Премия Президента Российской Федерации в области науки и инноваций для молодых ученых была учреждена 30 июля 2008 г. в соответствии с Указом Президента № 1144. Премия вручается «за результаты научных исследований, внесших значительный вклад в развитие естественных, технических и гуманитарных наук; за разработку образцов новой техники и прогрессивных технологий, обеспечивающих инновационное развитие экономики и социальной сферы, а также укрепление обороноспособности страны». Возраст соискателя не может превышать 35 лет. Премия состоит из денежного вознаграждения, почетного знака лауреата и диплома. В этом году размер вознаграждения на одного лауреата составил 2,5 млн руб.

КОСМИЧЕСКАЯ ЭСТАФЕТА

На встрече молодых ученых с Д.А. Медведевым Максим нарушил требования протокола, и, возможно, благодаря этому у России вновь появится стратегически важная программа освоения дальнего космоса. Вне всяких заранее одобренных заготовок он обратился к главе государства.

*Стенограмма фрагмента беседы президента РФ
Д.А. Медведева, президента РАН академика
Ю.С. Осипова и молодого ученого М.И. Мокроусова*

М.И. Мокроусов. Я представляю научную космическую область. В последнее время ситуация начала меняться. Мы видим молодых людей, которые к нам приходят. При сравнимых зарплатах они спрашивают: «А какие у вас перспективы?» Начинаешь им объяснять, и они честно говорят: «Спутник – хорошо. А дальше что?» Когда мы начали с этим вопросом разбираться, мы поняли, что у России нет выстроенной научной программы освоения дальнего космоса.

Д.А. Медведев. Вы считаете, что нет программы, которая способна дать ответ, какова будет роль России в дальнем космосе в ближайшие годы?

М.И. Мокроусов. Абсолютно верно. Ведь не секрет, что сейчас все страны мира уже облюбовывают Луну. Тут даже без вопросов, будет база на Луне или нет в ближайшие 20 лет.

Д.А. Медведев. Будет, конечно. Никаких сомнений у меня тоже нет.

М.И. Мокроусов. Она будет. Главное, чтобы мы там были, потому что нормальных мест посадки, как мы выяснили в рамках наших исследований, там четыре-пять. Мы – я имею в виду Россию. На самом деле очень хотелось бы, чтобы действительно такая программа была сформирована.

Д.А. Медведев. Кто у нас занимается этой программой?

Ю.С. Осипов. Дмитрий Анатольевич, я вам написал письмо как раз по поводу программы освоения Луны. Это не заготовка, как вы понимаете.

Д.А. Медведев. Почему этой программы нет? Просто у нас так приоритеты были выстроены?

Ю.С. Осипов. Не было возможности, приоритеты были другие. С научным космосом дело обстоит скверно. Мы своих аппаратов запускаем очень мало. Но у нас еще сохранились очень серьезные заделы от старого, когда Россия тоже размышляла на тему освоения Луны. Лунная программа потянула бы за собой научный космос.

М.И. Мокроусов. Люди начали бы сами приходить. Сама по себе программа – это уже инновации.

Д.А. Медведев. Хорошо, что вы подняли эту тему. До меня информация о том, что у нас такой программы не существует, не доходила. До какого периода она у нас была? Когда последний раз была утверждена программа по освоению дальнего космоса?

Ю.С. Осипов. В советское время. Потом она все сжималась, сжималась. Научный космос у нас в опасности, хотя еще какие-нибудь 20 лет назад мы были именно в этом абсолютными лидерами

Д.А. Медведев. Кто у нас за эту программу отвечает?

Ю.С. Осипов. В целом Роскосмос.

Д.А. Медведев. Роскосмос. Ладно, я услышал, спасибо.

М.И. Мокроусов. Спасибо большое.

Представители космического агентства уже на следующий день возразили на своем сайте академику Ю.С. Осипову: «Во все времена фундаментальные исследования, в том числе по линии дальнего космоса, генерировала Академия наук. Но со вчерашнего дня, когда г-н Осипов отказался от космической науки, Роскосмос, по-видимому, должен отвечать за все: за черные дыры, дым над Москвой, таяние льдов и протуберанцы на Солнце». Однако, как заверил всех представитель агентства А.А. Воробьев, если РАН действительно делегирует полномочия по разработке научной программы Роскосмосу, то отказа не последует: «Стать генератором российской науки по линии космических исследований – почетная и ответственная миссия».

Наука должна быть дерзкой. Ломать стереотипы, опеежая первых, – это поступок, предполагающий ответственность за тех, кто идет следом. Быть может, именно такая дерзость поможет поколению **Максима Мокроусова** вновь поднять упавший в последнее десятилетие прошлого века авторитет российской науки на достойный нашего государства уровень. Очень бы этого хотелось. Главный редактор журнала «В мире науки» **Сергей Петрович Капица** пригласил молодого ученого для беседы о том, какие задачи сегодня стоят перед молодыми физиками, выбравшими для себя путь исследования космического пространства

С.П. Капица. Максим Игоревич, расскажите о своей работе. Что так привлекло в ваших трудах экспертов президентского совета, почему они решили выбрать именно вас и вашего коллегу Антона Борисовича Санина из огромного количества номинантов на премию?

М.И. Мокроусов. Наградили нас за разработку космического нейтронного детектора *LEND*. С его помощью получают данные по распределению водорода на Луне. Это очень важно для поиска воды на ближайшем к нам космическом теле, которое в перспективе можно колонизировать. Основной этап работы был успешно завершён, а в данное время проводятся расширенные исследования Луны. Если раньше наш аппарат искал определенные места с большим количеством водорода, то сейчас можно сказать, что составляется общая карта. В аппарате мы использовали принцип нейтронной спектроскопии, который известен достаточно давно. Но основная задача, стоявшая перед нами, – это даже не столько поиск мест с высокой концентрацией водорода, сколько максимальная конкретизация этих мест, поиск с очень высоким пространственным разрешением. У нашего прибора это круг диаметром 10 км. Если нам будет известно место концентрации водорода с разрешением 150 км, а именно таким оно было у американских аналогов, то для

«Американцы просто не верили в то, что высокое поисковое разрешение с лунной орбиты вообще возможно, и предложили систему с разрешением в 150 км, а мы – в 10»

будущих лунных экспедиций это станет огромной, почти неразрешимой проблемой. Преодолеть 150 км в лунных условиях чрезвычайно сложно. Там и 10 км – это немало, но с таким расстоянием еще можно смириться. Если бы нам дали возможность сделать прибор более тяжелым, мы бы смогли дать более точный результат. Но такой возможности у нас не было: в космосе идет борьба за каждый грамм.

С.П. Капица. Понятно, у вас граничные условия, они задаются извне. Здесь, как в известной задаче про волка, козу и капусту, нужно выбирать сбалансированный вариант. Такова разница менталитета ученого и инженера. Исследователь действует прямо, в одном направлении, а инженер, наоборот, ищет компромиссное решение, и таким образом достигается решение поставленной задачи.

М.И. Мокроусов. Может быть, именно поэтому мы выиграли открытый конкурс у американского прибора из Лос-Аламоса. Наша идея пассивного коллиматора достаточно проста, но только расчет его оптимальной формы велся около двух лет. Я думаю, американцы просто не верили в то, что это вообще возможно, и предложили систему с разрешением в 150 км, а мы – в 10. Такой ре-

«Луна – это как тренировочная поляна, на которой мы обкатываем технологии полета к Марсу. Необходимо вначале освоить цель на расстоянии четырех дней полета, и только потом нацеливаться на девять месяцев»



LRO-2008, Lunar Reconnaissance Orbiter, «лунный орбитальный разведчик»

Параметры *LEND*

- Масса – 26,3 кг
- Размеры – 460 x 460 x 440 мм
- Пространственное разрешение на поверхности – 5 км с орбиты 50 км
- Глубинное разрешение – 1-2 м
- Диапазон температур – от -20° С до +50° С
- Объем телеметрии – 250 Мб в день
- Гарантийное время работы – пять лет

«По нашим оценкам, на ближайшие 10-15 лет, чтобы запустить десять миссий на Луну и обустроить на ее поверхности первоначальную инфраструктуру, понадобится 150 млрд руб»

зультат дает возможность строить в областях, где есть признаки воды, научно-исследовательские станции. Везти ее с Земли, к сожалению, слишком дорогое удовольствие. Между тем вода нужна не только для поддержания жизни, но и как источник водорода

для ракетного топлива и кислорода для дыхания. Получается, что она – чуть ли не основной ресурс.

С.П. Капица. Но этого явно недостаточно для создания базовой станции. Нужна широкая инфраструктура, для действия которой одной воды мало. Можно предположить, что вода скапливается в глубине кратеров, однако для базы, как мне кажется, это не самое лучшее место. Легче будет наладить ее доставку по специальному водопроводу.

М.И. Мокроусов. Именно поэтому мы сконцентрировали свои поиски на лунных полюсах. Во-первых, там мы получаем почти постоянный доступ к солнечной энергии. В районе полюсов видимость Солнца очень длительная. Во-вторых – это зоны прямой радиосвязи с Землей. И еще очень важно то, что наш прибор нашел воду не только в холодных ловушках – в глубоких кратерах, но и на равнинных участках. Из полюсов Южный гораздо интереснее, чем Северный, – там больше мест залегания воды. Наши результаты уже сейчас используются для выбора места посадки. Мы же, хоть и очень медленно, но возвращаемся на Луну. Если говорить о России, то следующие экспедиции, запланированные на 2013-2014 гг., – это «Луна-Ресурс» и «Луна-Глоб». Это будут наши первые российские научные автоматические миссии в дальний космос чуть ли не с 1988 г. Последними были марсианские экспедиции «Фобос-1» и «Фобос-2». Тогда, если вы помните, ни один из аппаратов не долетел до цели. Первый мы потеряли еще по пути к Марсу. Второй же уже вышел на орбиту и был готов к тому, чтобы сбросить на марсианский спутник спускаемые аппараты, когда с ним вдруг прекратилась связь.

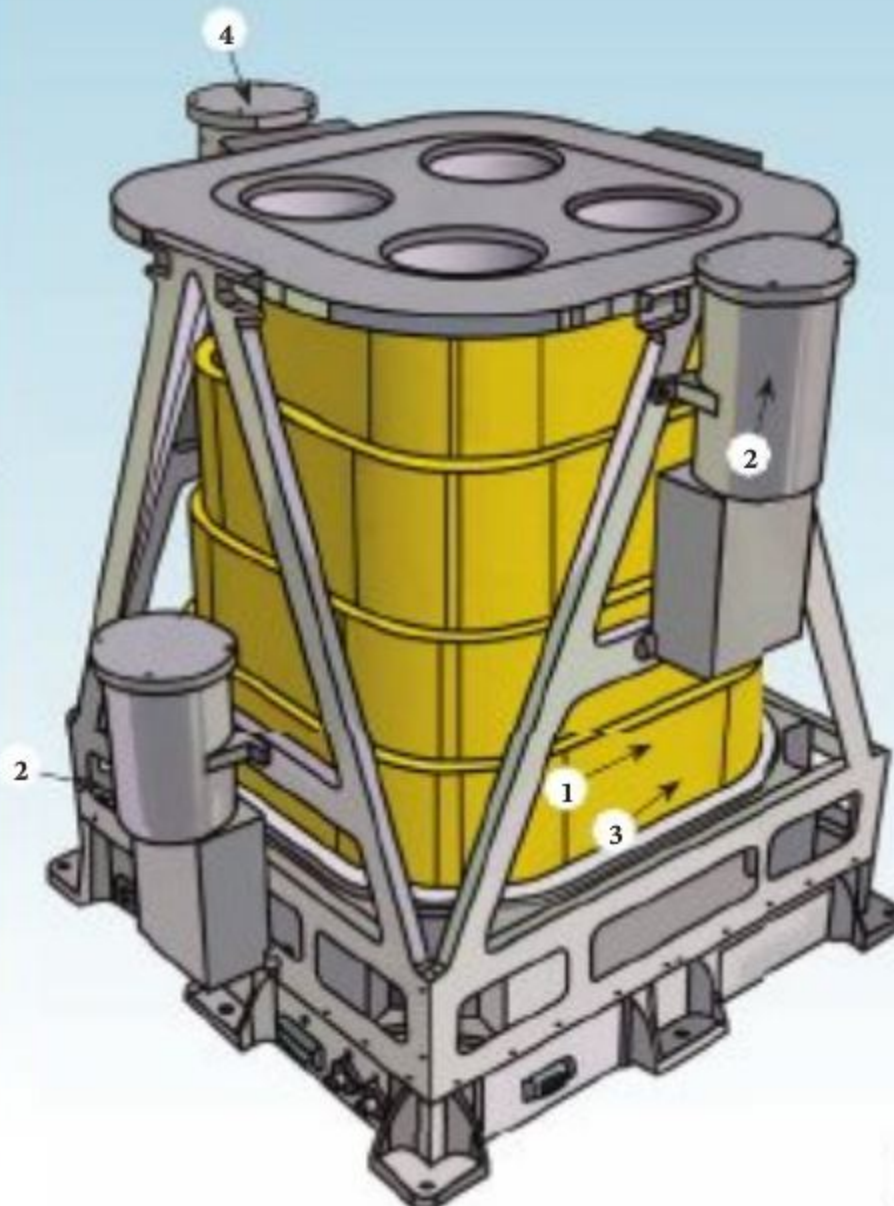


Максим Игоревич Мокроусов – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института космических исследований РАН. Родился 12 октября 1975 г. в Москве. Премию Президента Российской Федерации 2010 г. в области науки и инноваций для молодых ученых получил вместе с Антоном Борисовичем Саниным за разработку уникального космического нейтронного детектора *LEND* и получение с его помощью новых результатов в изучении Луны.

LEND расшифровывается как *Lunar Exploration Neutron Detector* – «лунный исследовательский нейтронный детектор». Специально для этого прибора молодые ученые М.И. Мокроусов и А.Б. Санин под руководством заведующего лабораторией космической гамма-спектрометрии доктора физико-математических наук И.Г. Митрофанова разработали схемы регистрации нейтронов различных энергий, цифровой узел на основе программируемой логической интегральной схемы, коллиматор нейтронов со слоями полиэтилена и спрессованного порошка из изотопа бора-10 для поглощения замедлившихся нейтронов. Все это позволило проводить измерения с высочайшей степенью точности и чувствительности. Прибор был запущен в составе миссии *NASA LRO* в конце 2008 г. и исправно поставляет информацию вот уже два года

LEND, Lunar Exploration Neutron Detector – лунный исследовательский нейтронный детектор

1. Четыре датчика эпитеpmальных нейтронов (расположены внутри)
2. Тепловой датчик нейтронов
3. Датчик высокоэнергетичных нейтронов
4. Наружный датчик эпитеpmальных нейтронов



Близость к воде для определения места для постройки лунной базы – один из главных факторов. Наиболее интересен в этом плане Южный полюс нашего естественного спутника.

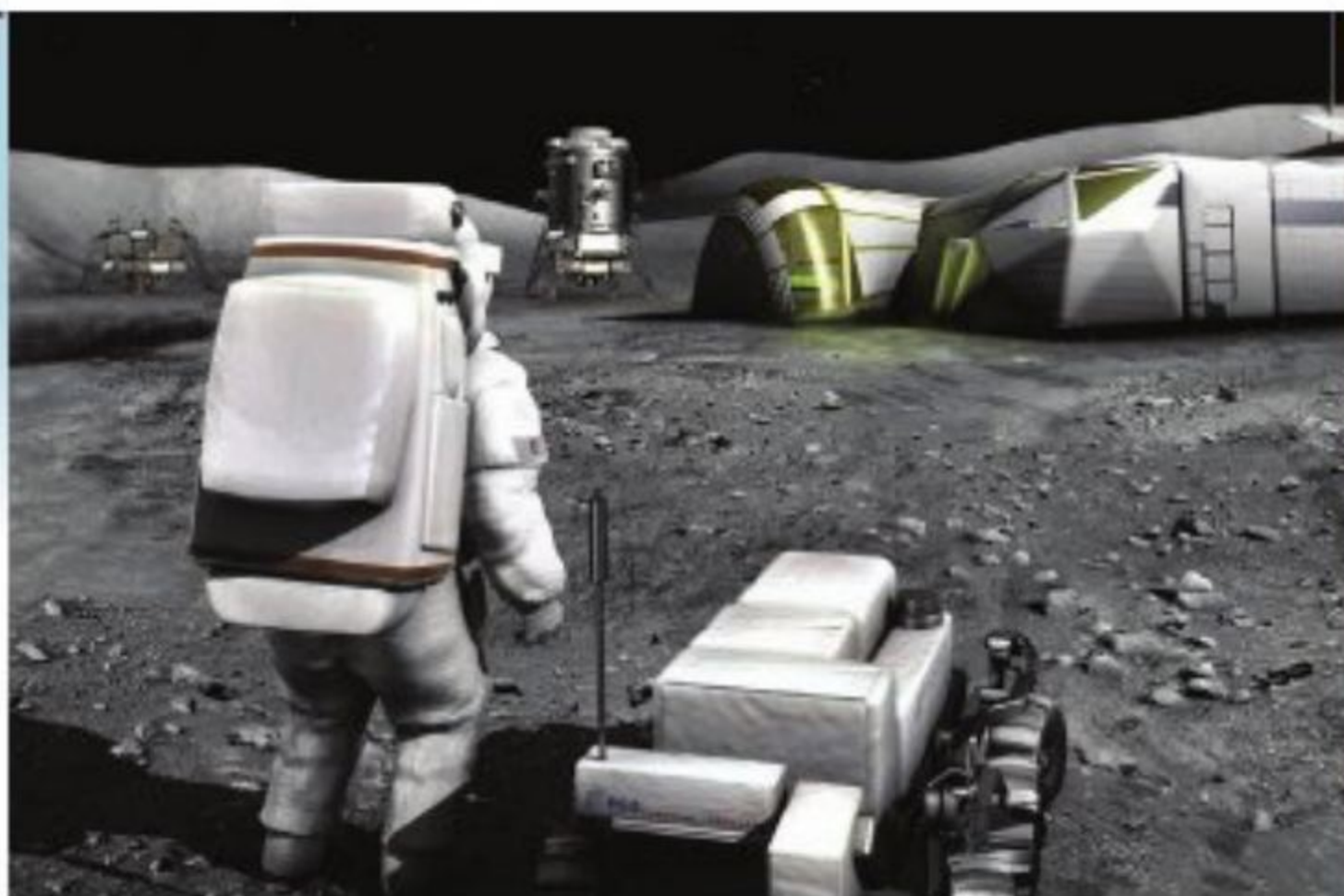
Источник: Европейское космическое агентство (ESA)

Нам с Марсом вообще не везло, но этому есть объяснение: в Советском Союзе «дружили» в основном с Венерой, именно к ней у нас было много успешных миссий. Наша «Венера-1» была вообще первым межпланетным исследовательским космическим аппаратом. «Венера-3» в 1966 г. села на поверхность планеты. «Венера-4» обнаружила, что давление на поверхности достигает 100 атмосфер, а температура – 400° С. «Венера-13» и «Венера-14» в 1982 г. произвели цветную фотосъемку поверхности. Почти все 16 венерианских советских миссий прошли вполне успешно. Американцы же больше упирали на Марс. Их «Маринеры» и «Викинги» изучили красную планету вдоль и поперек, а «Спирит» и «Оппортьюнити» уже седьмой год ползают по его поверхности. Финальной целью текущего этапа космонавтики, без сомнения, стал Марс. Луна – это как тренировочная поляна, на которой мы обкатываем технологии. Опыт «Аполлона-13» показывает, что если даже на Луне что-то случится, есть вероятность вернуть людей домой по крайней мере живыми, а возможно – и здоровыми. С Марсом это практически нереально. Необходимо вначале освоить цель на расстоянии четырех дней полета, и только потом нацеливаться на девять месяцев.

С.П. Капица. Ранее уже одно присутствие человека в космосе считалось большим достижением. Вопрос о том, что он там делал, отходил на второй план. Сейчас люди подходят к этому значительно более прагматично. Они совершенно справедливо спрашивают: что мы должны делать на станции, которая расположена в дальнем космосе, и какие средства понадобятся для ее обслуживания?

М.И. Мокроусов. Сейчас стоит задача расселения человечества по Солнечной системе. Только это может спасти людей от гибели в случае глобальной катастрофы планетарного или космического масштаба, вроде столкновения с круп-

«Когда выпускник института будет сравнивать аналогичные зарплаты, без сомнения, он пойдет к нам в космос, потому что это престижно, интересно, перспективно»



ным астероидом. Такое в истории нашей планеты уже случалось не раз, и еще не раз случится. Луна – наша первая база.

Оборудовать ее будет не так дорого, как это может показаться. По нашим оценкам, для того чтобы в ближайшие 10-15 лет запустить десять миссий на Луну и создать там первоначальную инфраструктуру, понадобится 150 млрд руб. Если вы разделите эту сумму на количество людей, которое у нас живет, получится, из расчета на десять лет, по 100 руб. с человека в год. Но это должна быть приоритетная национальная программа. Я не очень люблю приводить в пример Америку, но все-таки у них есть чему поучиться. Президент Соединенных Штатов дает основной посыл, курирует главные стратегические вопросы. У нас что-то тоже начало сдвигаться с места. После нашего награждения Д.А. Медведев поручил четырем профильным ведомствам к августу подготовить программу исследования дальнего космоса. Так что я не теряю надежды. По моим оценкам, при благоприятном развитии событий мы сможем высадиться на Луне уже в 2025 г.

С.П. Капица. Но для этого мало только денег и горячего желания. Важен весь научно-производственный комплекс, в котором все блоки взаимосвязаны и дефект любого может привести к краху всей конструкции. В какой мере промышленность, наука, наши вузы готовы для осуществления такой программы сегодня?

М.И. Мокроусов. Думаю, что готовы. Вопрос в выделяемых финансах, которых пока мало. Но так было, поскольку не на что вообще выделять. Как только появятся четкие и ясные задачи на 10-15 лет вперед, под них начнут давать деньги.

«Луна сегодня для человечества ближе, чем когда-то была Америка для Колумба»

«У нас есть преимущество перед другими даже не потому, что у нас был Гагарин. Наоборот, именно Гагарин – следствие космичности русского человека»

И тогда обученный молодой специалист, выходя из вуза, будет выбирать между обобщенной коммерцией и космической отраслью. И этот выбор не будет уже зависеть от денег. Я сам в свое время такой выбор сделал, но

тогда у ученых не было нормальных зарплат.

Когда человек будет сравнивать аналогичные зарплаты, без сомнения, он пойдет к нам в космос, потому что это престижно, интересно, перспективно. Сейчас распространено такое неправильное представление, что космонавтика – это хорошо, важно, но очень дорого и сейчас денег на это нет. Вот мы их поднакопим, лет через пять-десять дадим, и тогда наши ученые и инженеры возьмутся и все с космосом сделают. Так вот, если это будет через восемь-десять лет, то уже не сядут и не сделают. Мало того, мы через эти восемь-десять лет вообще потеряем все свои технологии, на которых еще как-то можно летать, а сумма необходимых затрат будет не 150 млрд, которые мы сейчас насчитали, а в пять-восемь раз больше. Лидерство мы уже и так потеряли, но сейчас пока еще отстаем только от США. Очень не хочется догонять еще Индию и Китай, Японию и Европу.

С.П. Капица. Согласен с вами. Люди, которые считают, что космонавтика нам не нужна, часто приводят в пример Америку. Она якобы отказалась от своей космической программы *Constellation*. А это совершенно не верно. Да, американцы закрыли эту программу, но только потому что приняли другую, на новых революционных технологиях. При этом космические технологии неизбежно приходят в обычную земную жизнь и окупают все затраты.

М.И. Мокроусов. Всем известна «липучка», которая используется на одежде и обуви, – а ведь это космическая разработка NASA. Такое понятно обывателю. Как объяснить людям, зачем искать антинейтрино или бозон

Возрождающаяся российская космическая промышленность уже сейчас планирует довольно смелые дальние экспедиции. На 2014 г. намечено начало программы «Луна-Глоб», в рамках которой автоматический аппарат, облетая нашу спутницу, будет подыскивать подходящие места для прилунения будущих спускаемых аппаратов. В 2018 г. должен стартовать проект «Марс-Астер», в ходе которого на Красную планету будет доставлен собранный в НПО им. С.А. Лавочкина марсоход. Его вес составит 400 кг, габариты – 2 x 1,5 м. А уже в ноябре этого года к спутнику Марса Фобосу отправится аппарат «Фобос-грунт» (на фото). Как легко понять из названия, его основной задачей будет доставка на Землю грунта с этого крохотного, диаметром всего 22 км, небесного тела

Хиггса, я не знаю. А вот изучение Луны или высадка на Марс – это понятнее, это можно объяснить «на пальцах». Что влекло того же Колумба в Америку? А ведь поплыл же. И в конечном счете от его гиблого предприятия выиграл и он, и все человечество. Луна, Марс – вот они, на виду, по космическим меркам совсем рядом. Для нас они чуть ли не ближе, чем Америка для Колумба. И еще одно наблюдение моего учителя, доктора наук и заведующего нашей лабораторией И.Г. Митрофанова. Мы как нация очень космичны. У нас есть преимущество перед другими даже не потому, что у нас был Юрий Гагарин. Наоборот, именно Гагарин – следствие этой космичности.

Мы 15 лет ремонтировали московский планетарий. Но все-таки он откроется. И я непременно поведу туда своего сына. Я и сам там часто бывал в детстве, и это был один из первых моих институтов. Именно такие, мелкие, казалось бы, вещи воспитывают человека как личность. Нужно всегда рассчитывать на самый высокий уровень. И мне как гражданину России очень хочется, чтобы на этом этапе наша страна все-таки была на Луне первой. Я ни в коем случае не призываю ввязываться в очередную лунную гонку. Я просто сторонник того, что уж если играть, то ставить надо на победу. ■

Подготовил Валерий Чумаков

«ФОБОС-ГРУНТ»

Старт экспедиции – 11 ноября 2011 г.
Выход на орбиту – 29 сентября 2012 г.
Вес аппарата – 13,2 тыс. кг
Ракетноситель – «Зенит-2»
Срок работы – три года



ЗА И ПРОТИВ КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФЛЯЦИИ

В теории, представляющей собой основу всей современной космологии, возможно, скрыты глубокие противоречия

Пол Стейнхардт

Вселенная без инфляционной стадии? Возможен пересмотр концепции стремительного раздувания ранней Вселенной (отмечено желтым) в эпоху, следовавшую за Большим взрывом



ОБ АВТОРЕ

Пол Стейнхарт (Paul Steinhardt) – директор Центра теоретической науки в Принстоне, член Национальной академии наук, лауреат премии им. П. Дирака (2002) за вклад в развитие теории космологической инфляции.

Около 30 лет назад Алан Гут (Alan Guth), будучи еще кандидатом наук, провел серию семинаров в Ускорительном центре в Стэнфорде, на которых ввел в лексикон космологии слово «инфляция». Этот термин означает эпоху стремительного экспоненциального расширения Вселенной, имевшего место на ранних этапах ее развития, в первые мгновения после Большого взрыва. Один из семинаров Гута состоялся в Гарварде, где произвел сильное впечатление на многих специалистов в области астрофизики, теории относительности и физики частиц, в том числе и на автора этой статьи, тоже тогда еще молодого и полного энтузиазма кандидата наук. Современная теория инфляции – одна из сфер наиболее активной деятельности космологов и источник интереснейших открытий и теорий. Разумное основание инфляционной теории – выявить слабые стороны в теории Большого взрыва. Основная идея модели Большого взрыва заключается в том, что наша Вселенная медленно расширяется и остывает с момента своего рождения, т.е. примерно 13,7 млрд лет. Такой процесс расширения и охлаждения способен объяснить множество деталей в структуре современной нам Вселенной, если она начала свою эволюцию при строго определенных условиях. Одно из важнейших из них заключается в том, что наша Вселенная должна была быть практически совершенно однородной – за исключением совсем небольших неоднородностей в массе и энергии. Кроме того, Вселенная должна была быть геометрически плоской (*трехмерно евклидовой*. – Прим. пер.), что означает, что лучи света и пути движущихся объектов не искривлялись тканью пространства-времени.

Но почему ранняя Вселенная была такой однородной и плоской? Такие особые начальные условия

кажутся очень маловероятными. Рассуждения об этой проблеме и породили концепцию Гута. Даже если Вселенная в самом начале своего существования обладала большими неоднородностями масс и энергий, то последующее резкое экспоненциальное расширение могло бы их сгладить. После окончания инфляционного периода Вселенная могла бы продолжать расширяться уже по инерции, в полном согласии с теорией Большого взрыва и уже обладая необходимыми условиями для формирования звезд и галактик, чтобы, развиваясь, породить наблюдаемое нами сегодня состояние.

Предложенная идея была так проста и заманчива, что ученые всего мира восприняли ее как практически уже доказанную. Однако за почти 30-летний период своего развития теория инфляции претерпела изменения. Наряду с ее сторонниками появились и ее противники. Большинство воспринимают теорию инфляции как некую отправную точку своих собственных исследований, не заботясь о фундаментальном обосновании этой теории и надеясь, что ее кажущиеся противоречия вскоре будут разрешены. Однако проблемы теории инфляции упорно продолжают сопротивляться всем усилиям научного сообщества.

Автор настоящей статьи, внесший вклад в развитие как теории инфляции, так и конкурентных

ей теорий, попытается дать некую объективную оценку состояния теории инфляции на сегодняшний день, приводя аргументы за и против.

В защиту теории космологической инфляции

Теория космологической инфляции настолько хорошо известна, что имеет смысл остановиться только на некоторых ее особенностях и важных деталях. Инфляцию порождает инфляционная энергия особого типа, которая вместе с гравитационными силами заставила раннюю Вселенную стремительно расширяться за очень короткий промежуток времени. Экстремально большая плотность инфляционной энергии обладает необычным свойством – она практически не меняется при расширении. Наиболее же удивительное ее свойство заключается в том, что гравитационное поле инфляционной энергии обладает не притяжением, а отталкиванием, которое и обуславливает такое быстрое расширение нашего мира.

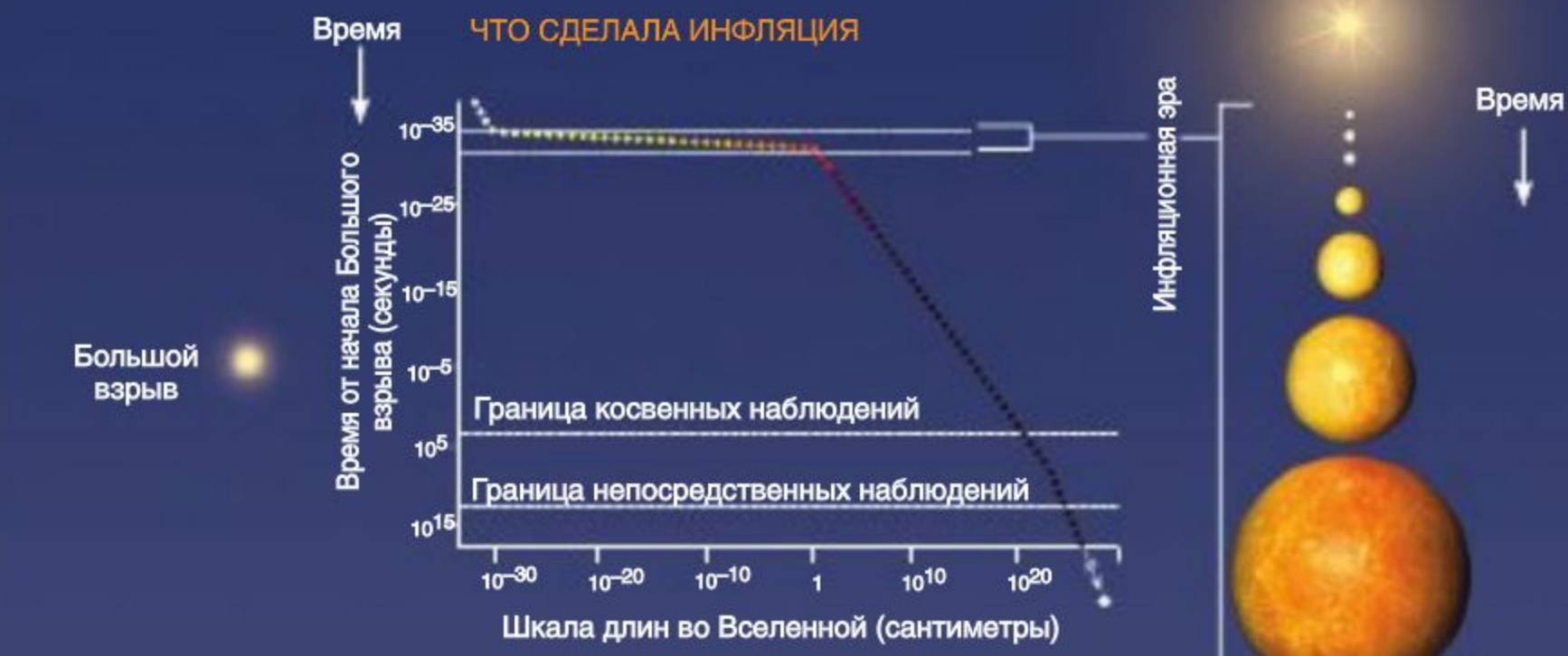
Можно предложить много источников подобной инфляционной энергии. Основная версия – существования некоего скалярного поля, в случае инфляции называемого «инфлатоном». Скалярные поля широко известны в физике элементарных частиц: так, знаменитый бозон Хиггса, ко-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Идея космологической инфляции настолько глубоко укоренилась в сознании ученых, что принимается как доказанная. Согласно этой концепции, ранняя Вселенная подверглась резкому экспоненциальному расширению, которое и определило глобальную однородность и плоскостность нашего современного мира.
- Однако основатели и некоторые разработчики теории инфляции полагают, что эта концепция может быть изначально ошибочна.
- Для начала инфляции Вселенная должна обладать маловероятными условиями. Кроме того, инфляция происходит вечно, производя бесконечное количество разнообразных миров, из чего следует, что эта теория не может давать точных предсказаний.
- Активно ведутся научные споры. Диапазон предложений – от поправок к теории инфляции до замены ее на другую концепцию.

КЛАССИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕОРИИ ИНФЛЯЦИИ: ПОСЛЕДНИЙ РЫВОК РОСТА

Согласно астрономическим наблюдениям, наша Вселенная расширяется 13,7 млрд лет. Но что же происходило в ранней Вселенной, еще недоступной нашим наблюдениям, в первые мгновения после ее рождения? Основная теория, описывающая эту самую раннюю стадию, – теория космологической инфляции. В ходе инфляции Вселенная экспоненциально расширяется, резко увеличивается в размерах. Такое стремительное расширение способно практически полностью сгладить все имевшиеся ранее неоднородности пространства-времени и, таким образом, хорошо объясняет наблюдаемую сегодня Вселенную. Оставшиеся после инфляционной стадии небольшие неоднородности послужили основой формирования звезд и галактик



Мера роста Вселенной во время инфляционной стадии велика даже по астрономическим стандартам. За 10^{-33} с радиус Вселенной увеличился как минимум в 10^{25} раз. Вселенная расширялась с ускорением, пространственные области удалялись друг от друга со сверхсветовой скоростью



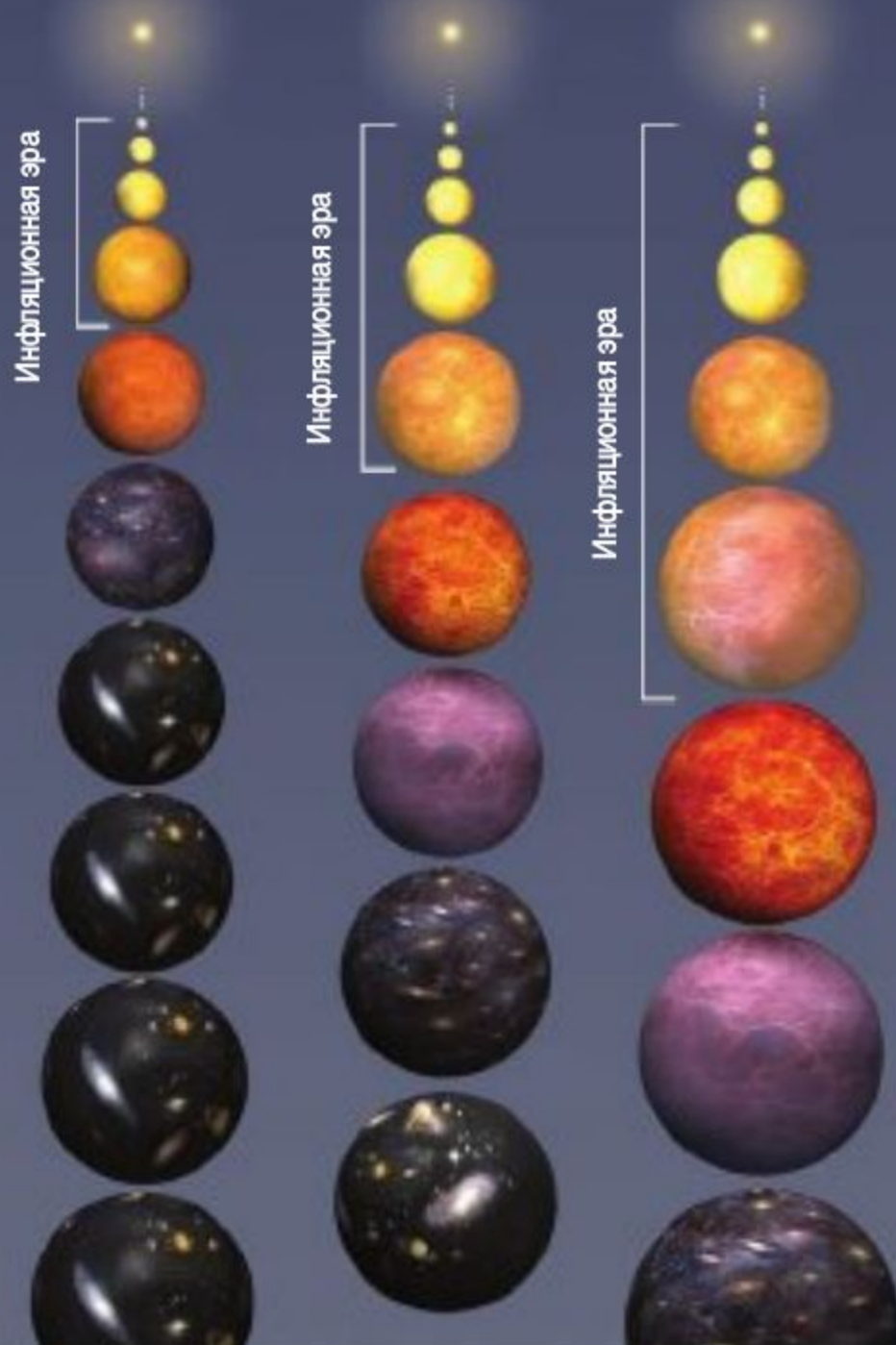
Поле инфлатона генерирует силу гравитационного отталкивания, которая и заставляет расширяться пространство-время. Во время расширения плотность энергии поля должна меняться в зависимости от напряженности этого поля. График такой зависимости представляет собой плато (область высоких энергий) и склон (область низких энергий). Поле ведет себя подобно шарик, скатывающемуся по наклонной поверхности в ямку. Когда оно достигает минимума плотности энергии, то инфляция заканчивается, после чего из энергии поля инфлатона начинается рождение горячего вещества и излучения

Объем наблюдаемого нами пространства был одной стотриллиардной долей размера атома, когда инфляция началась. Во время инфляции пространство выросло до размера монетки в 50 копеек. За последующие миллиарды лет пространство продолжало расширяться, но уже по инерции; формировались звезды и галактики (рис. дан не в масштабе)

Graphic by Jen Christiansen (top left)

НЕ ОЧЕНЬ-ТО ХОРОША

Считается, что инфляция породила огромное пространство, в котором естественным путем возникают наблюдаемые сегодня структуры. Однако если кривая энергии инфляции не обладает весьма характерным профилем (полученным путем подгонки одного или многих параметров модели, обозначаемых далее лямбдой), то результат такой инфляции может быть «плохим», т.е. в итоге очень большой объем пространства может получить слишком высокую плотность энергии, следовательно, не соответствующее наблюдениям распределение галактик. Перебирая все возможные значения λ , ученые заключили, что «плохая инфляция» более вероятна, чем «хорошая»



торый пытаются получить на Большом адронном коллайдере в *CERN*, – переносчик одного из предсказываемых теорией скалярных полей.

Подобно всем полям, поле инфлатона обладает некой напряженностью в каждой точке пространства-времени. Эта напряженность определяет, как инфлатон взаимодействует с другими полями. Во время фазы инфляционного расширения напряженность поля инфлатона почти всюду постоянна. В зависимости от силы этого поля оно обладает некоторым количеством потенциальной энергии. Связь между напряженностью поля и энергией можно проиллюстрировать графиком, который для поля инфлатона представляет собой кривую: сначала почти горизонтальную (плато), потом изгибающуюся вниз и снова поднимающуюся вверх. Если начальная напряженность поля принимает какое-то значение, принадлежащее плато, то по мере движения по кривой напряженность и энергия поля будут падать. Уравнения для эволюции поля такие же, как уравнения движения шарика, скатывающегося по склону в ямку; профиль склона – кривая потенциальной энергии.

Потенциальная энергия поля инфлатона – возможная причина ускоренного расширения нашей Вселенной. В процессе такого расширения неоднородности распределения вещества Вселенной сглаживаются, она становится плоской. За время, равное 10^{-33} с, поле сохраняет постоянное значение, и Вселенная успевает «раздуться» в 10^{25} раз по всем направлениям. Стадия инфляционного расширения заканчивается, когда величина поля инфлатона переходит с горизонтального участка кривой к наклонному. При «скатывании» поля его энергия уменьшается. В нижней точке такого скатывания вся потенциальная энергия поля инфлатона переходит в знакомые нам формы энергии: в темную материю, в обычную материю с большой кинетической энергией и в излучение, заполняющие современную нам Вселенную,

которая переходит в стадию расширения по инерции. На этой стадии формируется крупномасштабная структура.

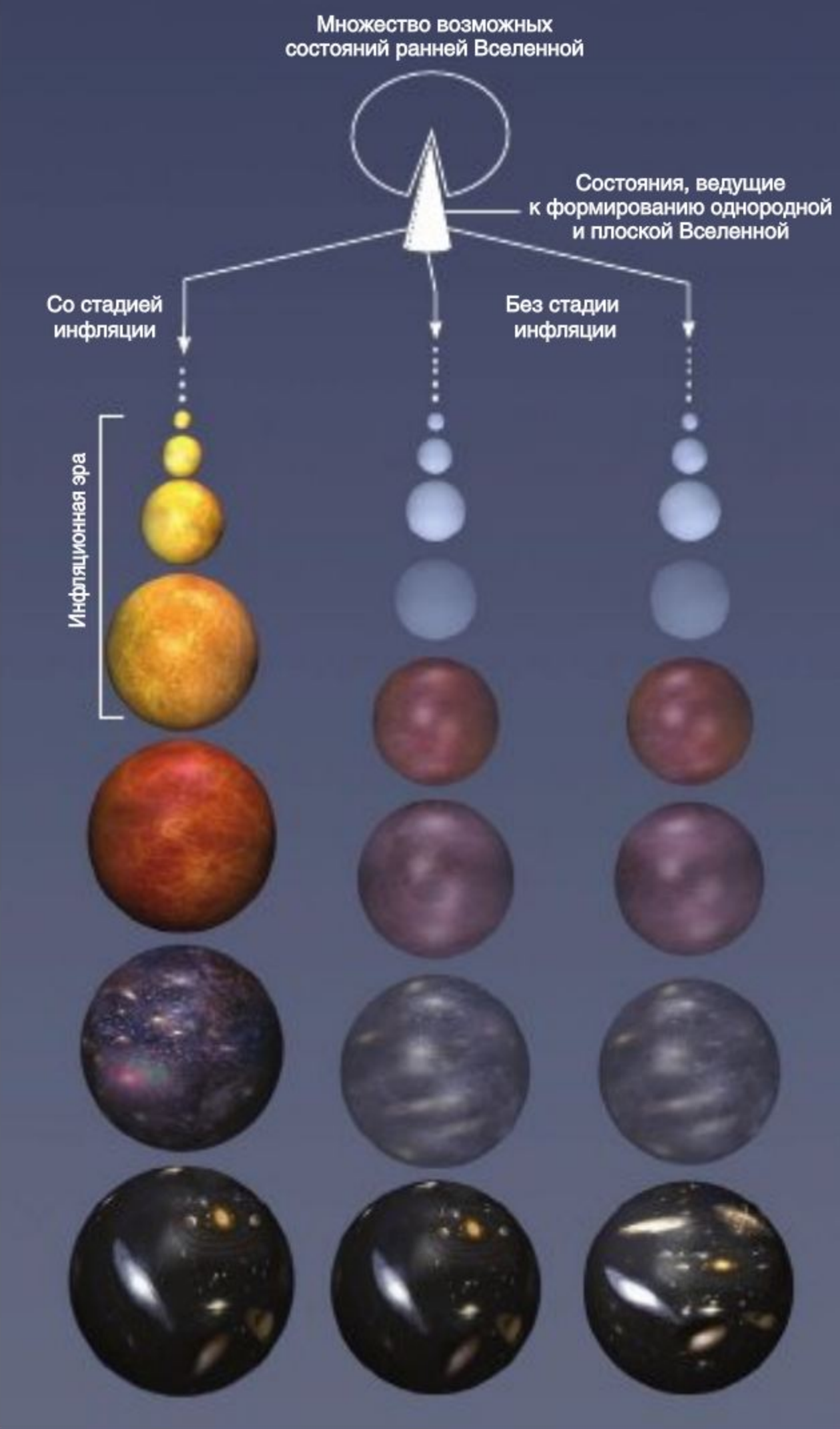
Инфляция сглаживает начальные неоднородности, но не полностью. За счет квантовых эффектов сохраняются небольшие неоднородности. Согласно законам квантовой физики, поле инфлатона не может повсюду в пространстве обладать одной и той же напряженностью, существуют случайные флуктуации этого поля. Их наличие приводит к тому, что стадия инфляционного расширения заканчивается в разных частях Вселенной не в одно и то же время, и температура различных областей Вселенной тоже слегка различается. Эти неоднородности и послужили зародышами образования звезд и галактик – в абсолютно однородной Вселенной никаких структур образоваться не могло бы. Предсказание теории инфляции заключается в том, что такие неоднородности обладают масштабной инвариантностью. Другими словами, они не зависят от размера областей, в которых формируются, они одинаковы на всех масштабах.

Концепция инфляции может быть кратко сформулирована тремя основными положениями. Во-первых, инфляция неизбежна. Со времен Гута многочисленные исследования в теоретической физике только укрепили ученых в мысли о существовании в ранней Вселенной скалярных полей, «отвечающих» за инфляционное расширение. Огромное количество таких полей появляются во всевозможных вариантах теории объединения всех физических взаимодействий, например в теориях суперструн. Считается, что в хаотичной ранней Вселенной по крайней мере одно из таких полей должно было бы обладать условиями, необходимыми для инфляции.

Во-вторых, гипотеза инфляции может объяснить наблюдаемую однородность и плоскостность современной Вселенной. Никто не знает, какими именно геометрическими параметрами и какой степенью

ЭТО ДОЛЖНО БЫЛО БЫТЬ ТАК

Считается, что инфляция происходит вне зависимости от начальных условий, в которых находилась Вселенная. Недавние теоретические исследования показали иное. Из всех возможных начальных условий только крошечная их доля может привести к однородной и плоской Вселенной, которую мы наблюдаем. Подавляющая же часть последних не нуждается в стадии инфляции для реализации указанных наблюдаемых условий. Таким образом, ничтожно малая часть всех возможных начальных условий развития Вселенной ведет к однородному и плоскому миру путем инфляционного расширения



однородности обладала Вселенная сразу после Большого взрыва. Инфляция сделала эти вопросы несущественными, поскольку каковы бы ни были начальные условия, инфляционное расширение способно их сгладить согласованным с наблюдениями образом.

В-третьих, что представляет собой наиболее сильный аргумент, инфляционная гипотеза хорошо предсказывает наблюдения. Например, большое количество наблюдений космического микроволнового фона реликтового излучения и данные по распределению галактик подтверждают, что пространственные вариации энергии ранней Вселенной были практически масштабно-инвариантными.

Против теории космологической инфляции

Первые сигналы того, что с теорией инфляции не все в порядке, – небольшие различия предсказаний этой теории и реальных наблюдательных данных. Существование отличий подрывает саму логическую основу всей теории. Действительно ли теория работает в идеальном соответствии с наблюдательными данными, как это было заявлено в 80-х гг. прошлого века? Можно ли расценивать предсказания теории инфляции тех лет как предсказания современной теории инфляции? Ответ на оба этих вопроса: нет.

Приведем аргументацию таких ответов. Рассмотрим утверждение о том, что во Вселенной инфляционная стадия неизбежна. Если это действительно так, то рождается закономерное размышление: ведь более вероятно реализация «плохой инфляции», нежели «хорошей инфляции». Под первым термином будем понимать такой период ускоренного расширения ранней Вселенной, чьи последствия в современной Вселенной находятся в явном противоречии с наблюдательными данными. Например, неприемлемы слишком большие разбросы температуры. Для того чтобы теория хорошо согласовыва-

лась с наблюдательными данными, различия, например, между «хорошими» и «плохими» теоретическими значениями на точной наблюдательной кривой потенциальной энергии должны быть очень малы. Теоретические значения контролируются большим набором параметров модели. В типичной инфляционной модели это различие должно быть около 10^{-15} – ноль с 15 знаками после запятой. Хуже подогнанная инфляционная модель, ноль с 12, или десятью, или восемью знаками после запятой может уже быть «плохой инфляцией», в которой степень ускорения такая же (или больше), но температурные перепады больше наблюдаемых.

Мы можем игнорировать проблемы моделей «плохой инфляции», поскольку они явно несовместимы, например, с зарождением жизни во Вселенной. Другими словами, даже если где-то и могут возникать большие перепады температуры, мы все равно никогда не сможем их наблюдать. Апелляция к таким рассуждениям порождается так называемым антропным принципом. Однако в данном случае такие аргументы неприменимы. Большие перепады температур могли бы оказать влияние на большее число звезд и галактик, и Вселенная могла бы быть более населенной, чем наблюдаемая. Косвенные следствия говорят нам, что во Вселенной все-таки не было больших перепадов температур.

Не только «плохая инфляция» более вероятна, чем «хорошая инфляция», но мир вообще без инфляции более вероятен, чем мир с какой бы то ни было инфляцией. Впервые такая мысль была высказана Роджером Пенроузом (Roger Penrose) в 80-х гг. прошлого века. Ученый применил термодинамические принципы, сходные с предназначенным для описания конфигураций атомов и молекул газа, для подсчета всех возможных начальных конфигураций поля инфлатона и гравитационных полей. Некоторые из таких начальных данных ведут к наличию инфляционного расширения с образованием прак-

тически однородного распределения вещества в плоском пространстве-времени. Другие начальные условия приводят к однородной и плоской вселенной – без инфляционного расширения. Причем оба множества таких начальных условий невелики – другими словами, шансы получить плоскую однородную вселенную малы в любом случае. Кроме того, получение плоской вселенной без инфляции гораздо более вероятно, чем получение плоской вселенной путем инфляционного расширения.

Риск вечной инфляции

Другой метод исследования ранней Вселенной, приводящий к схожим результатам, основан на экстраполяции истории Вселенной из ее современного состояния назад во времени с использованием известных физических законов. Результаты такого метода могут быть различны, т.е. экстраполяция не единственна: взяв в качестве начальных условий современную Вселенную, плоскую и однородную в среднем, мы можем получать различные цепочки событий в прошлом. Согласно моделированию, проведенному в 2008 г. Гэри Гиббонсом (Gary Gibbons) из Кембриджа и Нейлом Тьюроком (Neil Turok) из Института теоретической физики в Онтарио, подавляющее большинство экстраполированных в прошлое последовательностей событий не обладают инфляционной стадией, что согласуется с выводами Пенроуза. С одной стороны, оба сценария возможного развития нашей Вселенной без инфляции кажутся идущими вразрез с интуицией, потому что плоская и сглаженная Вселенная маловероятна, а инфляция – как раз тот механизм, который необходим для реализации подобного состояния. С другой стороны, указанные достоинства инфляции оказываются сильно подпорченными ее собственными маловероятными начальными условиями. Таким образом, если по возможности принять во внимание все доступные нам факторы, то получа-

ется, что Вселенная более вероятно приходит к сегодняшнему состоянию без инфляционной стадии.

Многие физики и космологи считают приведенные аргументы несостоятельными. Реальные наблюдения и эксперименты всегда весомее любых теоретических рассуждений, а вариант инфляционной теории, сформулированный в 1980-х гг., находится в соответствии с сегодняшними космологическими наблюдениями. Однако первые варианты инфляционной теории были во многом несовершенны, предоставляя ученым по большому счету только качественную картину расширения Вселенной, и к сегодняшнему дню инфляционные модели неоднократно пересматривались. Какой же модели лучше всего соответствуют в итоге наблюдательные данные?

Смена мировоззрения настала после введения Андреем Линде в космологию понятия «вечная инфляция» – раз начавшись, она никогда не закончится. Такая концепция основана на совмещении законов квантовой физики и законов ускоренного расширения Вселенной. Когда инфляция подходит к завершению, квантовые флуктуации немного запаздывают. Если в некоторой области пространства такие флуктуации достаточно малы, то инфляция в этой области заканчивается. Однако поскольку флуктуации случайны, найдутся области, где флуктуации оказываются достаточно большими для того, чтобы привносить существенную задержку окончания инфляционной стадии. Последние области крайне редки, поэтому у читателя может закрасться мысль, не стоит ли игнорировать их вообще. Ответ отрицательный, поскольку эти области инфляционно расширяются, продолжают стремительно расти и в считанные мгновения останавливают расширение тех областей, в которых инфляция уже закончилась. В результате получается гигантское пространство инфляционно расширяющегося мира, в котором плавают крошечные островки, заполненные горячим веществом

и излучением. Более того, инфляционно растущие области порождают инфляционно растущие области, каждая из которых представляет собой свой собственный мир, замкнутую вселенную. Если вас еще не сбивает с толку такая картина, не беспокойтесь, дальше будет хуже.

Островки вещества не одинаковы. Согласно законам квантовой теории, какие-то из них сильно неоднородны, другие наоборот слишком сглажены. Неоднородность похожа на упомянутый выше сценарий «плохой инфляции», однако причины появления таких неоднородностей различны. «Плохая инфляция» происходит потому, что параметры, контролирующие вид кривой, графика потенциальной энергии, слишком велики. Теперь же неоднородность может возникнуть за счет вечной инфляции и случайных квантовых флуктуаций безотносительно к величинам описывающих модель параметров.

Для более точных количественных оценок слово «некоторые» следует заменить на «бесконечное число». В мире с вечной инфляцией бесконечное число островков будут обладать свойствами, которые мы наблюдаем, но бесконечное же число не будут ими обладать. Эту идею хорошо сформулировал создатель теории инфляции Алан Гут: «В мире с вечной инфляцией все, что может случиться, случается, причем случается бесконечное число раз».

Правило наша Вселенная или исключение? В бесконечном множестве островков, каждый из которых есть отдельная вселенная, на этот вопрос трудно ответить. Представьте, что у вас есть ящик, в котором помещены белые и черные шары, и вы вытаскиваете их по одному. Если известно, сколько белых и сколько черных шаров было изначально, то вы всегда можете однозначно сказать, какой из них с большей вероятностью вы вытащите. Однако если их бесконечное количество, то ситуация резко меняется. Так, вы можете, доставая шары, сортировать их, чтобы одному черному соответствовал один

белый, и тогда вам будет казаться, что и тех и других в ящике поровну. Но вы можете сортировать их и так, чтобы на один черный шар приходилось по десять белых – и тогда ваша интуиция подскажет вам, что белых больше. Теория множеств дает ответ, что в случае сравнения двух бесконечностей неверны оба предположения. Таким образом, нельзя сказать, появление какого шара будет более вероятным. По этой причине невозможно предположить, какая вселенная будет наиболее вероятной, «типичной».

А вот сейчас пришло время сбить вас с толку по-настоящему. Что означают слова о том, что теория инфляции дает точные предсказания – например о том, что наша Вселенная однородна или что она обладает масштабно инвариантными флуктуациями, – коль скоро все равно все, что должно случиться, когда-нибудь будет и случится бесконечное число раз? А если теория не дает тестируемых предсказаний, как же космологи могут утверждать, что теория согласуется с наблюдениями, что они постоянно делали до сих пор?

Мера наших ошибок

Теоретики подозревают о таких проблемах, но несмотря на четверть века активной работы с момента появления теории инфляции, ученые не теряют надежду решить все проблемы и сохранить эту плодотворную концепцию.

Предлагаются теории, альтернативные вечной инфляции, – например, вообще лишить эволюцию вселенной каких бы то ни было бесконечностей. Однако бесконечность – естественное следствие инфляции и квантовой физики. Чтобы избежать бесконечностей, модель Вселенной должна быть очень чувствительна к начальным особым условиям, а поле, генерирующее инфляцию, – обладать особым уравнением состояния. Инфляция должна происходить таким образом, чтобы заканчиваться повсюду в пространстве до того, как квантовые флуктуации получили бы

возможность ее продолжить. Однако такие требования нарушают саму концепцию инфляции, которая слабо чувствительна к состояниям, бывшим до ее начала.

Еще одна альтернативная стратегия подразумевает, что подобные нашей Вселенной островки вещества и излучения выступают как наиболее предпочтительный результат инфляции. Защитники такой модели вводят в рассмотрение так называемую меру, особое правило, согласно которому каждый мир обладает вероятностным весом, определяющим, какой из них предпочтительнее. Аналогия с черными и белыми шарами такова, что мы обязаны, например, на каждые три белых брать по пять черных шаров. Понятие меры – необоснованное допущение, что инфляция сама по себе ничего не объясняет и не предсказывает.

Хуже того, меры, равноправные с точки зрения теории, приводят к разным заключениям. Например, мера объема, согласно которой вселенные-островки должны обладать вероятностным весом согласно своим размерам. На первый взгляд, такой параметр разумен. Интуитивная идея, лежащая в основе инфляции, заключается в том, что инфляционное расширение объясняет наблюдаемые однородность и плоскостность за счет создания сверхбольших объемов пространства. К сожалению, введение такой меры объема ошибочно. Действительно, представьте себе два типа областей: островки-вселенные, подобные нашей, и другие островки, сформировавшиеся позднее, после того как инфляция увеличилась. По скорости экспоненциального роста более поздние области займут значительно большие объемы. Так, более молодые вселенные, чем наша, наиболее предпочтительны. Согласно мере объема, рождение нашей Вселенной оказывается очень маловероятным.

Энтузиасты использования мер не сдаются: перед тем как использовать придуманные ими меры, они проводят их тестирование,

чтобы в результате вероятность образования нашей Вселенной стала бы приемлемо большой. Пусть даже однажды и будет достигнут успех. Однако потом придется ввести другой принцип для проверки того, почему эта мера предпочтительнее всех остальных, потом следующий принцип для выбора такого принципа – и т.д.

Альтернативный подход – привлечение антропного принципа. При выборе меры полагается, что наша Вселенная – типичный островок в инфляционном море. Антропный принцип, напротив, полагает, что мы живем в очень нетипичном мире, обладающем минимальными условиями для существования жизни. Смысл антропного принципа

БЕЗДНА БЕСКОНЕЧНОСТИ

Считается, что теория инфляции дает точные предсказания о строении нашей Вселенной, подтверждаемые наблюдениями. Действительно ли это так? Раз начавшись, инфляция продолжается за счет эволюции квантовых флуктуаций. Как только инфляция заканчивается, рождается замкнутый мир, подобный нашему, который продолжает расширяться. Наш мир не типичен, существует большое количество более молодых вселенных. Фактически образуется бесконечное число миров с бесконечным разнообразием свойств. Все, что может реализоваться, реализуется в одном из миров. Теория, которая предсказывает все, не предсказывает ничего



в том, что условия во всех типичных вселенных-островках несовместимы с образованием галактик, звезд или других структур, которые необходимы для зарождения жизни. Даже если типичные вселенные-островки занимают гораздо большие объемы, чем миры, подобные нашему, они должны быть проигнорированы, потому что мы интересуемся только теми областями, в которых может обитать человек.

К сожалению, в рамках этой идеи условия в нашей Вселенной для обитания человека должны быть хотя бы минимально благоприятны, а это не так: наша Вселенная более плоская, гладкая и масштабно инвариантная, чем это требуется для жизни. Более типичные островки, например те, что моложе, чем наш мир, почти одинаково пригодны для обитаемости и при этом гораздо более многочисленны.

Пусть платят те, кто медлит

В свете предложенных аргументов ошибочно представление о том, что наблюдательные данные в космологии проверяют основные предсказания инфляционной теории. Все, что мы можем сказать, это что современные наблюдательные данные подтверждают предсказания простейшей инфляционной модели, предложенной в 1983 г., но эта теория – не то же самое, что современная инфляционная космология. В простейшей теории предполагается, что инфляция на базе только классической физики предсказывает эволюцию Вселенной. Однако правильная картина заключается в том, что инфляция образуется по законам квантовой физики и все, что может случиться, случается. Но если инфляционная теория не может давать точных предсказаний, в чем ее смысл?

Проблема в том, что режим откладывания конца инфляции не просто не «убыточен», а наоборот, даже предпочтителен. Области, в которых задерживается окончание инфляционной стадии, продолжают ускоренное экспоненциальное расширение. В идеальной

ситуации любая такая область будет расширяться с замедлением или даже сжиматься. Оставшаяся часть пространства тогда состояла бы из областей, в которых инфляция закончилась и, таким образом, наша наблюдаемая Вселенная принадлежала бы к их числу.

В качестве альтернативы инфляционной космологии автор статьи и его коллеги предложили теорию, называемую циклической. Согласно этой теории, Большой взрыв – не начало пространства и времени (см.: Венециано Г. Миф о начале времен // ВМН, № 8, 2004), а всего лишь «отскок» предыдущей фазы сжатия при переходе к новой фазе расширения, сопровождающейся рождением вещества и излучения. Теория циклическая, потому что через миллиарды лет Вселенная снова сожмется и произойдет новый отскок. Ключевая идея этой теории в том, что сглаживание происходило до Большого взрыва, в эпоху сжатия предыдущей фазы. Все запаздывающие области продолжают сжатие, в то время как другие области уже совершают отскок и начинают расширение – таким образом, первые области сравнительно малы и ими можно пренебречь.

Сглаживание при сжатии имеет наблюдательные следствия. Во время любой сглаженной фазы, независимо, в теории инфляции или в циклической теории, квантовые флуктуации генерируют малые, случайно распространяемые искажения пространства-времени, известные как космологические гравитационные волны, которые могут оставлять след в анизотропии фонового микроволнового реликтового излучения. Амплитуда этих волн пропорциональна плотности энергии. Инфляция могла бы начаться, когда Вселенная обладала максимальной плотностью, а эквивалентный процесс в циклической Вселенной мог бы произойти, когда Вселенная была практически пустой – таким образом, предсказываемые наблюдательные знаки у этих двух теорий должны быть существенно различны. Конеч-

но, циклическая теория относительно нова и может содержать много своих проблем, но она показывает, что в принципе существуют альтернативы, лишенные проблем вечной инфляции.

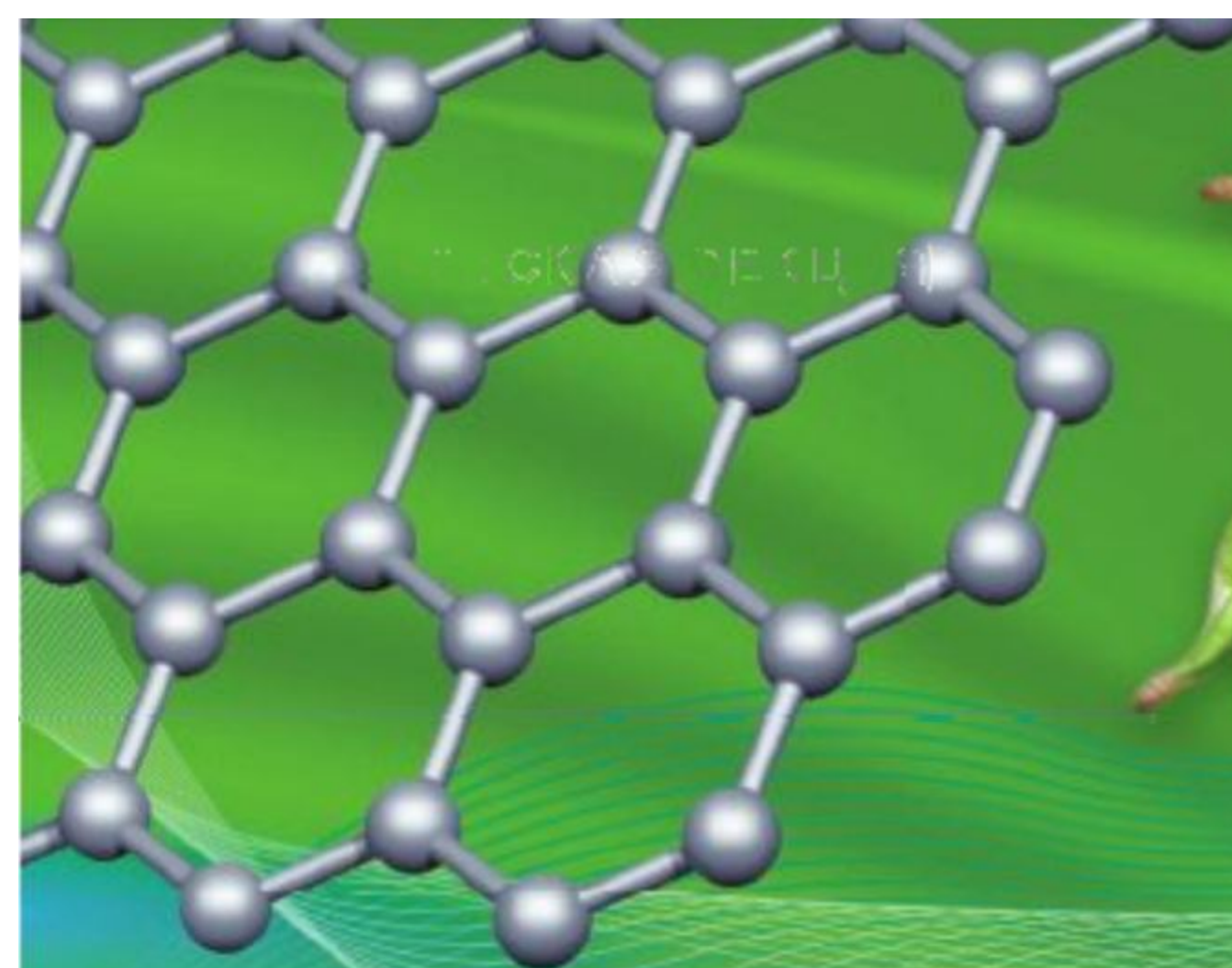
Итак, были представлены доводы за и против теории инфляции. Некоторые ученые полагают, что соображения, высказываемые против, подрывают ее основы и что она требует радикально пересмотра. Другие же считают, что требуется всего лишь доработка исходной теории инфляции.

Окончательное решение судьбы инфляционной теории дадут результаты наблюдений. В ближайшие несколько лет будут обнаружены данные о гравитационных волнах, полученные по исследованиям анизотропии реликтового излучения: обнаружение гравитационных волн могло бы поддержать теорию инфляции. Многие исследователи тяготеют к альтернативным концепциям, подобным циклической теории, которая предсказывает ненаблюдаемо малый сигнал от гравитационных волн. Будущее покажет, какая из теорий верна, и какая судьба ожидает нашу Вселенную. ■

Перевод: О.С. Сажина

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- The Inflationary Universe. Alan Guth. Basic Books, 1998.
- Quantum Cosmology, Inflation, and the Anthropic Principle. Andrei Linde in Science and Ultimate Reality: Quantum Theory, Cosmology and Complexity. Edited by John D. Barrow, Paul C.W. Davies and Charles L. Harper, Jr. Cambridge University Press, 2004.
- Endless Universe: Beyond the Big Bang. Paul J. Steinhardt and Neil Turok. Doubleday, 2007.
- The Measure Problem in Cosmology. G.W. Gibbons and Neil Turok in Physical Review D, Vol. 77, No. 6, Paper No. 063516; March 2008.
- Рождение Вселенной // ВМН, № 7, 2005.



ДОЛГИЙ ПУТЬ К ГРАФЕНУ

Если поцеловать лягушку, она может превратиться в принцессу, а если научить ее летать, она сделает вас лауреатом Нобелевской премии. Если ученый будет заниматься тем, что ему интересно, он сможет добиться всего чего угодно. Об этом рассказал в своей Нобелевской лекции лауреат премии по физике
Андрей Константинович Гейм



Андрей Константинович Гейм родился в 1958 г. в Сочи. В 1975 г. окончил с золотой медалью школу в Нальчике. В 1976 г. переехал в Москву, где поступил в МФТИ. В 1982 г. был принят в аспирантуру. В 1987 г. получил степень кандидата физико-математических наук в Институте физики твердого тела РАН. С 1990 г. живет за границей (Англия, Нидерланды, Дания, снова Англия). С 2007 г. – член Лондонского королевского общества. В настоящее время работает в лаборатории Манчестерского университета. Обладатель Шнобелевской премии 2000 г. Лауреат Нобелевской премии по физике 2010 г. и премии *EuroPhysics* (обе – совместно с Константином Сергеевичем Новоселовым).



Предыстория

Нобелевский комитет попросил меня рассказать свою предысторию. Вообще, редко выпадает случай рассказать историю, которая привела к Нобелевской премии.

Моя хронология берет свое начало в 1987 г. и заканчивается сдачей этого труда. Я начну с наиболее подходящей точки отсчета – со своей кандидатской. Про эту диссертацию я хочу сказать только одно – огласить ее тему: «Исследование механизмов транспортной релаксации в металлах методом геликонного резонанса». Невероятно захватывающе, правда? Однако нет худа без добра, и я извлек урок из этого опыта: впредь я старался избегать таких скучных проектов. И избегал их два последующих десятилетия.

После получения кандидатской степени я стал в России научным сотрудником. Первым делом мне хотелось найти что-нибудь новое, но в рамках технического оснащения того времени. Однако понятие современного оснащения в СССР конца 1980-х гг. было нонсенсом. Потратив еще год-другой на поиски, я нашел то, что могло быть интересным.

В 1990-х гг. я изучал поведение электронов в мощном неоднородном магнитном поле. Из опытов получалось, что гораздо интереснее найти новую экспериментальную систему, чем пытаться открыть новое явление в хорошо исследованной системе. И с тех пор я занимался поиском новых экспериментальных систем.

В 1990 г. в возрасте 32 лет, имея индекс цитирования приблизительно равный единице, главным образом за счет самоцитирования, плохо владея английским языком, я решил подать заявку постдоком (так на Западе называют молодого ученого со степенью, ко-

торый продолжает образование и занимается исследовательской работой. – Прим. ред.) в Европу, где провел в этом качестве пять лет в разных местах, изучая главным образом физику сверхпроводников.

Из этого периода я хочу поведать лишь одну историю. Первые шесть месяцев я провел в Ноттингемском университете, но за столь короткий срок очень сложно было найти стоящее занятие для постдока. Однако мои наставники откопали где-то в ящиках завалившийся образец, давно исследованный, описанный и покрытый пылью, и вручили мне. За эти шесть месяцев я сумел получить достаточное количество результатов, чтобы написать две солидные статьи. Так что опыт, который я извлек и которым впоследствии дразнил своих более молодых коллег, заключался в следующем: «Нет плохих образцов, есть плохие постдоки». Если внимательно искать, то всегда можно что-то найти.

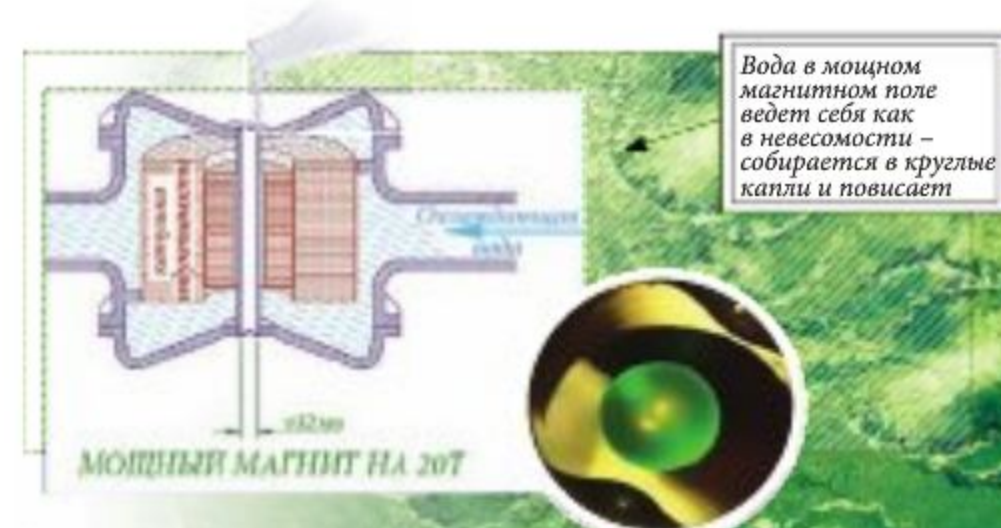
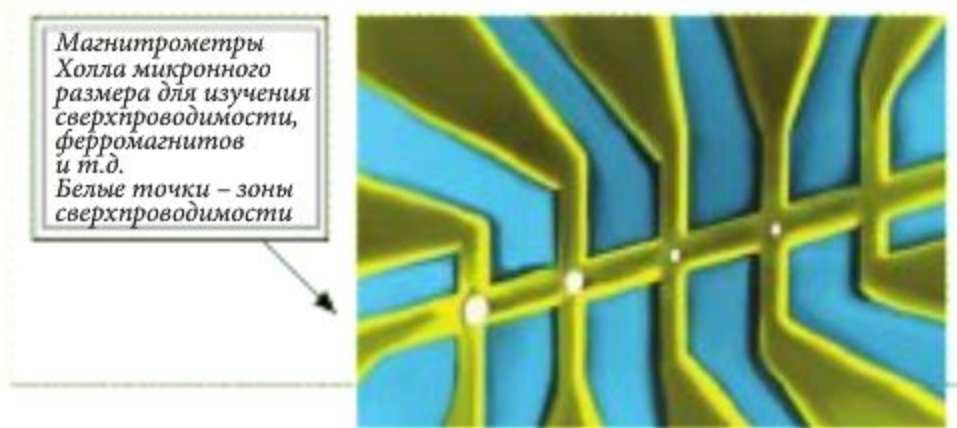
Чуть позже я стал доцентом в голландском Неймегене, и здесь главное было – найти свою исследовательскую нишу. Я уже знал, что для этого нужно: делать осуществимое, но необычное. Так что в основном я изучал то, что позже назвал мезоскопической сверхпроводимостью, и техническое оснащение было не чета российскому и советскому. Однако я все еще использовал структуры из предыдущих мест работы – из Ноттингема, например. Литографией для этих структур занимался в России Сергей Дубонос, а измерения и анализ производились в Неймегене.

Я обустроился на новом месте, и года через три у меня стало появляться свободное время. И я начал проводить то, что сегодня называю вечерне-пятничными опытами. Первый вечерне-пятничный опыт заключался в следующем. В одной лаборатории были древние и мощные 20-тесловые магниты, которые требовали гигаватты электроэнергии и дополнительные криостаты для проведения любых экспериментов.

Мне хотелось найти что-нибудь конкурентоспособное. И я нашел. Идея заключалась в изучении различных явлений в сильных магнитных полях при комнатной температуре. В литературе я обнаружил так называемое явление «магнитной воды». Вы можете купить маленькие магниты, надеть их на

«Понятие нового оснащения в СССР конца 1980-х гг. было нонсенсом»

«Гораздо интереснее найти новую экспериментальную систему, чем пытаться открыть новое явление в хорошо исследованной системе»





водопроводную трубу, и предположительно это избавит ее от отложений и налета в трубах и чайнике. Иногда это работает, иногда нет, и никто не знает, почему так случается. Но если у нас есть сильные магниты при комнат-

ной температуре, почему бы не посмотреть, что станет с водой в магнитном поле не постоянного магнита, а в гораздо более мощном поле? И я просто стал лить воду внутрь магнита. Я не могу объяснить, зачем я это де-

лал – заливание воды внутрь магнита не выглядит очень научно. Но ведь подобное оборудование есть во многих странах, многие лаборатории были ими оснащены в течение десятилетий, и никто подобных опытов не проводил.

Я ожидал, что вода выльется на пол, но вместо этого она «поплыла» и зависла в воздухе. Час у меня ушел на то, чтобы провести расчеты и понять природу этого явления. Оказалось, что виноват во всем диамагнетизм – очень слабый магнетизм, которым в той или иной степени обладают все предметы и существа.

Однако пятью годами ранее в журнале *Nature* вышла статья о том, что при комнатной температуре немагнитные вещества могут левитировать в сильном неоднородном магнитном поле. Работая с сильным магнитным полем, мы стали искать соответствующую литературу и наткнулись на эту статью, в которой явно чего-то не хватало. Обычно, когда представляют результаты неких научных исследований, их снабжают схемой или рисунком, но ничего подобного мы здесь не нашли. Однако такое явление надо было непременно как-то выделить, дабы донести до общественности тот факт, что так называемые немагнитные материалы на самом деле вполне себе магнитные. Мои коллеги начали выдвигать идеи одну блистательнее другой, что еще можно было бы подвесить, – от сыра и пиццы до помидоров и клубники.

Но в конечном итоге мы нашли то, что вызвало так называемый вау-эффект, или, говоря языком маркетинга, инструмент мгновенного привлечения. Этим эффектом стала обыч-

ная маленькая лягушка. Ведь если лягушки умеют летать, если свиньи умеют летать, то значит и люди умеют летать. Вы думаете, Нобелевская премия дает вам большую популярность? Что ж, эта ля-



гушка дала тогда популярность значительно более громкую.

Однако внутри, под покровом этой внешней пены, произрастало рациональное зерно. Понимание сильного магнитного поля и диамагнетизма претерпело изменение. Он более не воспринимался как незначительное явление. Во многих учебниках теперь красуется этот рисунок, и я уже привык к тому, что на очередной научной конференции ко мне подходит кто-нибудь и говорит: «А я вас знаю! Я ничего не понимаю в графене, но ваша лягушка!..» Я начинаю свои лекции по физике конденсированного состояния или физике магнетизма с показа этой картинки. И она привлекает внимание студентов. Им интересно узнать, почему лягушки летают и в чем заключается это явление.

Отсюда я сделал и еще один вывод: даже устаревшее оборудование вполне может выдать конкурентоспособный продукт. Кроме того, был и побочный эффект, который намекнул мне, что не стоит себя воспринимать слишком серьезно: я это понял, получив в 2000 г. за своих лягушек Шнобелевскую премию.

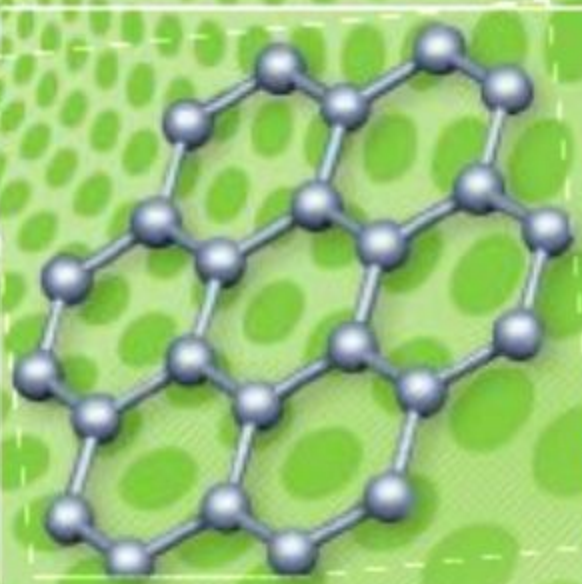
Через какое-то время я с женой перебрался в Манчестер, а чуть позже к нам присоединился Костя Новоселов (К.С. Новоселов получил Нобелевскую премию вместе с Геймом. – Прим. ред.). У нас была фактически пустая лаборатория, нулевой цикл. Не было даже оборудования для микрообработки, которое необходимо для проведения опытов.

Так что первоочередной задачей было обжиться в новой стране, в новой лаборатории и подготовить ее к нормальной работе. Мы это сделали с помощью Сергея Дубоноса, который еще в России занимался литографией. После чего я продолжил свои исследования в начатом ранее направлении. Мы начали публиковаться в престижных научных журналах. К 2003 г. у нас уже была прекрасно оборудованная лаборатория

«Не стоит себя воспринимать слишком серьезно – я это понял, когда в 2000 г. получил Шнобелевскую премию»

От Шнобеля к Нобелю

Андрей Гейм – первый и пока что единственный ученый, который стал лауреатом одновременно и Шнобелевской, и Нобелевской премий. Шнобелевки он удостоился в 2000 г. за «левитирующую лягушку», которую сфотографировал во время проведения опытов с сильным магнитным полем. Принесла хозяину сомнительную награду, сама «диамагнитная» лягушка получила фантастическую известность и мировую славу, оказавшись увековеченной во многих учебниках физики



ГРАФЕН – модификация углерода, представляющая собой плоский «лист» графита толщиной в один атом (моноатомный слой, или монослой), где атомы соединены в гексагональную двумерную кристаллическую решетку. Его также можно представить как одну плоскость графита, отделенную от объемного кристалла. Графен обладает великолепной электрической проводимостью, высокой теплопроводностью, исключительной прочностью и массой других удивительных свойств. До недавнего времени понятие графена не выходило за рамки теоретических разработок и было чем-то вроде модельной абстракции: считалось, что выделить и изолировать его не представляется возможным из-за его крайней нестабильности, хотя опыты в этом направлении проводились не одно десятилетие. Однако именно это удалось Андрею Гейму и Константину Новоселову, получившим Нобелевскую премию «за передовые опыты, касающиеся двумерного материала – графена». Они совершили научный прорыв, переведя графен из теоретической в практическую плоскость, и это открытие обещает колоссальные дивиденды, в том числе и в области нанотехнологий

с самыми современными комплексами микрообработки.

Обустроившись, мы возобновили вечерне-пятничные опыты. Это как с велосипедом – однажды научившись кататься, вы никогда не разучитесь. И один из первых опытов был связан с механизмом, позволяющим гекконам карабкаться по стенам и потолкам. Как им это удается, я узнал из статей Келлара Отома, и этот механизм оказался предельно простым. Дело в том, что пальчики гекконов покрыты волосками, и каждый волосок цепляется к поверхности за счет сил Ван-дер-Ваальса (*сила межмолекулярного притяжения. – Прим. ред.*). Эти силы микроскопические, но миллиард волосков в совокупности дают силу, достаточную для удержания гекконов.

Меня шокировало в этом опыте то, что механизм предельно прост, и пространственный масштаб совпадал с используемым мной в лабораторных опытах. Тогда мне пришла в голову идея воспроизвести этот механизм, создав некую искусственную липкую ленту, называемую сегодня гекконовой лентой. Она так и не достигла качества оригинала, но зато доказала правильность концепции. В нашем распоряжении был всего один квадратный сантиметр ленты, поэтому у нас не было возможности повесить Человека-паука с внешней стороны окна. Мы ограничились демонстрацией того, что она просто липкая и основана на том же самом принципе.

Говоря о вечерне-пятничных опытах, нужно признать, что мы потерпели не одну неудачу. Я могу припомнить порядка двух десятков. Как оказалось, некоторые из них были «почти попаданием», и я все еще размышляю над тем, почему я ожидал получить гораздо больший процент неудач и меньше успешных экспериментов, чем вышло на самом деле. Возможно, потому что когда со своего поля деятельности уходишь на другое, вероятность обнаружить что-то новое там выше, чем в своей области.

История графена

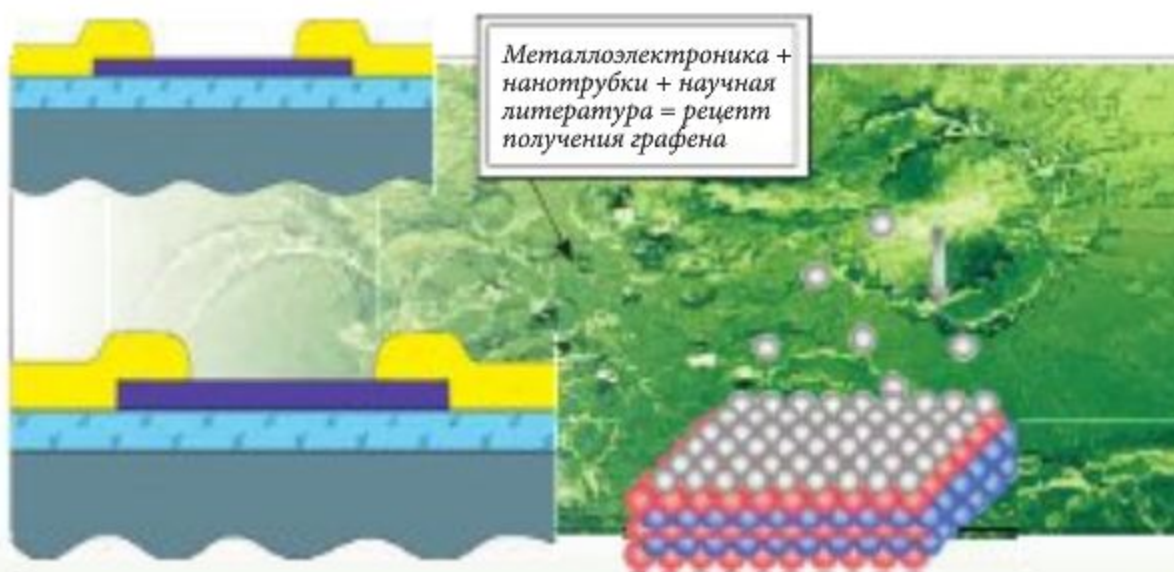
Теперь мы переходим к графену, который изначально тоже был предметом вечерне-пятничного опыта. Я пытался проанализировать, как мне пришла в голову эта идея, и понял, что сложилась она из трех маленьких облаков.

Первое облако мыслей приплыло из металлоэлектроники. По сути, этой идее уже более века. Берется кусок металла, включается электрическое поле, меня-

ется количество электронов, меняется проводимость и т.д. Все как у транзистора, только у нас вместо полупроводника – металл. Но потом мы проводим расчеты и обнаруживаем, что наведенная концентрация составляет лишь мизерную часть содержимого в одиночном слое металла,

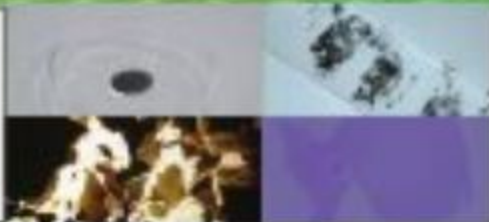
«Если даже такое нескладное устройство дало результат, то что будет, если мы применим весь имеющийся в лаборатории технический арсенал?»

а получить достаточно тонкую пленку удастся редко. И ученые пытались это сделать на протяжении долгого времени. Первым был Чарлз Мотт, отец сэра Нэвилла Мотта, нобелевского лауреата в области физики 1977 г., и Джозеф Джон Томсон дал ему именно такое задание – изменить концентрацию электронов в меди. Но у них ничего не получилось, и я узнал об этом от Виктора Петрашова. Я не вникал в эту тему, но она у меня осталась в подсознании. Я хотел пой-

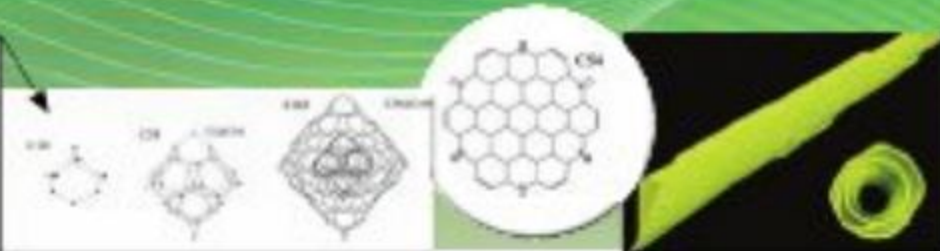


ти другим путем. Мы все знаем, что можно нарастить эпитаксиальную пленку, но новшество, которое я хотел внести, состояло в том, что если мы химическим способом удалим подложку, то у нас останется сверхтонкий монокристалл. Он может быть тоньше, чем обычный, полученный выпариванием, но кроме того, что немаловажно, он будет высокого качества. Я искал различные эпитаксиальные системы, но лучшее, что мне удавалось найти, было толщиной в несколько нанометров. Алюминий из Ноттингемского университета я даже не исследовал: я видел, что он слишком толстый и все равно бы мне не подошел.

Графитовая пластина; хлопья графита на скотче; оптическое изображение хлопьев графита; кристаллит графена размером в 1 мкм



Графен термодинамически нестабилен, но «нестабильность» не означает «невозможность»!



Второе облако пришло в 1990-х гг., когда было написано много чудесных научных докладов без каких-либо выводов о нанотрубках и особенно о нанотрубчатых транзисторах. Я присутствовал на многих конференциях, прочел массу журналов и каждый раз исходил слюной – как бы сделать что-нибудь подобное, но новое, отличающееся от сделанного ранее?

Третье облако, столь же важное, было литературным – особенно мне помогли обзоры Милли Дрессельхаус, откуда я узнал, что ученым еще не все известно о графите, несмотря на то что они изучают его сотни лет. Ничего не было сказано о тонких графитовых пленках, которые трудно получить. В то же время появились, я бы сказал,

«Если кто-то из вас недавно получил отказ от одного из глянце-вых научных журналов, значит ваш труд вполне может получить Нобелевскую премию»

провокационные статьи от групп Пабло Эскинази и Якова Копелевича, которые заявляли то же самое: тонкие графитовые пленки могут представлять собой интересные системы.

Таким образом, все три облака слились в некое подобие докторской диссертации. И целью ее было создание графитовой пленки минимальной толщины для изучения ее свойств.

Я дал аспиранту графитовую пластину и попросил с помощью нашего шикарного шлифовального станка сделать эту пластину как можно тоньше. После нескольких месяцев работы он пришел ко мне с чашкой Петри, на дне которой красовались миниатюрные хлопья графита – все, что осталось от пластины, – и заявил: «Я сделал это!» Я посмотрел в микроскоп: хлопья были толщиной в 5-10 микрон. Не было смысла их исследовать – слишком толстые. В то же время Олег Шклярский, старший научный сотрудник лаборатории, признал, что по ошибке вместо высокоупорядоченного пиро-литического графита дал нам высокоплотный пиро-литический графит, который хуже расщепляется. Олег видел наш безуспешный опыт, убежал на пять минут и принес ленту скотч с прилепленными к ней хлопьями графита. В микроскоп было хорошо видно, что хлопья здесь были гораздо тоньше, чем оставшиеся после шлифовки. Даже глядя сквозь ленту, можно было заметить, что они крайне тонкие, а некоторые даже просвечивали насквозь.

Нам потребовалось несколько месяцев, чтобы произвести мельчайшие хлопья графита, а спустя пару лет мы получили большой кристаллит графена, видимый невооруженным глазом. Для меня это был шок. Я пришел из по-воднического сообщества. Я знал о напылении пленочных покрытий, о физике полупроводников, о молекулярно-лучевой эпитаксии, прочел огромное количество трудов о том, как тяжело вырастить монослой... Количество попыток это сделать не поддается исчислению. Даже в условиях вакуума материал окисляется, и молекулы слипаются в «островки».

Я неплохо образован и знаю еще об одном контраргументе: следствии теоремы Мермина – Вагнера, согласно которой для выращивания чего бы то ни было необходима температура, близкая к температуре плавления, а при такой температуре колебания провоцируют трехмерный рост. Другими словами, двумерный рост возможен только в условиях крайне низких температур.

Продолжая изучать литературу, я узнал, что плоские листы углеродного материала термодинамически нестабильны до тех пор, пока их размер не достигнет 20 нанометров. Это очень много атомов. При меньших размерах происходит трехмерный рост. Поэтому основной вопрос заключается в том, как нам получить большой размер, минуя маленькие размеры, когда происходит внутренний рост? Но даже если мы вырастим большой кристалл, законы термодинамики нам поведают, что такой лист графена нестабилен, он должен скручиваться. Все эти вопросы актуальны и по сей день, и единственная причина существования графена та же, что и существования алмазов: в нормальных условиях он менее термодинамически стабилен, чем графит, – и мы имеем дело с системой, которая хоть и неустойчива, но все же вполне возможна.

Как получить графен? Его можно получить только трехмерным выращиванием, и я не знаю другого способа. Его либо надо выращивать на базе графита, после чего расслаивать, как это делали мы, либо как описано ранее – эпитаксиально, когда каждый последующий слой имеет ту же ориентировку, что и предыдущий, после чего каким-то образом удалить или отделить подложку. Иначе никак. Возможно, именно поэтому потребовалось столько времени, чтобы выделить графен.

Я полагаю, что до этого наиболее близкое описание выделенного графена содержалось в работе Хориуши: он наблюдал в электронный микроскоп дефекты в графене, которые соответствуют монослою. В 1995 г. Эббесен сложил некое подобие оригами, правда, толщиной в несколько слоев, да еще и на графите, но это была очень хорошая попытка. Некоторые ученые сумели вырастить монослой графена, но он был связан с подложкой и отдельно не выделен.

Так кому же принадлежит открытие графена? Покопавшись в старых публикациях, я думаю, справедливо будет сказать, что если это не древние римляне и не средневековые британцы, которые нашли залежи графита в Озерном крае, то, вероятнее всего, Бенджамин Броди. В 1859 г. он опускал графит в различные кислоты и в результате получил нечто похожее на слой нагара и желтоватую жидкость. Водный раствор. Он назвал его угольной кислотой и посчитал, что открыл новый элемент – графон с молекулярным весом 33. Но Броди ошибался, мы теперь знаем, что он получил взвесь кристаллитов графита.

Через 100 лет эту взвесь изучили под электронным микроскопом и увидели плавающие хлопья графита. Некоторые были очень тонкими, и хотя я не уверен, что они представляли собой монослой, для пользы дела можно

Самодельный прибор
Константина Новоселова –
изначально на стеклянной
пластине, затем на подложке
из оксида кремния



предположить, что там был и графен. Это было самое удачное наблюдение графена за 40 лет, пока Хориуши не обнаружил те самые дефекты.

Конечно, наши опыты в 2004 г. недвусмысленно показали, что такие монослои могут существовать, и мы предложили способы их получения. Но мы сделали и еще кое-что. Мы взяли маленький кристаллит графита и сделали из него приборчик. Это «чешуйка» графита толщиной с человеческий волос (50-100 микрон), и на него с помощью зубочистки наносятся серебряные контакты. Эту работу выполнял Костя, поскольку она требует ювелирной точности, и очень немногие из тех, с кем я работал, в состоянии были справиться со столь тонкой задачей.

Что удивительно – а это был август 2003 г., – эти устройства работали. Они работали, проводили ток, все контакты функционировали. А самое главное – если подать напряжение на базу, то сопротивление прибора меняется примерно на 3%. Он работал как металлический транзистор. Конечно, только сумасшедший определит эти 3% как транзистор, но я смотрел на это, и для меня это был «момент эврики», поскольку даже такое толстое и нескладное устройство с уродливыми контактами дало результат. И я подумал: а что будет, если мы применим весь имеющийся в лаборатории технический арсенал, включая литографию?

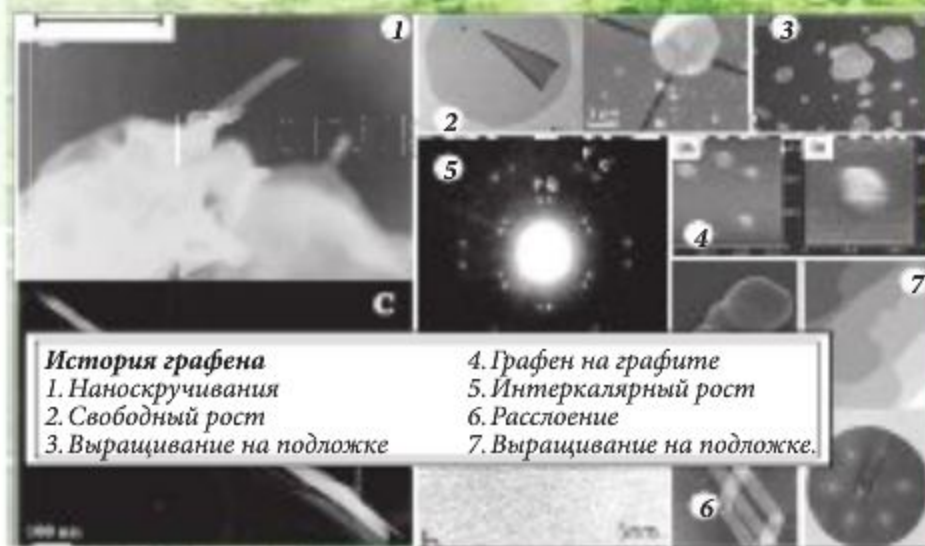
За следующий год мы сумели сократить размер прибора до монослоя, при этом результат с нескольких процентов поднялся до 30%! Наш труд был опубликован в журнале *Nature*. Нужно сказать, что добиться публикации было не намного легче, чем получить научный результат. Наша статья была дважды отвергнута журналом, но в этом тоже есть своя мораль: если кто-то из вас недавно получил отказ от одного из глянцевого научных журналов, значит ваш труд вполне может получить Нобелевскую премию.

Так в чем же важность нашей работы? Конечно, мы выделили кристаллы графена. Это здорово, но это не

главное. Мы обнаружили, что, меняя напряжение на базе, мы можем изменять свойства материалов. Возьмите золотую пленку. Что с ней ни делай, она останется золотой пленкой. А здесь с помощью внешнего электрического поля мы можем превратить графен либо в металл, либо в полупроводник

С помощью внешнего электрического поля мы можем превратить графен либо в металл, либо в полупроводник

Это огромное разнообразие свойств для одного материала. Мы называем это амбиполярным эффектом электрического поля.



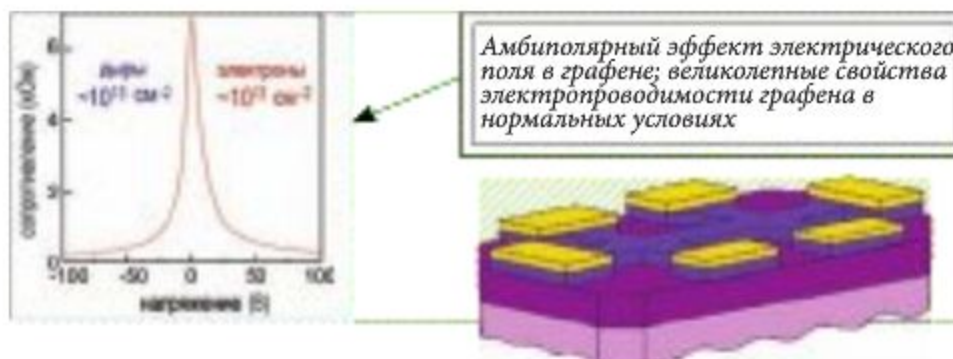
История графена

- 1. Наноскручивания
- 2. Свободный рост
- 3. Выращивание на подложке
- 4. Графен на графите
- 5. Интеркалярный рост
- 6. Расслоение
- 7. Выращивание на подложке

Не менее важно и высокое качество объекта. Обычно считается, что чем тоньше пленка, тем хуже ее качество. Но мы имеем монослой не в вакууме, не при низких температурах, а в нормальных условиях, с литографией, с осадками и грубой подложкой – и несмотря на это, электроны пролетают ее с огромной скоростью и без помех. Качество имеет огромное значение, и мы открыли множество удивительных свойств именно благодаря высочайшему качеству. Наш труд не просто описал графен, он открыл его в новом обличье. В обличье высококачественной двумерной системы, и не только.

В последующие годы мы изучали полученные результаты и обнаружили массивные и безмассовые дираковские частицы, две новых разновидности квантового эффекта Холла, универсальную фотопроводимость, туннельный эффект

«Мы получили философский камень: стоит только начать работать с каким-то свойством графена, как получишь что-то новое. Это удивительно многообещающая система, какой у нас еще не было!»



Амбиполярный эффект электрического поля в графене; великолепные свойства электропроводности графена в нормальных условиях

Кляйна и т.д. Многие научные группы внесли свою лепту в эти замечательные исследования, в эту работу. По сути, мы получили философский камень: стоит только начать работать с каким-то свойством графена, как получишь что-то новое, что-то уникальное. Это удивительно многообещающая система, какой у нас еще не было!

Ну что ж, мое время вышло, и мне остается лишь поблагодарить тех людей, которые сделали вклад в нашу работу. Сережа Морозов и Костя Новоселов проводили измерения. Кристаллиты были предоставлены людьми, занятыми микрообработкой, среди которых Юан Жанг и Анатолий Фирсов. А Ирина Григорьева помогала с наблюдениями и исследованиями.

На этом я хотел бы закончить и поблагодарить вас всех за внимание! ■

Подготовил Виктор Фридман



Константин Новоселов



Сергей Дубонос



Сергей Морозов



Ирина Григорьева



Юан Жанг



Анатолий Фирсов





ВРАГ ВНУТРИ НАС

Глобальное распространение бактерий, вооруженных новыми механизмами защиты от антибиотиков, вскоре оставит население Земли один на один с инфекционными заболеваниями

Photograph by Darren Braun

Мэрин Макенна

В начале лета 2008 г. Тимоти Уолш (Timothy Walsh) из Кардиффского университета в Уэльсе (Англия) получил по электронной почте письмо от Кристиана Йиске (Christian Giske), одного из врачей Каролинского института в Швеции. В нем говорилось о 59-летнем мужчине, госпитализированном в январе прошлого года в Эребру, небольшом городе вблизи Стокгольма. Пациент уже много лет был болен диабетом, перенес несколько инсультов, а теперь ко всему добавились пролежни. Но более всего Йиске беспокоил анализ мочи, в которой неожиданно появились патогенные бактерии. Не желает ли Уолш, занимающийся выявлением генетических основ лекарственной устойчивости микроорганизмов, взглянуть на них?

Уолш согласился, и после тщательного исследования полученного биоматериала пришел к выводу: патоген – это бактерия *Klebsiella pneumoniae*, самый распространенный возбудитель таких болезненных инфекций, как воспаление легких и заражение крови. Этот конкретный штамм, однако, имел одну особенность – в его ДНК присутствовал ген, совершенно новый для Уолша. Он обеспечивал микроорганизму, и без того устойчивому ко многим антибиотикам, невосприимчивость к карбапенемам, единственной эффективной до сих пор группе противомикробных препаратов. Штамм *Klebsiella*, поразивший больного из Швеции, реагировал только на колистин, давно вышедший из употребления по причине токсичности. Уолш назвал фермент, кодируемый новым геном, метало-бета-лактамазой из Нью-Дели (*NDM-L*). В этом городе и заболел пациент Йиске перед самым возвращением в Швецию.

«Если есть один такой случай, – подумал Уолш, – то почему бы не быть и другим?» И вместе с Йиске и группой сотрудников занялся их поиском; в августе 2010 г. появились

результаты. В статье, опубликованной в журнале *Lancet Infectious Diseases*, сообщалось об обнаружении 180 индивидов, несущих упомянутый ген. Оказалось, что *NDM-L*-ген широко распространен среди *Klebsiella* в Индии и Пакистане и уже появился в Англии. Новый штамм завезли из Южной Азии. Но что совсем уж плохо – отмечено несколько случаев передачи гена *NDM-L* от *Klebsiella* к *Escherichia coli*, бактерии, обитающей в желудочно-кишечном тракте всех теплокровных животных и широко распространенной в окружающей среде. Сразу же возникли опасения, что ген-вредитель выйдет за стены больниц и незаметно расползется по всей планете, до поры до времени никак себя не проявляя. Это тем более вероятно, что его носитель – *E. coli* – передается при рукопожатии, поцелуе и т.д.

Есть и еще один повод для беспокойства: может произойти нарушение неустойчивого равновесия, установившегося между микробами и медикаментами после 1929 г., когда был открыт пенициллин. Случись такое – и многие инфекционные заболевания, чье распространение долгие годы сдерживалось антибиотиками, станут неизлечимыми.

Новый механизм резистентности

Устойчивость бактерий к антибиотикам – далеко не новость. Лет ей примерно столько же, сколько

и самим препаратам: первая бактерия, обладающая такой способностью, появилась в 1940-х гг., еще до того как пенициллин вошел в медицинскую практику в полном объеме. И с тех пор врачи по всему земному шару бьют тревогу по поводу распространения неуязвимых микроорганизмов: в 1950-х гг. это были бактерии, резистентные к пенициллину, в 1980-х гг. – к метициллину, в 1990-х гг. – к ванкомицину.

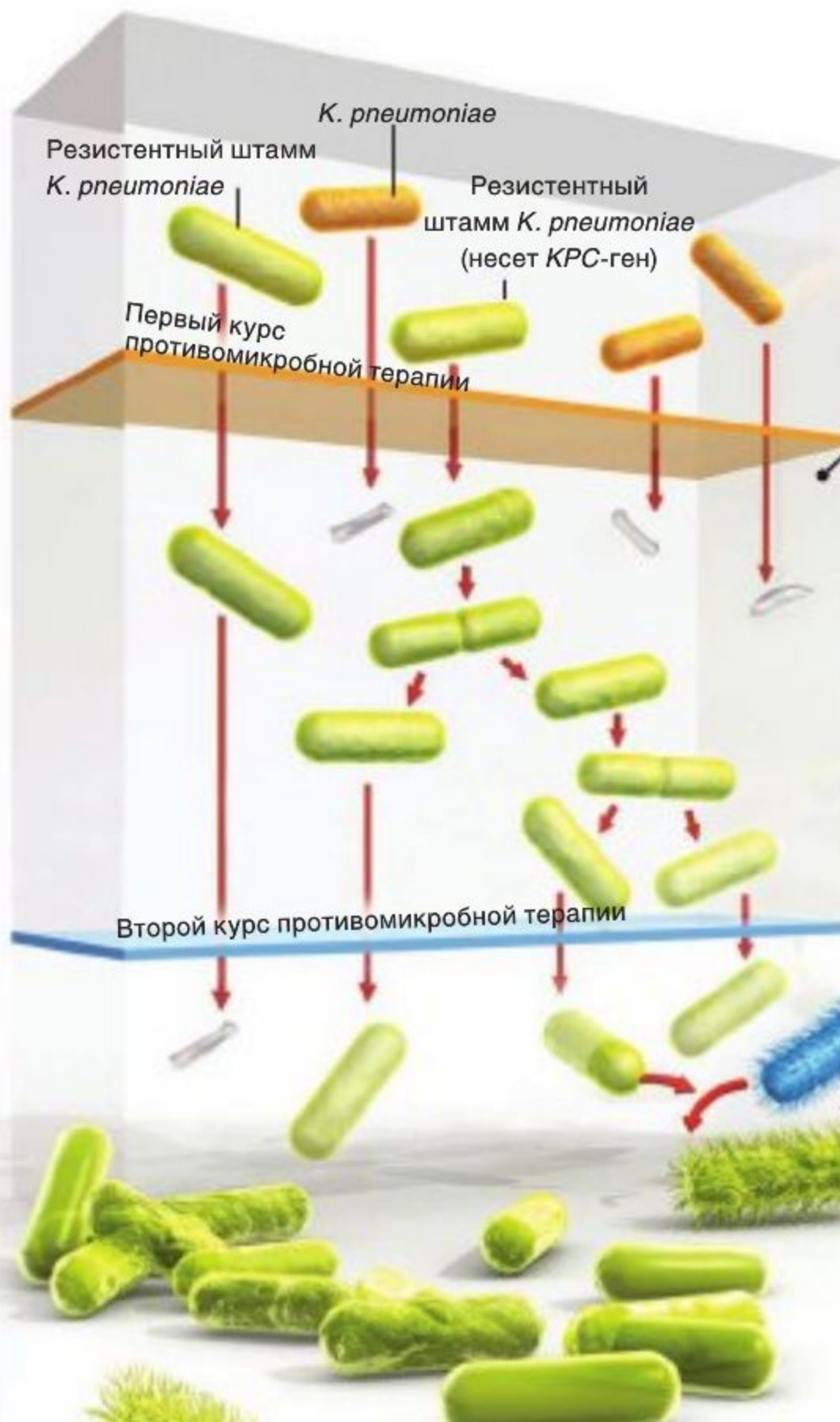
Однако сегодня тревожные сигналы, свидетельствующие об окончании эры антибиотиков, поступают из другой части мира бактерий. Гены, обеспечивающие невосприимчивость к антибиотикам, – не только *NDM-L*, но и целый спектр других, – обнаружены у самых разных грамотрицательных бактерий, названных так (наряду с грамположительными) по фамилии датского биолога XIX в. Кристиана Грама, который использовал красители для идентификации микроорганизмов. Грамотрицательные бактерии изначально менее восприимчивы к действию лекарственных веществ, чем грамположительные, благодаря наличию у них наружной мембраны, особенностям состава и строения мембранного аппарата, а также присутствию внутриклеточных защитных механизмов. Вдобавок ко всему они легко обмениваются с другими бактериями кусочками своей ДНК, поэтому ген резистентности к антибиотикам, обнаружен-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

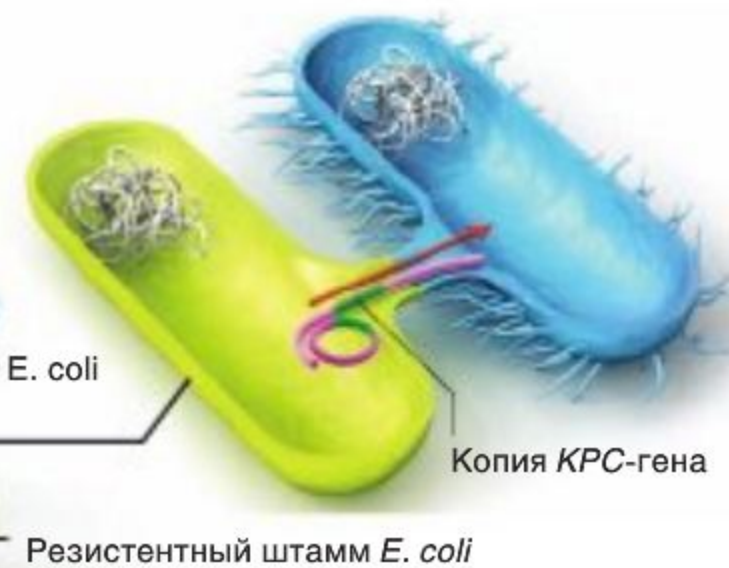
- Новый тип резистентности появился у широко распространенных патогенов – грамотрицательных бактерий. Это может привести к тому, что самые обычные инфекционные заболевания станут неизлечимыми.
- Устойчивость к карбапенемам, последней надежде инфекционистов, обеспечивают такие бактериальные гены, как *NDM-L* и *KPC*.
- Невосприимчивость к карбапенемам грамотрицательных бактерий вызывает особые опасения. Во-первых, они широко представлены в окружающей среде, во-вторых, охотно обмениваются своими генами с бактериями других групп. Кроме того, против них не остается никаких средств защиты.
- Сочетание этих факторов означает, что в недалеком будущем многие не опасные ранее инфекционные заболевания станут неизлечимыми.

РУЛЕТКА РЕЗИСТЕНТНОСТИ

Широкое применение антибиотиков, избавляющих нас от инфекционных заболеваний, привело к новой напасти – появлению высокорезистентных бактериальных штаммов. Те из них, которые представлены ниже, берут свое начало от бактерии *Klebsiella*, несущей ген *KPC*. Последний обуславливает устойчивость к антибиотикам карбапенемам. Многократные малоэффективные курсы противомикробной терапии «расчищают дорогу» *KPC*-бактериям, и те начинают бурно размножаться. Но что еще хуже, *Klebsiella* и другие грамотрицательные бактерии легко передают *KPC* и подобные им гены разным видам микробов, и те тоже становятся невосприимчивыми к терапии



ШИРОКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ АНТИБИОТИКОВ СПОСОБСТВУЕТ ПОЯВЛЕНИЮ РЕЗИСТЕНТНОСТИ
 В среде, «купающейся» в антибиотиках (например, в блоках интенсивной терапии), выживают только бактерии, которые несут гены резистентности к ним. Ген *KPC* (схема вверху) кодирует фермент (зеленый цвет), атакующий молекулу карбапенема (оранжевый цвет) еще на подходе к внутренней мембране



ГЕН РЕЗИСТЕНТНОСТИ РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ СРЕДИ БАКТЕРИЙ ДРУГИХ ВИДОВ

KPC-ген входит в состав внехромосомной кольцевой молекулы ДНК-плазмиды. При конъюгации (одной из форм полового процесса) между двумя бактериальными клетками («мужской» и «женской») образуется мостик, по которому плазмида, несущая *KPC*-ген, перемещается в клетку-партнера. Среди грамотрицательных бактерий этот процесс распространен особенно широко. В результате клетки, никогда ранее не встречавшиеся ни с какими антибиотиками, становятся нечувствительными к ним. *KPC*-резистентность представляет особую опасность, поскольку соответствующий ген передается от *Klebsiella* к *E. coli* и другим грамотрицательным бактериям, вызывающим обычные инфекционные заболевания

Illustration by Bryan Christie

ный у *Klebsiella*, без труда включается в геном *E. coli*, *Acinetobacter* и других бактерий данной группы. Все эти факторы создают условия для быстрого распространения генов, сходных с *NDM-L*, за пределы медицинских учреждений.

Резистентность к карбапенемам уже привела к тому, что такие больничные инфекции, как те, виновниками которых становится *Klebsiella*, перешли в ранг трудноизлечимых. Теперь в распоряжении врачей остается совсем немного средств борьбы с ними, да и они малоэффективны или высокотоксичны.

Больничные инфекции, даже плохо поддающиеся лечению, все же не остаются незамеченными, поскольку обычно возникают у пациентов, находящихся под наблюдением врачей. Чаще всего это престарелые люди, инвалиды, те, кто находится в блоках интенсивной терапии. Основная проблема для медиков – возможность незаметного распространения генов резистентности к карбапенемам в составе таких возбудителей часто встречающихся инфекционных заболеваний, как патогенные штаммы *E. coli*. Представьте, что пациентка приходит к своему лечащему

врачу с жалобами на частое мочеиспускание и болезненность процесса. Ей ставят диагноз «цистит» и назначают обычные для таких случаев антибиотики, не подозревая, что возбудитель к ним нечувствителен. Инфекция распространяется выше, захватывает почки, а потом и кровеносную систему. «Может оказаться так, что лечить больную будет нечем», – говорит Уолш.

Сдача позиций

Почти для любого существующего антибиотика бактерии создали систему защиты. В свою очередь, практически со всеми системами защиты фармацевты научились справляться. Так было до недавнего времени.

За 80 с небольшим лет, в течение которых шло перетягивание каната, равновесие постепенно смещалось в сторону бактерий. Ведь, в конце концов, у них есть такое мощное оружие, как эволюция. Одно поколение бактерий сменяется другим каждые 20 минут, а на создание нового антибиотика уходит до десяти лет. Далее, с его появлением сразу же запускается процесс выработки резистентности к нему, усиливая давление отбора. Обычно атаку антибиотиков выдерживает какая-то небольшая часть популяции бактерий. Оставшиеся в живых экземпляры начинают быстро размножаться, осваивая территорию, расчищенную антибиотиками, которые уничтожили их менее удачливых собратьев, и «рассеивая» свои гены резистентности. (По этой причине так важно не прерывать антибиотикотерапию на полпути). Но резистентность не только передается по наследству. Обмениваясь сегментами ДНК, бактерии могут приобретать ее без всякого отбора под действием лекарств.

Проследить данный процесс можно на примере эволюции *Staphylococcus aureus*, грамположительной (без наружной мембраны) бактерии: сначала на нее перестал действовать пенициллин, потом синтетические пенициллины

(в том числе метициллин), затем цефалоспорины (например, кефлекс) и наконец ванкомицин, последняя надежда врачей. Тем же путем шла эволюция грамотрицательных бактерий: после пенициллина они одержали верх последовательно над цефалоспоридами, макролидами (эритромицином и азитромицином) и линкозамидами (клиндамицином). До недавнего времени не сдавали позиций только карбапенемы – последний барьер на пути от излечимых к неизлечимым инфекционным заболеваниям. Это недорогие и эффективные препараты широкого спектра действия.

Грозящую всему человечеству катастрофу можно предотвратить только с помощью антибиотиков нового типа. Если их не будет в течение ближайших десяти лет, мы рискуем остаться один на один с неизлечимыми инфекционными заболеваниями на неопределенно долгое время.

«Крайне трудно найти новые лекарственные вещества, которые убивали бы вооруженных до зубов грамотрицательных супербактерий и не вредили нашему организму», – признается Дэвид Шлез (David Shlaes), врач и консультант по разработке новых лекарственных средств. Самым последним антибиотиком, эффективным в отношении грамотрицательных бактерий, был дорипенем. Он получил одобрение FDA в 2007 г.

Даже если бы дело ограничивалось сотней случаев обнаружения гена *NDM-L*, то и тогда стоило бить тревогу. Но за последние пять лет в разных частях света был идентифицирован другой ген подобной резистентности, названный *KPC* (от *Klebsiella pneumoniae carbapenemase*). Его появление ознаменовалось такими же эффектами, как и те, что сопровождали выход на сцену бактерий, устойчивых к пенициллину в 1950-х гг., и метициллинустойчивого золотистого стафилококка (*MRSA*) в 1990-х гг.: сначала вспышки инфекций в медицинских учреждениях, затем распространение болезни за их пределами.

Если в ближайшее время не появятся антибиотики нового типа, способные уничтожать супербактерии, мы рискуем остаться один на один с неизлечимыми инфекционными заболеваниями

ГЛОБАЛЬНАЯ УГРОЗА

В течение четырех лет после того, как в одной из больниц Северной Каролины был впервые идентифицирован *KPC*-ген, никаких следов его присутствия в других местах не отмечалось. И вот в 2000 г. произошел целый ряд вспышек заболеваний, вызванных *KPC*-бактериями, в нескольких больницах Нью-Йорка. Затем неуязвимые бактерии обнаружили во Франции, Колумбии, Канаде, Греции и Китае. После очередной вспышки – теперь в Израиле – инфекция распространилась на Англию, Норвегию и другие европейские страны

- Северная Каролина, 1996
- Нью-Йорк, 2000
- Париж, 2005
- Инциденты, произошедшие позже
- Штаты, в которых к 2010 г. документально подтверждено наличие *KPC*-резистентности (всего 37)

Скрытая угроза становится явной

Статья Уолша и Йиске о распространенности гена *NDM-L* вызвала чуть ли не международный скандал. Органы здравоохранения Индии (напомним, что именно там заболел пациент Йиске) заявили, что врачи западноевропейских государств попросту хотят подорвать медико-туристический бизнес, бурно развивающийся в их стране.

Первые упоминания о гене *KPC*, однако, никакой реакции не вызвали. Он был обнаружен в одной из сотен бактериальных проб, собранных в 1996 г. в разных больницах США в рамках проекта *ICARE (Intensive Care Antimicrobial Resistance Epidemiology)*. Цель проекта заключалась в мониторинге последствий применения антибиотиков в блоках интенсивной терапии и других больничных отделениях, чтобы обнаружить места возможного появления резистентных штаммов микроорганизмов.

В одной из проб, полученных из обычной больницы в Северной Каролине, содержалась *Klebsiella*. Ни-

какого удивления это не вызвало. *Klebsiella* – возбудитель наиболее распространенных больничных инфекций – начинает доминировать в популяции бактерий вследствие широкого применения мощных антибиотиков при лечении тяжело больных. Но если само появление упомянутого патогена в реанимационном отделении не было чем-то экстраординарным, то результаты его изучения встревожили микробиологов. Как и ожидалось, изолят из Северной Каролины был устойчив к пенициллинам и множеству других антибиотиков. Но на него не действовали и два карбапенема – имипенем и меропенем, последнее прибежище в борьбе с *Klebsiella*. Резистентность не была абсолютной, но для уничтожения патогена требовались огромные дозы антибиотиков. Фермент, обеспечивающий невосприимчивость, обезвреживал антибиотик еще до того, как тот проникал через внутреннюю мембрану бактериальной клетки.

Это была первая встреча с резистентностью нового для микробиологов типа, но их чуткое ухо

сразу же уловило едва слышимый сигнал тревоги. Как реагировать на него, было непонятно. Обнаруженный изолят был единственным и оставался таковым долгое время.

Вспышка инфекции в Нью-Йорке

Ситуация не менялась в течение нескольких лет. Но в середине 2000-х гг. сразу в четырех блоках интенсивной терапии Медицинского центра Лангона при Нью-Йоркском университете (он расположен в южной части Манхэттена) началось распространение инфекционного заболевания, вызванного штаммом *Klebsiella*, устойчивым почти ко всем опробованным типам антибиотикам, в том числе и к карбапенемам. У 14 пациентов развилась тяжелая пневмония и возникло заражение крови, десять других были носителями *KPC*-штамма и не обнаруживали никаких симптомов. Из этих 24 человек восемь умерли. Как показали микробиологические исследования, «нью-йоркский» штамм *Klebsiella* обладал таким же *KPC*-геном, как и «северокаролинский».

Вскоре работники центра убедились на собственном опыте, как трудно избавиться от нового опасного штамма. Поскольку никакие антибиотики на него не действовали, оставался один, проверенный десятилетиями способ: дезинфекция. Зараженных больных поместили в изолятор, медицинский персонал обязали надевать перчатки и стерильные халаты, тщательно мыть руки с мылом и ополаскивать их дезинфицирующим раствором. Помещения, где ранее находились больные, подвергли специальной обработке. Когда и это не помогло, сменили дезинфицирующие средства. Инфекция не отступала, и тогда все силы были брошены на то, чтобы установить, нет ли каких огрехов в обращении с инфицированными. Оказалось, что при смене мешка, куда собирают мочу больных, у которых инфекция распространилась на мочеполовую систему, капельки мочи попадают и на больного, и на медицинских работников, и на окружающие предметы. Чтобы взять ситуацию с *Klebsiella* под контроль, понадобился год.

Два года спустя такой же штамм обнаружился в больницах Бруклина, в другой части Нью-Йорка. В одной из клиник в августе 2003 г. были выявлены два инфицированных пациента. Их немедленно поместили в изолятор, приняли все меры, чтобы избежать утечки микробов, и тем не менее к концу февраля 2004 г. там появилось еще 30 носителей убийственного штамма. В другой бруклинской больнице в декабре 2003 г. был обнаружен один заразившийся, в феврале 2004 г. число таких пациентов увеличилось до трех, а в мае их стало на 24 больше. И все это происходило на фоне беспрецедентных мер защиты.

Весной 2005 г. *KPC*-бактерии попали в Гарлемский госпиталь, вызвав заражение крови у нескольких пациентов. Выжили только двое. Аналогичный случай произошел и в медицинском центре Маунт-Синай, расположенном на Манхэтте-

не. Здесь сразу начали тестирование всех больных, находящихся в трех блоках интенсивной терапии, надеясь локализовать источник заражения. Проведенное обследование показало, что 2% больных – носители резистентного штамма. Никаких симптомов у них не обнаружилось, но существовал высокий риск инфицирования других пациентов и медицинского персонала.

Больницы Нью-Йорка стали настоящим рассадником резистентного штамма *Klebsiella*. Собранный в них в 2007 г. биоматериал содержал данный штамм в 21% случаев, в то время как в других регионах страны эта цифра не превышала 5%. В 2008 г. в одном из нью-йоркских госпиталей частота встречаемости *KPC*-гена составила 38%.

В блоках интенсивной терапии по определению находятся тяжело больные люди, которые умирают по разным причинам – от последствий тяжелых травм, от рака, после операций по удалению жизненно важных органов и т.д. Но в некоторых случаях причина смерти бывает одна – больничная инфекция, не поддающаяся никакой терапии.

Глобальное распространение

Из Нью-Йорка резистентный штамм *Klebsiella* стал распространяться в другие регионы. Первыми пострадали штаты, чаще всего посещавшиеся нью-йоркцами: Нью-Джерси, Аризона и Флорида. Затем очередь дошла до более отдаленных мест.

Устойчивость к карбапенемам не относится к числу тех инцидентов, о которых необходимо оповещать органы здравоохранения. Поэтому истинные масштабы распространенности *KPC*-генов неизвестны. Некоторое представление о положении дел дает следующий факт: в 2009 г. ген был обнаружен в половине чикагских больниц у нескольких пациентов, а годом позже доля таких клиник составила 65%. К концу 2010 г. *KPC*-штамм

серьезно осложнил ситуацию в медицинских учреждениях 37 штатов. Обнаружилось, что больницы совершенно не подготовлены к нашествию нового патогена. «Мы все больше убеждались, что присланные нам изоляты – не новички в тех местах, где они получены, – говорит один из сотрудников Центра по контролю распространения инфекционных заболеваний. – Ретроспективный анализ показал, что они встречались там и раньше, но оставались незамеченными».

В феврале 2005 г. 80-летнему мужчине, у которого пять лет назад обнаружился рак предстательной железы, понадобилась срочная медицинская помощь. Его отвезли в одну из больниц Парижа. Обследование показало, что больной – носитель *KPC*-штамма, который он скорее всего приобрел, когда несколько месяцев назад оперировался в Нью-Йорке. Вскоре патоген появился в Колумбии, Канаде, Китае и Греции. Он вызвал вспышку заболевания в одной из больниц Тель-Авива, откуда через пациентов и обслуживающий персонал попал в Англию, Норвегию, Швецию, Польшу, Бразилию и Италию.

Что дальше?

Глобальное распространение резистентности к карбапенемам, обусловленное наличием у микроорганизмов *KPC*-, *NDM-L*- и других генов, считается сегодня «событием мирового значения». С таким заявлением выступила в ноябре прошлого года Всемирная организация здравоохранения. Стимулом к нему послужил – в числе прочего – тот факт, что для борьбы с подобными патогенами не осталось почти никаких лекарственных средств: эффективны всего несколько антибиотиков, но и они далеки от идеала. В их числе – тайгециклин, одна из сравнительно недавних (2005) находок, и колистин, полученный десять лет назад. Тайгециклин относится к новому классу антибиотиков – глицилциклинам. Поскольку раньше бактерии с ним и не встречались, резистентность у них пока

УТОЧНЕННЫЙ ПРОТОКОЛ

Переносчиками резистентных бактерий часто невольно становятся медицинские работники. Больницы, в которых обнаружен устойчивый к антибиотикам микроорганизм, обязаны принимать дополнительные гигиенические меры

ИДЕНТИФИКАЦИЯ

Во Франции для того чтобы не пропустить ни одного случая попадания в больницу резистентных бактерий извне, у поступающих в стационар пациентов с историей болезни, вызывающей сомнения, берут мазок из прямой кишки и проверяют материал на наличие опасных патогенов

СТЕРИЛИЗАЦИЯ

Врачи и обслуживающий медицинский персонал регулярно моют руки с мылом и ополаскивают их дезинфицирующим раствором, а также работают в перчатках. Больных ежедневно обрабатывают антисептиками. Все поверхности в палатах тщательно дезинфицируют. Это же относится к дверным ручкам, разного рода кнопкам и выключателям, клавиатуре компьютеров

МОНИТОРИНГ

Образцы микрофлоры собирают и анализируют до тех пор, пока мультирезистентные штаммы не перестают обнаруживаться





ОБ АВТОРЕ

Мэрин Макенна (Maryn McKenna) – независимый научный журналист. Она готовит свои репортажи о вспышках инфекционных заболеваний, находясь в самой гуще событий. Автор двух научно-популярных книг на эту тему.

не выработалась. Но тайгециклин слишком медленно распространяется с кровью и с трудом проникает в мочевой пузырь, поэтому для борьбы с заражением крови и инфекциями мочеполовой системы он не годится. Кроме того, по требованию FDA на вкладышах с описанием препарата появилось дополнительное предупреждение, что у некоторых тяжелобольных с приемом тайгециклина повышается вероятность летального исхода. Колистин, относящийся к немногочисленной группе антибиотиков под названием полимиксины, имеет свой недостаток. За ним давно закрепились репутация препарата, вредного для почек, но кроме того, он с трудом проникает в органы-мишени. Это с самого начала ограничило его широкое применение, благодаря чему, возможно, к нему и не выработалась резистентность. Но в последнее время данное преимущество колистина постепенно утрачивается.

В результате в арсенале врачей не остается ничего. В период между 1998 и 2008 гг. FDA разрешила к применению 13 новых антибиотиков. Только три из них обладали не встречавшимся ранее механизмом действия, а потому бактерии не могли выработать резистентность к ним. В 2009 г. Сооб-

щество инфекционистов США решило выяснить, сколько разработок в сфере поиска новых лекарств приходится на долю антибиотиков. Оказалось, что из многих сотен предложений, поступающих в FDA ежегодно, таких всего 16. Восемь из новых антибиотиков эффективны в отношении грамотрицательных бактерий, но нет ни одного, уничтожающего высокорезистентные штаммы KPC и NDM-L.

На фоне такой статистики большинство фармацевтических компаний (не заявляя об этом открыто) решило, что найти средство борьбы с карбапенемрезистентными грамотрицательными бактериями настолько трудно, а его эффективность в случае успеха будет так недолговременна, что игра не стоит свеч. «Мы находимся в ситуации, когда в новые разработки необходимо вкладывать не много, а очень много средств, – говорит Уолш. – К тому же нужны не один-два антибиотика, а десять-двадцать».

Угроза эпидемий инфекционных заболеваний, не поддающихся никакой терапии, заставила больничные учреждения пересмотреть систему профилактики. Теперь в перечень превентивных мер включена ежедневная обработка антисептиками самих пациентов, больничных палат и процедурных кабинетов, а также дверных ручек, клавиш компьютеров, выключателей и т.д.

Самые последние данные о ситуации с KPC-штаммом показывают, насколько бдительным должен быть весь персонал медицинских учреждений. В прошлом году 28 пациентов двух больниц во Франции были инфицированы резистентным штаммом *Klebsiella* при эндоскопическом обследовании желудка. При этом, по заверению администрации, все меры предосторожности неукоснительно соблюдались.

Тщательному обследованию подвергаются сегодня и пациенты при поступлении в стационар. Во Франции, например, исследуют мазок из прямой кишки у всех пациентов, лечившихся перед этим в дру-

гих странах. Вот что говорит Патрис Нордман (Patrice Nordmann), заведующий отделом бактериологии и вирусологии госпиталя Бисетр в Париже (он участвовал в лечении первого во Франции больного, инфицированного KPC-штаммом): «Мы немедленно его изолировали и подняли тревогу. Вспышки удалось избежать».

В 2009 г. агентство CDC опубликовало руководство по контролю распространенности карбапенемрезистентных бактерий в помощь медицинским учреждениям. Стратегия тестирования всех поступающих в больницы пациентов, как это делают во Франции, не получила безоговорочного одобрения, поскольку данные бактерии распределены по странам слишком неравномерно, чтобы тратить на соответствующие процедуры столько сил и средств.

Предотвращать проникновение карбапенемрезистентных штаммов в клиники необходимо для того, чтобы избежать инфицирования не только ослабленных больных, но и персонала. Профессор медицины Джон Куэйл (John Quale), отслеживавший распространение KPC-инфекции в Нью-Йорке, полагает, что ее переносчиками могли быть врачи, младший и средний медицинский персонал, которые работали параллельно в нескольких больницах. И еще более важно не допустить передачи гена KPC другим видам бактерий, прежде всего непатогенным штаммам *E. coli*, в изобилии присутствующим не только в организме человека, но и в окружающей среде.

По крайней мере один такой случай уже произошел. В 2008 г. пациентом одного израильского врача оказался престарелый мужчина, очень слабый, но при поступлении не проявлявший никаких признаков инфицирования карбапенемрезистентными бактериями. В первую же неделю пребывания в больнице обнаружилось, что он заражен KPC-штаммом. Через месяц ген резистентности перешел от *Klebsiella* в *E. coli*, обитавшую в организме

больного. Так появился штамм кишечной палочки, чувствительный к антибиотикам только в очень высоких дозах. Распространение нового патогена произошло в больнице под эволюционным давлением отбора в результате приема лекарств. В январе 2011 г. микробиологи из Гонконга сообщили об инциденте обмена генами вне медицинского учреждения. В одну из местных поликлиник обратился пациент – носитель штамма *E. coli*, содержащей ген *NDM-1*. Ни в какой больнице он до этого не лежал.

Заглядывая вперед, микробиологи с тревогой ожидают появления суперстойких штаммов грамотрицательных бактерий задолго до того, как будут найдены подходящие антибиотики. Три года назад в больнице Св. Винсента на Манхэттене находились двое па-

циентов, инфицированных штаммом *Klebsiella*, который не реагировал ни на один известный антибиотик. Один больной выжил, другой умер. Врачи, борющиеся за их жизнь, писали в одном из медицинских журналов: «Кто бы мог подумать, что в высокоразвитой стране больной может умереть от инфекционного заболевания по причине отсутствия эффективных терапевтических средств!» Если темпы эволюции бактерий не снизятся, а поиски новых лекарств против них продолжатся с той же «эффективностью», то случаи, подобные только что описанному, перестанут быть исключением. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Carbapenem-Resistant Enterobacteriaceae: A Potential Threat. M.J. Schwaber and Y. Carmeli in *Journal of the American Medical Association*, Vol. 300, No. 24, pages 2911-2913; December 24, 2008.

■ The Spread of *Klebsiella pneumoniae* Carbapenemases: A Tale of Strains, Plasmids, and Transposons. L.S. Munoz-Price and J.P. Quinn in *Clinical Infectious Diseases*, Vol. 49, No. 11, pages 1736-1738; December 1, 2009. <http://cid.oxfordjournals.org>

■ Does Broad-Spectrum Beta-Lactam Resistance Due to NDM-1 Herald the End of the Antibiotic Era for Treatment of Infections Caused by Gram-Negative Bacteria? P. Nordmann et al. in *Journal of Antimicrobial Therapy*. Опубликовано онлайн 28 января 2011 г.



Познавательный журнал для хороших людей

Выходит 6 раз в год

Читайте в № 37 (1), 2011 г.:

ИЗ АТМОСФЕРЫ – В КОСМОС

«Подогревая» пабегающий сверхзвуковой поток можно активно управлять обтеканием воздушно-космического самолета

ПРИНЦИП КЕРОСИНОВОЙ ЛАМПЫ

Лазерный микродвигатель для наноспутников работает по принципу керосиновой лампы

КОГДА В КОСМОСЕ ЖАРКО

В холодном космическом пространстве существует опасность перегрева систем космического корабля

ЗЕМНАЯ ПРОЕКЦИЯ ЗВЕЗДНОЙ СУДЬБЫ

Большую часть жизни Александр Шаргей прожил под именем Юрия Кондратьева, которое несет сегодня лунный кратер, астероид и городская площадь

«СЛЕПКИ» ЖИЗНИ

Полимеры с «молекулярной памятью» можно будет использовать в качестве «пластиковых» антител

СВЕТ ДАЛЕКОЙ ЗВЛАДЫ

В кошке долгих странствий серебряная античная бляха превратилась в украшение хушского боевого копья

ПОДПИСКА на 2011 г.

«Роспечать», индексы 46495 и 46498;

«Пресса России», индекс 42272

Приобрести журнал можно в редакции: zakaz@infolio-press.ru
www.sciencefirsthand.ru, www.sibsciencenews.org

БЕДНЫЕ ТОЖЕ БОЛЕЮТ

Интервью: Мэри Кармайл



Последние масштабные кампании по борьбе с опасными болезнями касались в основном СПИДа, туберкулеза и малярии. Растущая угроза онкологических заболеваний заставляет взглянуть на проблему охраны здоровья более широко. По крайней мере, так считает ветеран здравоохранения Пол Фармер (Paul Farmer)

По данным Всемирной организации здравоохранения, к 2020 г. число онкологических больных на всем земном шаре составит 15 млн, при этом 9 млн из них будут проживать в развивающихся странах. Однако специалист в области медицинской антропологии из Гарвардского университета Пол Фармер склоняется к мысли, что такой прогноз не сбывается. У Фармера, одного из пионеров в области глобального здравоохранения, уже есть достаточный опыт того, как решать серьезные проблемы. Его докторская дис-

сертация, написанная в 1990 г. и посвященная состоянию дел со СПИДом на Гаити, содержала 1 тыс. страниц, что даже побудило Гар-

вардский университет ввести ограничения на объем диссертационных фолиантов. С тех пор Фармер как один из соучредителей неком-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Две трети случаев смерти от онкологических заболеваний приходится сегодня на государства с низким или средним уровнем жизни, при том что на помощь больным в этих странах расходуется только 5% мировых ресурсов, направляемых на борьбу с раком.
- Пионер глобального здравоохранения Пол Фармер вместе с коллегами из созданной организации «Партнерство во имя здоровья» пытается объединить усилия всех желающих помочь онкологическим больным в этих странах.
- Организация «Партнерство во имя здоровья» уже реализует программы помощи населению Малави, Гаити и Руанды в тесном сотрудничестве с Медицинской школой при Гарвардском университете и ведущими клиниками США.

мерческой организации «Партнерство во имя здоровья» посвятил свою жизнь оказанию медицинской помощи населению беднейших стран, где миллионы людей погибают от инфекционных заболеваний.

Деятельность Фармера, в деталях описанная в бестселлере Трейси Киддера (Tracy Kidder) *Mountains beyond Mountains* («За горами – горы») и в его собственных книгах, побудила правительства разных государств заняться данной проблемой. Недавно он заинтересовался положением дел с онкологическими заболеваниями в развивающихся странах, где число больных быстро растет, а из-за дороговизны лечения люди часто оказываются без медицинской помощи. В октябре 2010 г. в журнале *Lancet* появилась статья, где Фармер и его единомышленники из *Global Task Force on Expanded Access to Cancer Care and Control in Developing Countries* изложили амбициозный план, подразумевающий повышение качества лечения онкологических больных. Он предусматривает целевое финансирование медицинских учреждений, снижение стоимости лечения и поиски способов поставки новых лекарственных препаратов. Научный журналист Мэри Кармайкл побеседовала с Фармером в его офисе в Бостоне.

– С чем связано повышение заболеваемости раком в развивающихся странах? Представляет ли собой этот феномен частный случай общемировой тенденции?

– Получить точную оценку распространенности онкологических заболеваний довольно трудно – уровень развития «раковой» эпидемиологии неодинаков. Но некоторые общие тенденции налицо. В 1970 г. на развивающиеся страны приходилось 15% суммарного числа больных раком, а в 2008 г. эта величина выросла до 56%. Смертность же в этих государствах почти на 50% выше, чем в развитых. Мне не нравится словосочетание «стиль жизни», но некоторые факторы риска – распространен-

ность инфекционных заболеваний, степень загрязнения окружающей среды, контакты с токсичными веществами – в странах третьего мира выше и продолжают быстро расти. Кроме того, в некоторых из них увеличивается продолжительность жизни. А это означает, что если мы справляемся с туберкулезом или СПИДом, то люди теперь могут доживать до возраста, когда чаще всего возникает рак.

– Получается, что одна из причин повышения смертности от рака – уменьшение смертности от других заболеваний?

– Да. Один из вопросов, затронутых нами в статье в *Lancet*, – настоятельная необходимость в объединении усилий, направленных на предупреждение и лечение онкологических заболеваний путем упорядочения превентивных, диагностических и терапевтических мер. Вместо того чтобы рассматривать соответствующие программы как совершенно самостоятельные, нужно объединить их, и чем теснее будет такое слияние, тем лучший результат мы получим. Это касается всех подходов к улучшению системы здравоохранения в целом. Но для онкологических заболеваний необходимость интеграции очевидна, поскольку единого пути к победе над этим недугом не существует. Одни его формы, например рак печени или шейки матки, некоторые виды рака головы и шеи и т.д., можно предотвратить с помощью вакцин. Другие поддаются химио- или лучевой терапии, либо (если это солидные опухоли) удаляются хирургическим путем. Так что в борьбу с этим смертельным врагом должны быть вовлечены разные специалисты. Следует также добиться того, чтобы проблема раковых больных стала частью национальных программ медицинского страхования среди бедных, как это уже сделано в Мексике и Колумбии.

– Не кажется ли вам, что проблемами онкологических больных

в развивающихся странах вообще никто не занимался? На первый взгляд, инфекционным заболеваниям – СПИДу, туберкулезу, малярии – уделялось гораздо больше внимания.

– Давайте вернемся в 2003 г. Тогда не существовало никаких программ диагностики и лечения СПИДа. Президент США предложил план экстренной помощи больным СПИДом, но на самом деле он не работал. Один из первых грантов Фонда борьбы со СПИДом, туберкулезом и малярией был адресован народу Гаити, а до 2003 г. ничего подобного не существовало. Так что это совсем недавняя история. СПИДа, туберкулеза и малярии вообще не было на карте мира. Как не существовало и проблем беднейших стран.

– Но почему? И что заставило заняться ими?

– С моей точки зрения, в 1990-е гг. перспективы развития глобального здравоохранения были мрачными. Преобладало мнение, что масштабы помощи тем или иным национальным государствам должны быть связаны с их ВВП. Как вам понравится такое высказывание: «Гаити настолько бедная страна, что мы не имеем возможности расходовать ресурсы ни на что, кроме самых дешевых средств».

Затем появился СПИД, ставший мировой проблемой. Следовать при таких обстоятельствах логике, представленной выше, не принимая во внимание тот факт, что болезнь расползается по всему земному шару, – чистое безумие. К началу нового тысячелетия от СПИДа, туберкулеза и малярии умирало ежегодно 6 млн человек, а больше всего – в странах с низким ВВП. И благодаря появлению новых средств общения, таких как *Skype*, пришло понимание, что все мы живем на одной планете и от Гаити до Гарварда не так уж далеко. Именно тогда был создан Фонд Билла и Мелинды Гейтс, а также Глобальный фонд и Президентский план экстренной помощи, крупнейшие

финансовые институты из всех существовавших когда-либо ранее и нацеленных на борьбу с одним конкретным заболеванием. Это переломило ситуацию, но опять-таки – только в последние несколько лет.

– Рак в то время тоже был глобальной проблемой. Почему же его не включили в повестку дня в начале 2000-х гг.?

– На самом деле он был включен. Но я считаю правильным решение сосредоточиться на некоторых других тяжелых заболеваниях и заполнении пробелов в их лечении, ведь в конце концов СПИД, туберкулез и малярия не были в центре внимания. Конечно, вы можете сказать: «Давайте создадим глобальный фонд для борьбы с болезнями и бедностью». Но мы это уже проходили и хороших результатов, к сожалению, не получили. Я считаю, что решение направить все ресурсы Президентского плана на борьбу с одним заболеванием, СПИДом – единственно правильное. В условиях дефицита ресурсов вы с полным основанием можете заявить, например: «Все внимание – СПИДу». В таком случае серьезная «конкуренция» между болезнями за ресурсы нам не грозит. Давайте не будем снова и снова повторять одну и ту же ошибку. Ведь нельзя рассчитывать на то, что в нынешней ситуации у вас найдется достаточно средств, чтобы хорошо делать сразу несколько вещей.

– Можно ли обратить «конкуренцию» между болезнями во благо?

– Я думаю, да. По существу, концентрация усилий, например, на решении проблемы онкологических заболеваний означает укрепление всей системы здравоохранения, разработку вакцин, совершенствование методов диагностики, поиск новых химиотерапевтических средств, повышение качества паллиативных мер. Сложность природы онкологических заболеваний заставляет объединить усилия разных специалистов, и мы стараемся использовать данный факт для совершенствова-

ния системы здравоохранения в целом.

– В какой области онкологии достигнуты наиболее ощутимые успехи?

– В области лечения рака шейки матки. Это одно из онкологических заболеваний, которые мы смогли почти полностью искоренить благодаря появлению новых превентивных подходов, ранней диагностике и более эффективному лечению. Еще десять лет назад я не мог бы высказываться столь определенно.

– Это потому, что десять лет назад еще не было соответствующей вакцины?

– Да, вакцины тогда не было. Папилломавирус человека (некоторые его разновидности служат первопричиной развития рака шейки матки) передается половым путем, и в принципе можно использовать все известные на сегодня меры предосторожности: так называемый безопасный секс, начало половой жизни в более позднем возрасте и т.д. Но человек есть человек, и вакцина – лучшее средство. Конечно, есть опасение, что появятся и станут преобладающими какие-то новые варианты папилломавирусов, в отношении которых нынешняя вакцина будет неэффективна. И конечно, она не защищает от других инфекций, передающихся половым путем. Рак шейки матки очень распространен среди женщин в беднейших странах, и у нас есть инструмент для его предотвращения.

– Что на очереди?

– Скрининг. Заболевания шейки матки легко обнаружить с помощью уксусной кислоты и ликвидировать повреждения тканей криогенным методом. В более серьезных случаях понадобится хирургическое вмешательство, но иногда и оно не помогает. Тогда приходится прибегать к лучевой терапии.

– Насколько доступны такие методы лечения в развивающихся странах?

– В ограниченных масштабах. У одной из моих пациенток 12 лет назад обнаружился метастазирующий рак шейки матки, и она прошла курс лучевой терапии в Доминиканской Республике, поскольку в Республике Гаити, ее родной стране, такой возможности не было. Помощь она получила, и я видел ее недели две назад.

Какова сегодня ситуация в тех местах, где я работаю? Нам приходится начинать на пустом месте. В столице любой африканской страны, даже самой бедной, всегда есть онколог или гематолог. Но мы работаем в сельской местности. Что произойдет, если вы решите создать более или менее приличную инфраструктуру по оказанию медицинской помощи местным жителям? К вам потянутся люди из городов, потому что лечиться в частных клиниках им не по карману. Мы знали, что так будет, когда начинали работать в сельских регионах Африки, поскольку уже проходили это на Гаити. Мы становились последним прибежищем для больных неимущих людей. На севере Руанды, где проживает 500 тыс. человек, нет ни одной сельской больницы. Министерство здравоохранения помогло нам в строительстве такого учреждения. Мы также организовали диагностику с привлечением специалистов из ведущих клиник США. Все наши образцы они исследуют бесплатно.

– Вы переправляете им эти образцы?

– Да, когда имеем дело с солидными опухолями. Биопсию без труда можно делать на месте. С диагнозом на руках мы обращаемся в Онкологический институт Дейны – Фарбера, откуда получаем препараты для химиотерапии и распределяем их через медицинских работников на местах. Такую практику мы используем в Малави, Руанде, на Гаити.

– Кажется невероятным, что какой – нибудь больной из сельской местности в Руанде полу-

чает помощь лучших онкологических центров.

– Это действительно редкость. Но мы надеемся, что у нас найдутся последователи и никто не скажет: «Ох уж эта Африка! Мы не можем лечить там онкологических больных».

– Могут ли другие медицинские центры оказывать подобную помощь?

– В любой клинике Америки есть диагностическая лаборатория и химиотерапевтическое отделение. Нам не нужно, чтобы все они непременно участвовали в нашей программе, но на помощь академических медицинских центров мы всегда можем рассчитывать.

– Кроме всего прочего необходимо обучить людей на местах, не так ли?

– Один из уроков, которые мы извлекли, пытаясь бороться с туберкулезом на Гаити, состоит в следующем. Если вы хотите иметь помощников на местах, вы должны взаимодействовать с работниками местной сети здравоохранения. В начале своей деятельности мы думали: «Достаточно иметь врачей, медсестер, лабораторию, микроскоп – и дело пойдёт». Но больные продолжали умирать. И тогда мы вынуждены были остановиться и подумать. В результате стало ясно, что одних врачей и медсестер недостаточно, нужны работники местной сети здравоохранения. Они живут в деревнях, в тесном соседстве с простыми людьми. И конечно, важно учитывать, что нам приходится иметь дело с хроническими заболеваниями и больные должны находиться под постоянным наблюдением. Следить за приемом лекарств, решать возникающие по ходу лечения проблемы могут только те, кто живет рядом с вами.

– Без помощи работников местной сети здравоохранения не обойтись и при оказании паллиативной помощи больным в терминальной стадии. Ведь если та-



Пол Фармер начал свою деятельность на ниве здравоохранения в 1980-е гг. в Республике Гаити. Сегодня его основная забота – помощь онкологическим больным в слаборазвитых странах

кая помощь предусматривается в развитых странах, то почему ее должны быть лишены жители Африканского континента? Как вы решаете эту проблему?

– Поскольку все люди смертны, то по существу всякая медицинская помощь имеет паллиативный характер. Но меня как специалиста по медицинской антропологии заботит извращение смысла некоторых медицинских терминов. Когда вы по каким-то причинам не можете провести, скажем, эффективное химиотерапевтическое лечение, термин «паллиативный» неуместен. Другое дело – раковые больные, терпящие невыносимые страдания. Гаитянин в такой ситуации нуждается в паллиативных мероприятиях не меньше, чем житель Гарварда. Тем более что обезболивание – не такая уж дорогая процедура. Конечно, применение наркотических средств таит в себе угрозу выхода их из стен больницы, но это уже другая проблема.

Сами по себе медикаменты не всегда стоят дорого. К сожалению,

к противораковой терапии это не относится, но ведь возможности ее удешевления далеко не исчерпаны.

– Вы отдаете массу своего времени политике. Занимаетесь ли вы врачебной практикой?

– Как раз завтра я собираюсь на Гаити, чтобы осмотреть одного больного, 25-летнего мужчину. Вначале у него был обнаружен туберкулез, затем к нему присоединилась лимфома. Я наблюдаю его около полугода; мы провели диагностику и лечение по той схеме, о которой я говорил выше, и он только что выписался из больницы.

– Удастся ли его вылечить?

– Я думаю, да. Он уже прошел шесть курсов химиотерапии и излечился от туберкулеза. Он живет не очень далеко от больницы, в которой находился, так что я надеюсь его разыскать. Слава богу, он на этом свете. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская

ОБ АВТОРЕ

Мэри Кармайкл (Mary Carmichael) – стипендиат программы *Knight Science Journalism* Массачусеттского технологического института. Регулярно публикует статьи в *Newsweek*, посвященные здравоохранению и различным областям науки.



Из жизни **АТОМОВ**

Валерий Чумаков

В 2011 г. исполнилось ровно 30 лет со дня создания главного инструмента нанотехнологов – сканирующего зондового микроскопа. Вместе с ним столько же лет исполнилось и практическим нанотехнологиям

Важнейшим из чувств для человека стало зрение. Не зря говорят, что любой объект или процесс лучше один раз разглядеть, чем сто раз о нем или его услышать. Между тем человеческие органы слуха обладают значительно боль-

шим разрешением, чем глаза. Мы ощущаем вибрацию барабанной перепонки с амплитудой в несколько нанометров, в то время как зрением способны различить два штриха, расположенных на расстоянии в 0,1 мм, что в нанометрах составит целых 100 тыс.

На глазок

Природа как будто специально дала нам эталон главного чувства в самых больших количествах. Когда про что-то говорят, что его очень много, обычно сравнивают с количеством волос на голове. Толщина одного волоса составляет величину от 30 до 80 микрон, т.е. от 0,03 до 0,08 мм. Все, что меньше или тоньше, долго представляло для человека сокровенную тайну, к познанию которой он стремился всю свою историю. Одним из главных инструментов такого познания стали приборы, позволяющие исправить недостатки нашего зрения, сделать его острее, точнее, позволить ему проникнуть в глубину вещей и процессов.

Еще в Древнем Египте люди научились шлифовать драгоценные камни, чтобы через них разглядывать различные занимательные мелочи. Постепенно мастерство оптиков совершенствовалось, и уже в конце XVII в. голландский натуралист Антони ван Левенгук, считающийся родоначальником микробиологии, разглядел в простейший микроскоп всего с одной, но очень хорошей линзой клетки крови, первые бактерии, споры грибов и сперматозоиды. Открытия эти были столь неожиданными, что научное сообщество далеко не сразу в них поверило. Только после того, как Левенгук позволил припасть к своему прибору экспертам, специально присланным Лондонским королевским обществом, чудо невидимой жизни было признано реальностью.

И микроскоп стал не только важнейшим научным прибором, но и, пожалуй, одной из наиболее модных в обществе игрушек. Люди разделились по отношению к оптическим приборам на два лагеря. Одни смотрели в большие телескопы и изучали космический макромир, другие же, вооружившись микроскопами, изучали мир хоть и крошечный, но значительно более важный и близкий для человека. Качество и сложность микроскопов постоянно росли, и к середине XIX в. в них уже можно было разглядывать объекты в сто раз тоньше волоса. Однако дальше дело не пошло. Оптики наткнулись на какую-то преграду, следом за стократным увеличением следовала темнота. Пустота, ничто, словно бы это была граница, за которой ничего сущего уже не существовало. Но это было неверно. В 1878 г. проблему «пропадавшего изображения» удалось объяснить немецкому физико-оптику Эрнсту Карлу Аббе. Работая над теорией образования изображения в микроскопе, он понял, что если рассматривать свет как волну, то разглядеть можно будет только те предметы, которые больше длины такой волны. Если же они будут меньше, свет будет просто огибать предмет, как будто его и нет на пути.

Такая мысль была сразу принята ученым миром. Минимальная длина волны видимого света составляла 3×10^{-7} м, это и был тот минимальный размер, который должен был

МИКРОСКОП – ЧЕМПИОН

О том, насколько важны для науки микроскопы, можно судить уже по тому, что именно за них было выдано наибольшее количество Нобелевских премий: три премии за четыре работы на пятерых человек. Первую, по химии за 1925 г., получил австрийско-немецкий ученый Рихард Зигмонди за открытия, сделанные с помощью созданных им щелевого и иммерсионного ультрамикроскопов. Вторую, по физике, дали в 1953 г. голландцу Фрицу Цернике «за обоснование фазово-контрастного метода, особенно за изобретение фазово-контрастного микроскопа». Наконец, в 1986 г. отметили сразу трех физиков: создателя первого электронного микроскопа Эрнста Руску и изобретателей сканирующего туннельного микроскопа Герда Биннига и Хайнриха Рорера. Рорер и Бинниг получили премию уже через пять лет после запуска первого СТМ, а Руске пришлось ждать награды более полувека

иметь объект для того, чтобы его можно было рассмотреть. Но не все исследователи свыклись с мыслью о том, что за этой величиной ничего уже не увидишь.

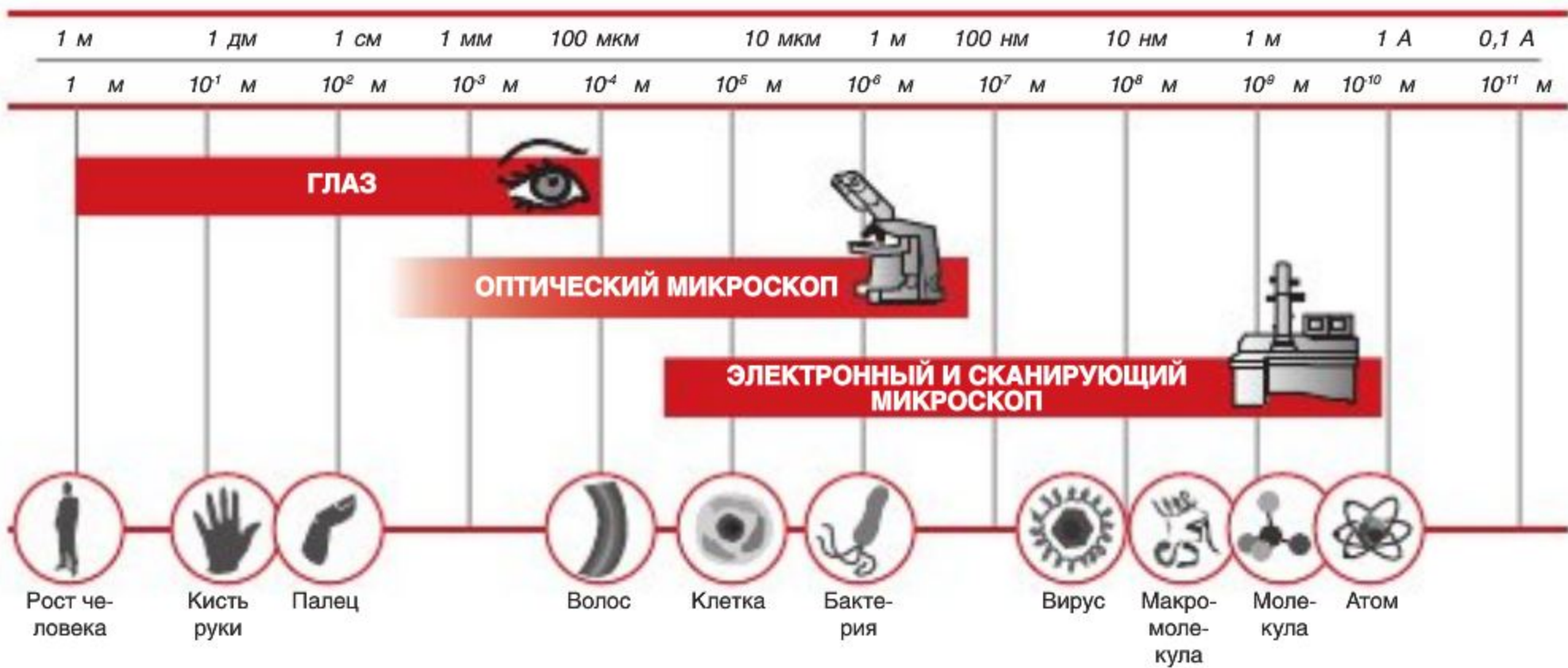
В 1930-х гг. немецкий физик Эрнст Август Руска решил заменить световые волны волнами покороче. Уже в 1931 г. он продемонстрировал общественности первый электронный просвечивающий микроскоп. Вместо светового луча ученый использовал поток электронов, который фокусировали два соленоида. Пройдя через магнитные линзы и через исследуемый образец, электронный пучок попадал на люминесцентный экран, подобный тем, что сейчас используются в электронно-лучевых трубках телевизоров и осциллографов, отображая светящееся увеличенное изображение просвеченного образца. Первая модель была слабой, 400-кратной, но она показывала принципиальную возможность предложенного Руской способа. Уже спустя два года он построил новый прибор, разрешение которого составляло уже 500 ангстрем, что было в пять раз лучше, чем у самого мощного и совершенного оптического микроскопа. А в 1939 г. компания Siemens, в которой ученый занимал должность инженера-электрика, выпустила на рынок первый серийный электронный микроскоп, в который можно было увидеть объекты величиной 100 ангстрем (1 ангстрем = 0,1 нм – примерно диаметр атома водорода).

Постепенно электронный микроскоп становился совершенным, мощным и все более зорким. В него можно было уже рассмотреть не только молекулы, но даже крупные атомы. Предел разрешения прибора достиг 0,17 нм, что давало возможность различить отдельные атомы в кристаллах. Но, в первых, неугомонным ученым и этого было мало, во вторых, изображение, которое давал электронный микроскоп, было плоским. А хотелось объема. Кроме того, специалистам уже мечталось не просто разглядывать атомы и молекулы, но и двигать ими.

Внешне сканирующий зондовый микроскоп совершенно не похож на то, что мы привыкли называть микроскопом



НАНОТЕХНОЛОГИИ: БУДУЩЕЕ СЕГОДНЯ



Источник: <http://nobelprize.org/>

ГЛАЗ БЕЗОРУЖНЫЙ И ВООРУЖЕННЫЙ

Применяя различные технические средства, мы имеем сегодня возможность заглянуть в самую глубь вещей

Золото при любом увеличении выглядит благородно, даже в виде простого напыления. Сканирующий микроскоп показывает это замечательно

На ощупь

Профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, одновременно – директор одной из немногих российских компаний, производящих сканирующие зондовые микроскопы, ООО НПП «Центр перспективных технологий» Игорь Владимирович Яминский говорит, что первым нанотехнологом или по крайней мере микротехнологом следует считать знаменитого инженера и изобретателя Томаса Алву Эдисона:

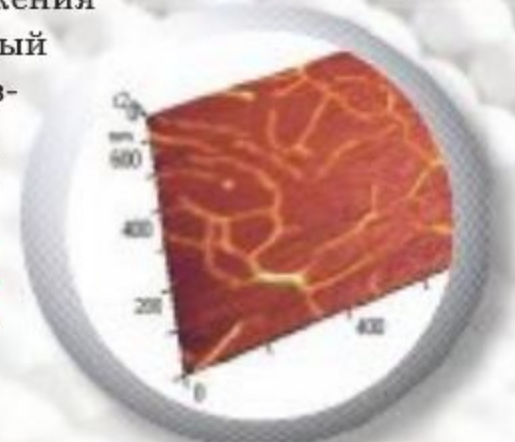
«Зондовая микроскопия могла появиться на 100 лет раньше. В ноябре 1877 г. Эдисон представил свой граммофонный фонограф. В нем иглолка скользит по поверхности воскового валика, повторяя рельеф поверхности. Иголочка связана с мембраной в рупоре и начинает вибрировать, повинувшись рельефу поверхности, по которой движется и, по сути, ее сканирует. Вибрация передается на мембрану, получается звук, и мы слышим музыку. Если мы станем говорить в рупор, то мембрана начнет вибрировать, вибрация передастся на иглолку, и если мы поставим чистый валик, то она запишет на него профиль соответствующих колебаний мембраны. Такой пример нанолитографии был реализован еще в 1877 г. Точность или перепады высоты при таком методе существенно меньше микрона. Граммофонные проигрыватели также дают звук с субмикронной точностью. Если бы упорный Эдисон в свое время поставил пе-

ред собой задачу работать на уровне атомов и молекул, возможно, он решил бы и эту проблему».

Однако в конце XIX в. перед изобретателями и учеными стояло еще много других задач. Поэтому первый сканирующий электронный микроскоп был создан лишь 30 лет назад, в 1981 г. Честь его создания по праву принадлежит физикам Герду Карлу Биннигу (Германия) и Хайнриху Рореру (Швейцария).

В своей конструкции они использовали открытый уже давно квантовый эффект туннелирования, когда электроны просто «перескакивают» с одной поверхности на другую, достаточно близко расположенную, причем интенсивность «перескакивания» экспоненциально затухает при изменении расстояния между поверхностями. В созданном физиками приборе к исследуемому объекту подводилась на расстояние примерно 1 нм тончайшая игла-зонд, острие которой в идеале должно было состоять из одного атома. Электроны начинали туннелировать с объекта на зонд (или с зонда на объект, в зависимости от полярности напряжения), и между ними возникал электрический ток, по силе которого можно было судить о точном расстоянии от иглы до поверхности. Зонд при помощи пьезоэлектрических элементов, изменявших свою длину под действием подаваемого на них напряжения с точностью до десятых долей нанометра, перемещался над поверхностью и шаг за шагом сканировал все ее неровности и шероховатости. В результате регистрации положения иглы исследователи получали полный профиль поверхности образца с разрешением в несколько ангстрем. Причем в отличие от обычного оп-

Если вам хотелось когда-нибудь увидеть настоящую молекулу ДНК – она перед вами, на этой картинке



тического или электронного микроскопа такой профиль был уже трехмерным, объемным. В соответствии с эффектом авторы назвали свое изобретение сканирующим туннельным микроскопом – СТМ. На его разработку и испытание ушли 27 месяцев. Для того чтобы устранить любую постороннюю вибрацию и прочие помехи, прибор подвешивался в магнитном поле и охлаждался жидким гелием, которого требовалось по 20 л в час, а в рабочей зоне создавался почти абсолютный вакуум.

Первые опубликованные учеными результаты были встречены научным сообществом примерно так же, как первые рисунки Левенгука. И только после того как в 1985 г. еще несколько лабораторий в разных странах мира их повторили и подтвердили, Биннигу и Рореру поверили и признали их микроскоп реально действующим инструментом.

Сейчас существуют два принципиально разных режима СТМ. В первом игла-зонд перемещается над поверхностью в плоскости, только по двум координатам, а рельеф определяется по изменению тока. Достоинство метода заключается в простоте. Однако он неприменим к поверхностям, на которых перепады высот достигают нескольких нанометров, т.к. в этом случае игла может либо наткнуться на выступ, либо, при большой глубине, может исчезнуть эффект туннелирования. В другом, более сложном варианте, игла движется уже по всем трем пространственным координатам. Аппаратура отслеживает величину туннельного тока и посредством обратной связи поддерживает ее постоянной, как и размер зазора. Рисунок профиля объекта получается из траектории движения иглы.

Однако у такого туннельного микроскопа есть серьезный недостаток: с его помощью можно изучать только электропроводящие объекты. Ни бактерию, ни вирус, ни молекулу ДНК в него не разглядишь. Справедливости ради следует заметить, что при очень низких значениях тока удалось увидеть в СТМ и вирус, и ДНК, но эти случаи –

ТРИ ЗОНДА – ТРИ МИКРОСКОПА

Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ)



Атомно-силовой микроскоп (АСМ)



Сканирующий оптический микроскоп ближнего поля

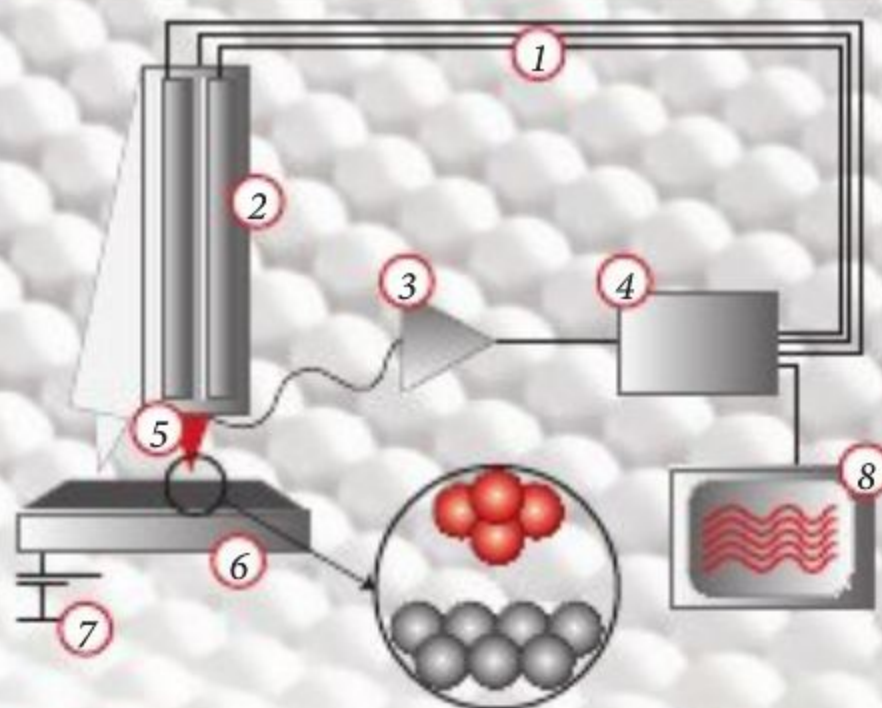


скорее исключение, чем правило. В сканирующий микроскоп хорошо видны хорошо проводящие поверхности. Но, к счастью, уже в 1986 г. Бинниг предложил новую версию «увеличителя», которую назвал сканирующим атомно-силовым микроскопом (АСМ). Здесь в основу был положен уже не туннельный эффект, а силы межатомного взаимодействия, хорошо проявляющие себя на нанорасстояниях. В новом аппарате игла-зонд закреплялась не на жесткой основе, а на упругом подвесе – кантилевере, напоминающем головку звукоснимателя проигрывателя виниловых дисков, прототипом которого был фонограф Эдисона. Перемещаясь в контакте с объектом, игла отслеживает рельеф поверхности. Такой прибор уже легко исследует любые объекты независимо от их электропроводности. Более того, для работы ему не нужны ни вакуум, ни низкие температуры, а сейсмические вибрации убираются простым пассивным фильтром.

ПЛАНЫ НА БУДУЩЕЕ

По оценкам экспертов РОСНАНО, корпорации, заинтересованной в том, чтобы сканирующих микроскопов было как можно больше, в 2009 г. объем рынка относительно дешевых сканирующих зондовых микроскопов и расходных материалов к ним составлял \$159 млн. По прогнозам тех же экспертов, к 2015 г. он должен подняться до \$437,3 млн. В период такого бурного роста (почти в три раза) главное – успеть занять на рынке достойное место. При поддержке РОСНАНО, вложившей в «Центр перспективных технологий» 50 млн руб., компания собирается за ближайшие четыре года увеличить производство микроскопов «ФемтоСкан» в 20 раз и поднять объем продаж до 750 млн руб. в год. При этом почти половина приборов будет идти на экспорт.

СКАНИРУЮЩИЙ ТУННЕЛЬНЫЙ МИКРОСКОП



Так работает современный сканирующий туннельный микроскоп

1. Контроль вольтажа для пьезодвигателей
2. Пьезоэлектрическая трубка с управляющими электродами
3. Датчик туннелирующего тока
4. Анализатор и контроллер дистанции зондовой иглы
5. Острие иглы-зонда
6. Образец
7. Туннелирующий вольтаж
8. Данные обрабатываются и отображаются в графическом виде на экране компьютера

Эй, ухнем!

Сегодня изобретатели сканирующих зондовых микроскопов говорят, что они разрабатывали свои устройства как наблюдательные, не думая об их использовании в качестве атомных и молекулярных манипуляторов. Такая возможность возникла сама собой и была воспринята уже как полезное следствие, однако оно оказалось настолько важным, что чуть не затмило по важности первопричину. В процессе работы оказалось, что с помощью сканирующих микроскопов можно не только разглядывать объекты наномасштабов и наноразмеров, но и совершать самую настоящую наноработу: перемещать атомы и молекулы, составлять из них композиции, рисунки и собирать наноустройства. Довольно грубо процесс можно описать так. Если подать на иглу напряжение

Открытое акционерное общество «РОСНАНО» создано в марте 2011 г. путем реорганизации государственной корпорации «Российская корпорация нанотехнологий». ОАО «РОСНАНО» реализует государственную политику по развитию nanoиндустрии, выступая соинвестором в нанотехнологических проектах со значительным экономическим или социальным потенциалом. Все акции ОАО «РОСНАНО» находятся в собственности государства. Председателем правления ОАО «РОСНАНО» назначен **Анатолий Борисович Чубайс**. Задачи ОАО «РОСНАНО» по созданию нанотехнологической инфраструктуры и реализации образовательных программ выполняются Фондом инфраструктурных и образовательных программ, также созданным в результате реорганизации госкорпорации

несколько большее, чем требуется для обычного туннелирования, то на нее может перескочить не только электрон, но и целый атом или ион. Перенеся его в нужное место, оператор может сменить напряжение и «сбросить» атом с иглы на поверхность. 20 лет назад инженеры **IBM** прославились на весь мир тем, что выложили из атомов ксенона логотип своей компании. Тогда это был настоящий прорыв. Теперь же таким чудом никого уже не удивишь, и сам сканирующий микроскоп из роскоши давно превратился в средство продвижения нанотехнологий. Эксперты считают, что уже через несколько лет в продаже могут появиться бытовые сканирующие зондовые микроскопы, предназначенные, например, для моментального медицинского анализа на аллергены конкретного продукта или для выявления патогенов. Эдисон, составляя список дел, в которых мог помочь

ООО «НПП «Центр перспективных технологий»

– российское предприятие, работающее в области нанотехнологий. Создано в 1990 г. Специализируется на производстве сканирующих зондовых микроскопов «ФемтоСкан», атомных весов и аксессуаров, а также на разработке программного обеспечения. Стало первой компанией, предложившей комплекс программного обеспечения для управления сканирующим зондовым микроскопом через Интернет

его фонограф, на первые три места поставил «диктовку и запись писем», «издание говорящих книг для слепых», «обучение ораторскому искусству», и лишь четвертым пунктом указал «запись музыки».

И все это планы на будущее. Спрос на сканирующие микроскопы растет, подгоняя производство, а цена на них – падает. Двадцать лет назад стоимость хорошего сканирующего микроскопа составляла сотни тысяч долларов, а сейчас тот же «Центр перспективных технологий» производит вполне качественные микроскопы «ФемтоСкан», цена которых колеблется от одного до полутора миллионов рублей. При этом в компании говорят, что знают, как сделать прибор еще дешевле.

«ФемтоСкан» интересен еще и тем, что им можно полностью управлять через Интернет, т.е. даже сегодня, когда цена опустилась по сравнению с первыми приборами в несколько раз, но, тем не менее, все еще достаточно высока и доступна пока не для всех, прибор можно купить в складчину, один на несколько институтов или лабораторий, и работать на нем по очереди удаленно, из своего офиса или аудитории. В центре производят и другие nanoинструменты, подпадающие под инвестирование РОСНАНО, – такие, например, как оптические регистраторы или атомные весы, на которых можно взвешивать отдельные атомы и молекулы. Подобные приборы просто необходимы, если мы действительно хотим проникнуть в микро- и наномир так, чтобы и человеку было полезно, и природе не больно. Успешное развитие нанотехнологий сулит нам самые немыслимые перспективы – от бессмертия, когда стареющие человеческие тела будут лечить миллионы медицинских нанороботов, до создания искусственной жизни. Если это удалось сделать одному нанотехнологу – природе, то это должно получиться и у другого нанотехнолога – человека. Любое научное достижение признается за таковое только при условии повторяемости.

А она рано или поздно будет достигнута, в этом уже мало кто сомневается. Глаза и руки в наномире у нас уже есть, осталось только научиться полноценно ими пользоваться. ■

Этого енота нарисовала с помощью микроскопа «ФемтоСкан» сотрудница «Центра перспективных технологий» **Виолетта Швец**. Размер картинка – 100 x 100 нм

В этом квадрате поместятся 100 млн таких енотов



МНЕНИЕ ЭКСПЕРТА

Игорь Владимирович Яминский, профессор МГУ, доктор физико-математических наук, директор НПП «Центр перспективных технологий»:

Все приборы разрабатываются очень быстро или никогда. В 1987 г., когда мы решили создать первый коммерческий микроскоп, история разворачивалась следующим образом. В сентябре был собран временный трудовой коллектив и поставлена задача: запустить коммерческий вариант микроскопа, прототип которого у нас уже был. Уже через два месяца был создан полный комплект сканирующего туннельного микроскопа. Через месяц мы начали продавать и запустили производство сканирующих туннельных микроскопов в малом количестве. С 1987 по 1989 г. мы продали 35 комплектов. Это было великолепное время, мы не умели торговать и не знали, что такое бизнес, мы делали микроскопы, люди к нам приходили, просили, и мы их продавали. У нас не было ни рекламы, ни маркетинга, ничего. И нам казалось, что так оно и должно происходить. И вдруг в 1992 г. поменялась макроэкономика, и оказалось, что у науки нет денег. Восемь лет мы переживали тяжелый период, потихоньку двигаясь вперед, потому что разрабатывали новый микроскоп. Мы начали его делать в 1992 г. и закончили в 1996 г. На нем удалось реализовать принципиально новую механику, электронику и программное обеспечение. И 29 апреля 1996 г. мы увидели на нашем микроскопе атомы. Сегодня мы запускаем принципиально новый микроскоп высокого разрешения и быстродействия, и на его подготовку должно уйти шесть месяцев, больше нельзя. Если разработка идет больше года, то у коллектива пропадает запал.

Микроскоп называется «ФемтоСкан». Фемто – это 10^{-15} м, что составляет предел, на котором работают современные микроскопы. По вертикали можно получать точность 10^{-15} м. Величина тока, которую можно регистрировать в туннельном микроскопе, – 10^{-15} ампер. Сила, в пределах которой работает хороший атомно-силовой микроскоп, – 10^{-15} ньютона. Емкость, которую можно измерить с помощью атомно-силового микроскопа, – 10^{-15} фарад. Любой микроскоп должен измерять токи и емкости на уровне 10^{-15} ; понимая это, мы так и назвали микроскоп. По-другому его можно назвать наномикроскопом. Вообще, микроскоп надо любить. Я уже давно заметил, что если человек, работающий на микроскопе, относится к нему без любви, то никаких хороших красивых картинок он не получит. Если человек начинает нервничать, то качественных картинок он тоже не получает. Этому есть, конечно, очень простое объяснение: когда человек беспокоится, у него повышается потоотделение, а повышенная влажность приводит к тому, что конденсация на поверхности увеличивается, капиллярные силы растут, и картинка становится хуже, контраст падает. Поэтому если вы не в духе, то лучше к микроскопу не подходить. Мало того, что результата хорошего не получите, так еще и кантилевер можете сломать или уронить.



ОПТИЧЕСКАЯ МИКРОЭВОЛЮЦИЯ

 1. XIV в. В Италии начинают производить первые стеклянные линзовые очки для улучшения зрения	 3. 1624 г. Галилео Галилей представляет коллегам составной микроскоп, названный им «Окиолино» (итал. – «маленький глаз»)	5. 1664 г. Английский естествоиспытатель Роберт Гук публикует книжку «Микрография», в которую помещает рисунки из биологического микромира. В пробковой коре ему с помощью микроскопа удалось найти периодические структуры, самым маленьким звеньям которых он дал название «клетка». Книга стала настоящим бестселлером	 6. 1674 г. Голландский натуралист Антони ван Левенгук создает уникальный однолинзовый сверхмощный 500-кратный микроскоп. С его помощью ему удастся разглядеть и описать различные виды бактерий, кровяные тельца, клетки дрожжей, изучить строение глаз и мышечных волокон насекомых и многое другое							
 2. 1590 г. Голландские мастера по изготовлению очков Иоанн Липперсгей и Ганс Янсен создают первый двухлинзовый микроскоп	4. 1625 г. Друг Галилея, немецкий ботаник и врач папы римского Джованни Фабер вводит в научный обиход термин «микроскоп»	7. 1664 г. Английский естествоиспытатель Роберт Гук публикует книжку «Микрография», в которую помещает рисунки из биологического микромира. В пробковой коре ему с помощью микроскопа удалось найти периодические структуры, самым маленьким звеньям которых он дал название «клетка». Книга стала настоящим бестселлером	 8. 1674 г. Голландский натуралист Антони ван Левенгук создает уникальный однолинзовый сверхмощный 500-кратный микроскоп. С его помощью ему удастся разглядеть и описать различные виды бактерий, кровяные тельца, клетки дрожжей, изучить строение глаз и мышечных волокон насекомых и многое другое							
XIV в.	1624 г.	1664 г.	XVIII в.	1674 г.	1830 г.	1903 г.	1931 г.	1951 г.	1981 г.	1986 г.
 7. XVIII в. Успехи в оптике позволяют создать сложные многолинзовые микроскопы с хорошей цветопередачей	 9. 1878 г. Немецкий физик-оптик Эрнст Карл Аббе разрабатывает научную теорию микроскопа	 11. 1931 г. Немец Эрнст Руска создает первый просвечивающий электронный микроскоп	 13. 1981 г. Герд Бинниг и Хайнрих Рорер изобретают первый сканирующий туннельный микроскоп и тем самым дают старт практическим нанотехнологиям							
8. 1830 г. Английский хирург Джозеф Джексон Листер собирает из нескольких слабых линз мощный микроскоп с минимальными искажениями	 10. 1903 г. Австрийско-немецкий химик Рихард Зигмонди изобретает щелевой ультрамикроскоп, с помощью которого удастся разглядеть объекты, имеющие размер меньше длины световой волны	12. 1951 г. С помощью созданного им полевого ионного микроскопа немец Эрвин Мюллер первым видит атомы	 14. 1986 г. Герд Бинниг, Кельвин Квейт и Кристофер Гербер создают сканирующий атомно-силовой микроскоп							



1. Подводная лодка, моряки и комета. Так Дмитрий Шагин изобразил разрушительное воздействие спирта на человеческий организм



2. Картина Александра Горяева «Митьку сносит левое полушарие мозга, когда он думает о нанотехнологиях»; в правой части диптиха – тот же сюжет, но уже про другое полушарие. Таким образом, весь мозг художника шокирован этой неожиданной информацией



ТАКОЙ ПРЕКРАСНЫЙ НАНОМИР



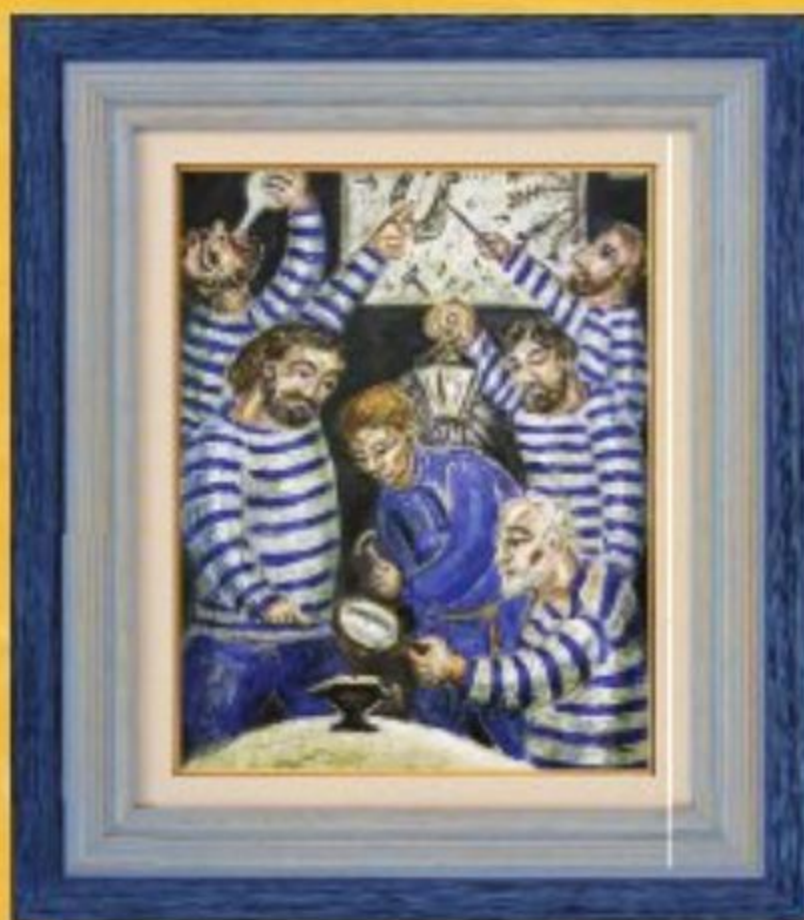
5. Картина Кирилла Миллера «Пропагандист». Когда-то он придумывал костюмы для знаменитой группы «Аукцыон», а теперь подался в митьки



6. Главный митек страны Дмитрий Шагин доволен произведенным эффектом



3. Картина знаменитого московского концептуалиста Константина Звездочетова «Ай-нанэ!» с юмором описывает современный исследовательский процесс: веселая блоха играет на балалайке и поет, сверху – подкова, которой ученому предстоит подковать блоху, все довольны



8. Картина Дмитрия Шагина «Митьки помогают Левше подковать наноблоху». К лесковскому сюжету в митьковской интерпретации добавились тельняшки и водка. Митьки когда-то уже помогали Ван-Гогу и Менделееву, теперь очередь дошла до Левши



4. Художник Андрей Филиппов

Кажется, трудно себе представить вещи более далекие друг от друга, чем современная живопись и нанотехнологии. Но именно на их сочетании базируется новый проект художников-митьков, осуществленный при поддержке ОАО «РОСНАНО»

Наглядное пособие

Идея выставки «Митьки и нанотехнологии» родилась в Санкт-Петербурге несколько лет назад. Первая экспозиция прошла осенью минувшего года в широко известном математическом лицее № 239, из стен которого вышел еще более известный Григорий Перельман. Это же учебное заведение окончил в свое время Борис Гребенщиков, культовая для митьков личность. Там же учился и Леонид Гозман, директор РОСНАНО по гуманитарным проектам.

Из Санкт-Петербурга экспозиция переехала в Москву, в офис РОСНАНО. Цель проекта не столько культурная, сколько просветительская: в доступной форме объяснить, что такое нанотехнологии, людям, которые ничего об этом не знают: студентам, школьникам, всем желающим. Больше всего это похоже на наглядную агитацию. А главный митек страны художник Дмитрий Шагин утверждает, что организовал первую в стране, а возможно, и в мире научно-художественную выставку, т.е. проект как художественный, так и научный. При создании полотен живописцев консультировали видные ученые, профессора, доктора наук. Среди них сотрудник Института высокомолекулярных технологий РАН Сергей Люлин.



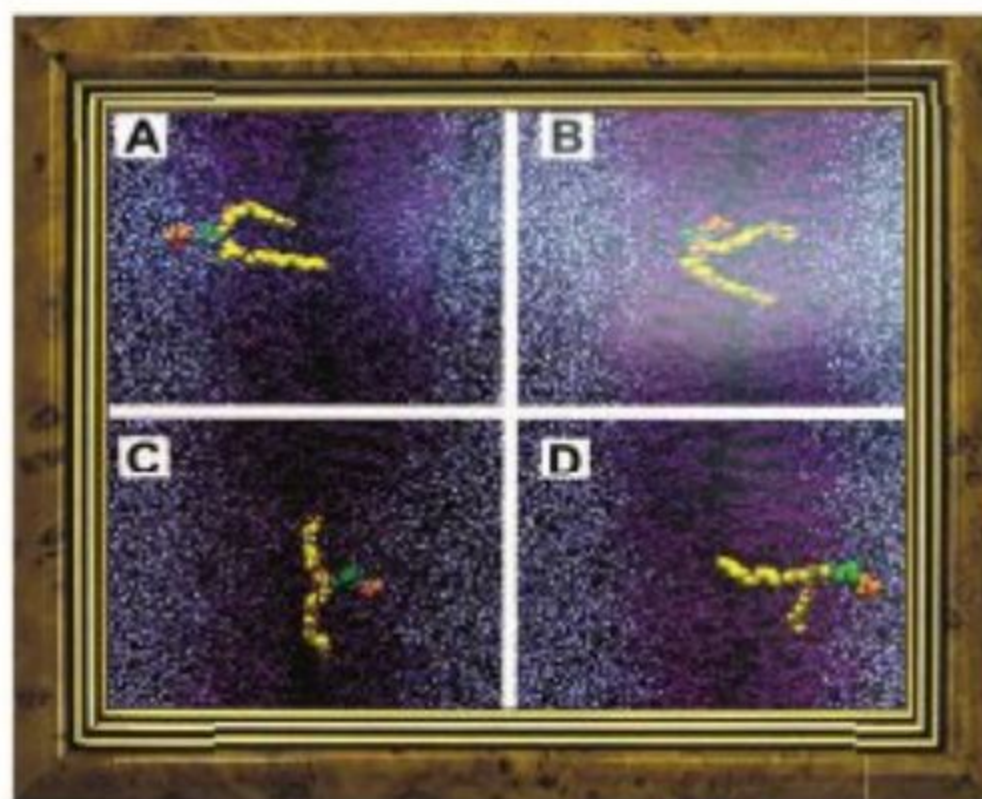
7. Слева картина Андрея Мертвого «Кость до луны» (будущее нанотехнологий: строительство тоннеля между Землей и Луной для запуска «Сапсана»). Справа – серебряные ДНК-шаблонные нанопроволоки на поверхности кремния p-типа, АСМ-изображение

Названия картин выдержаны в парадоксальном наномитьковском стиле: «Митьки помогают Левше подковать наноблоху», «Митьковско-липидный флип-флоп», «Упромыслить нано», «Митьковский нанокотрик» (с надписью «Митьки никого не хотят победить. Липиды завоюют весь мир»). Особняком стоит картина Шагина «Что нам делать с пьяными матросами?», названная так в честь песни Гребенщикова и связанная с бурным алкогольным прошлым митьков. Она изображает воздействие спирта на молекулу. Бодрые трезвые матросики (липиды) стоят на палубе подводной лодки. Под воздействием спирта они группируются по трое (в точности как люди), кингстоны открываются, в отсеки проникает вода, лодка тонет. Все это изображено в полном соответствии с химическими процессами.

И физики, и лирики

Митьки не берутся решать научные проблемы, это было бы странно. Они просто средствами искусства рассказывают о наномире, который не только обладает большим инновационным потенциалом, но еще и очень красив.

У Шагина свой взгляд на вещи, взгляд художника. «Мы знаем божественный мир лишь с видимой стороны, – говорит он. – А есть многое, чего глазом не увидишь. Там ведь тоже не пустота. Это очень интересный и красивый мир. Когда я учился в школе при художественной академии, у нас был замечательный физик, Павел Семенович. Он говорил так: “Вы художники, и физика вам особо в жизни не пригодится. Давайте я вам лучше сыграю на балалайке”. И играл. Очень веселый был человек. Но какие-то знания он все же давал, с интересующимися занимался отдельно. Вот, кстати, и физика пригодилась. На выставке есть картина нашего московского соратника художника Константина Звездочетова “Ай-нанэ”. Там блоха, которую митьки помогают Левше подковать, пляшет, играет на балалайке и поет: “Ай-нанэ!” Я смотрел на эту картину и вспоминал Павла Семеновича. Настоящие ученые должны быть людьми веселыми, с чувством юмора, и тогда у них все получится. Кстати, глава РОСНАНО Анатолий Борисович Чубайс, как выяснилось, человек с большим чувством юмора.



1. Коллаж Татьяны Шагиной «Митьковский нанокотрик». Подпись под ним гласит:
 «Раз, два, три, четыре, пять
 Вышел Митья погулять,
 В наномире очутился,
 В дендримере заблудился.
 Раз, два, три, четыре, пять,
 Кто пойдет Митька искать?»

Наша справка

РОСНАНО

Открытое акционерное общество, до 2010 г. – Государственная корпорация «Российская корпорация нанотехнологий». Учреждена в июле 2007 г. специальным Федеральным законом от 19 июля 2007 г. № 139-ФЗ. Для обеспечения деятельности корпорации в ее капитал правительством России было внесено 130 млрд руб. Генеральный директор ОАО «РОСНАНО» – Анатолий Чубайс



РОСНАНО



2. Анатолий Чубайс теперь не только глава корпорации «РОСНАНО», но и «почетный митек»

Наша справка МИТЬКИ

Неформальная группа Санкт-Петербургских художников. Возникла в начале 1980-х гг. Получила название по имени одного из лидеров группы – художника Дмитрия Шагина. Свои картины характеризуют как «городской фольклор» с простодушным взглядом на окружающую действительность, позволяющим разглядеть красоту в обыденной повседневности. В настоящий момент считается, что в группе состоят 14 художников



3. Картина Андрея Кузнецова «Митьковско-липидный флип-флоп». В классической версии этот лозунг звучал так: «Митьки никого не хотят победить, поэтому они завоюют весь мир!» Но времена меняются. Сегодня художники признают, что будущее принадлежит липидам



Мы это поняли, задружились с ним и присвоили ему звание почетного митька»

Митьковская выставка в офисе компании – не первый и наверняка не последний гуманитарный проект Чубайса. В свое время возглавляемое им РАО «ЕЭС» было инициатором премии «Поэт», крупнейшей национальной награды в области поэзии. Поддержка актуальной живописи – шаг более прикладной. Ведь термин «нанотехнологии» у всех на слуху, но что это такое, в реальности понимают немногие. А митьки дают возможность всем желающим заглянуть вглубь вещей и увидеть, что там по-настоящему красиво и интересно.

У митьков издавна сложились напряженные отношения с научно-техническим прогрессом. В 1980-х гг. они активно не любили разного рода технические новинки, называли их «шмудаками» и изображали в виде злобных агрессивных чудовищ. Шагин объясняет это неэстетичным, антигуманным дизайном хай-тека первого поколения. А вот то, что происходит в микромире, ему как художнику очень нравится. Он видит в этом мире гармонию и покой, сады с пышно растущими деревьями

и леса. Сопоставления микро с макро возможны самые неожиданные. Андрею Филиппову, например, происходящее с наночастицами напоминает отношения мужчины и женщины. У Николая Копейкина возникают неожиданные ассоциации со схемами Московского и Санкт-Петербургского метро. Василий Голубев изобразил наномир в виде болота со сказочными лягушками. А вот Александра Горяева нано наоборот повергает в шок. Его картина называется «Митьку сносит левое полушарие мозга, когда он думает о нанотехнологиях». Таково воздействие технологий на мозг художника. Он отказывается воспринимать информацию рационально и стоит ошарашенный красотой частиц.

После экспозиции в РОСНАНО митьки планируют провести свою выставку по университетам и научным учреждениям. По каким именно, сейчас решается. Тем временем готов их новый проект. Он тоже имеет отношение к науке и технологиям. Это выставка «Митьки в космосе», которая открылась в рамках «Ночи музеев» в Питерском Музее митьков 21 мая. ■

Ян Шенкман

МОЖНО ЛИ СПАСТИ МЕРТВОЕ МОРЕ?

Ирригация и добыча полезных ископаемых буквально убивают Мертвое море, но совместные действия Израиля, Иордании и властей Палестины могут его спасти

Текст и фото: Эйтан Хэддок

Мертвое море – самое низкое место земной материковой поверхности; здесь, по преданию, находились Содом и Гоморра. Его считают источником целебных вод и, в противоречии со своим названием, оно – драгоценный кладезь микроорганизмов. Одним словом, таинственное место. Но его будущее лишено тайн. После веков стабильности, обусловленной тонким балансом между поступлением пресной воды из реки Иордан и испарением под безжалостным солнцем Ближнего Востока, озеро сегодня высыхает. Иорданцы на востоке, израильтяне на западе и сирийцы с ливанцами на севере отбирают из водосбора реки столько воды, что до Мертвого моря почти ничего не доходит. Израиль и Иордания качают воду и из самого озера ради добычи ценных минералов, ускоряя процесс высыхания. На оставленных землях образуются тысячи карстовых воронок. В результате уменьшается приток туристов и тормозится строительство, поскольку невозможно предсказать, где внезапно откроется очередная воронка, способная поглотить здания, дороги или людей.

Опасаясь потерять важные природные и культурные ресурсы, власти Израиля, Иордании и Палестинской автономии предложили создать огромную систему подпитки Мертвого моря водой из Красного моря. Ученые сегодня пытаются понять, как это может повлиять на химию и биологию Мертвого моря, и не сделает ли это его «красным». А политики пытаются выяснить, достанет ли у этих стран воли, чтобы финансировать этот достойный фараонов проект стоимостью \$10 млрд, тем более что защитники природы возражают против него. А правительства рассматривают судьбы других больших соленых водоемов – Аральского и Каспийского морей и Большого Соленого озера в штате Юта в США – и пытаются извлечь уроки, которые можно было бы применить к данной ситуации. Предлагаю совершить небольшое путешествие к умирающему морю и посмотреть, что же делается для его возрождения.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Мертвое море, соленое озеро, поверхность которого лежит на 424 м ниже уровня Мирового океана, умирает: из-за отбора воды на ирригацию и для добычи минералов его уровень каждый год понижается на метр.
- Из-за отступления соленых грунтовых вод, вызывающего оседание вышележащих пластов, образуются тысячи карстовых воронок.
- Необходимую соленую воду можно было бы подавать из Красного моря по 180-км системе трубопроводов. Сегодня ученые анализируют, как это может изменить жизнь Мертвого моря.

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА



ОБ АВТОРЕ

Эйтан Хэддок (Eitan Haddock) – фотограф и журналист, живущий в Париже. Он имеет степень магистра по геофизике и планетологии. В январе 2009 г. в журнале «В мире науки» был опубликован его впечатляющий фотоочерк «Рождение океана».

Уровень Мертвого моря лежит сегодня на 424 м ниже уровня Мирового океана и ежегодно понижается на 1 м. В некоторых местах урез воды отступил от бывшего берега на целый километр. По периметру озера возникло больше 3 тыс. карстовых воронок. В последние годы новая воронка образуется в среднем через каждые два дня. Одни из них заполняются рассолом, другие нет





Гибнущее из-за растаскивания воды

Карстовые воронки (фото 1) могут иметь диаметр до 25 м и глубину до 15 м. Они могут возникать внезапно, поглощая людей, здания и дороги (фото 3).

Объясняют это чаще всего растворением: по мере снижения уровня моря соленые грунтовые воды уходят, а на их место поступают пресные, растворяя соляные пласты, что и приводит к оседанию грунта.

Одни крупные воронки заполняются соленой водой, другие нет. Иногда ряды воронок образуются над неглубокими разломами земной коры (фото 2), что открывает возможность поступления пресной воды по мере отступления соленой. Понимание этих механизмов поможет объяснить процесс нерегулярного образования карстовых воронок во Флориде, Гватемале, Германии и Испании.

Мертвое море мелеет в основном из-за того, что годовой

сток питающей его реки Иордан уменьшился с примерно 1,3 млрд до 30 млн куб. м. Поэтому испарение намного превышает подпитку пресной водой, и южная часть озера уже исчезла.

Уменьшение стока Иордана обусловлено отбором его воды Израилем, Иорданией, Сирией и Ливаном для сельского хозяйства и бытовых нужд (фото 4). Из-за понижения уровня реки некоторые системы отбора оказались бездействующими (на переднем плане на фото 4).



Возможное возрождение

Уровень Мертвого моря понижается еще и потому, что израильская компания *Dead Sea Works* и Иорданская *Arab Potash Company* перекачивают воду из северной части озера на юг в огромные искусственные каскадные испарительные лотки на месте бывшей южной части озера (светло-голубой участок на фото 1 и крупный план на фото 2). В результате испарения в этих лотках остаются концентраты минералов брома, магния и калия, а также соли (фото 3), которые эти компании и добывают. В воздухе над этой огромной площадью лотков содержится много окисленной ртути, ее концентрация здесь – одна из самых высоких в мире. Обусловлено это большой концентрацией брома.

При сохранении существующего положения дел уровень Мертвого моря может к 2200 г. упасть до -550 м. Остановить этот процесс может предлагаемый «конвейер» – 180-км система каналов и трубопроводов для подачи соленой воды из Красного моря. Опреснительные установки в ее структуре должны были бы вырабатывать 900 млн куб. м пресной воды в год, подаваемой в основном в Иорданию, а оставшаяся соленая вода поступала бы в Мертвое море. На перепаде высот могли бы работать гидроэлектростанции. К июлю этого года должно быть закончено исследование осуществимости этого проекта, на которое Всемирный банк выделил \$17 млн. Если такая система будет построена, уровень Мертвого моря мог бы стабилизироваться к 2050 г. на значении от -410 до -420 м.

Соляной раствор из опреснительных установок может и не оказаться подходящей заменой воды из Иордана. Этот раствор и соленая вода Мертвого моря могут стратифицироваться (образовывать отдельные слои). В этих слоях будут размножаться водоросли, способные, возможно, сменить цвет Мертвого моря с бирюзового на красноватый. Проводящиеся микробиологами эксперименты в небольших резервуарах дают основания предполагать, что такое действительно возможно (фото 4). Однако эти эксперименты еще не подтверждены другими, независимыми исследованиями.

Спасение Мертвого моря – во многих отношениях благое дело. Биологи недавно обнаружили у живущих в его воде микроорганизмов неизвестные ранее формы обмена веществ. Ученые также трансплантировали гены уникального местного гриба в штамм дрожжей, который показал удивительную стойкость к воздействиям соли, тепла и оксидантов. Возможно, этот ген позволит выращивать сельскохозяйственные культуры на засоленных почвах, которые сегодня непригодны для земледелия, а это может обеспечить продовольственную безопасность миллионам людей, живущих на засоленных землях в разных частях мира. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Информацию о предлагаемом проекте «конвейера» Красное море – Мертвое море см. на www.foeme.org и www.worldbank.org

МГНОВЕНИЕМ РАНЬШЕ

Оповещение, на несколько секунд опережающее сильный подземный толчок, может спасти не одну человеческую жизнь

Ричард Аллен

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- В сетях заблаговременного оповещения регистрируются самые ранние стадии землетрясения и отправляется сигнал, предупреждающий людей об опасности. Сигналы тревоги могут дать десятки секунд на приведение в готовность к главному удару.
- Большинство систем основаны на том, что землетрясения происходят в два этапа: внезапный быстро движущийся толчок и медленно распространяющаяся волна, приносящая большую часть разрушений.
- В сети сейсмометров можно быстро определить эпицентр землетрясения, точнее рассчитать его магнитуду и снизить количество ложных сигналов.
- Подобные сети уже существуют в ряде стран мира. Предлагаемая для Калифорнии система должна защитить и людей, и предприятия по всей территории «Золотого штата».



ОБ АВТОРЕ

Ричард Аллен (Richard Allen) – геофизик, профессор, заместитель заведующего сейсмологической лабораторией Калифорнийского университета в Беркли. В настоящее время проводит испытания опытной системы заблаговременного оповещения о землетрясениях, которая должна быть установлена на всей территории Калифорнии.

Illustration by Tom Whalen

Среди природных катастроф землетрясения отличаются особенной коварностью. 17 октября 1989 г. в Лома-Приета в районе залива Сан-Франциско ничто не предвещало беды. Город готовился к проведению вечерней игры Мировой серии по бейсболу между командами *San-Francisco Giants* и *Oakland Athletics*. Ближе к вечеру, в 5:04 пополудни, внезапный сброс по разлому Сан-Андреас потряс район

с такой силой, что превратил в руины более 2 км двухъярусной автомагистрали и частично разрушил мост, соединяющий Сан-Франциско с Оклендом. Погибли более 60 человек.

Многие годы ученые искали предвестника, сигнал, даже слабый, который бы точно указал, где и когда произойдет основной удар, что помогло бы избежать человеческих жертв. Десятилетия поисков не принесли результата. Многие сейсмологи и поныне сомневаются, что такой сигнал существует.

Но не все потеряно. Сегодня, в первые секунды, когда только начинается едва уловимое движение, ученые с определенной достоверностью могут предсказать, как далеко распространится землетрясение и насколько сильным оно будет. Этим нескольких десятков секунд (до полуминуты) достаточно, чтобы, используя достижения науки и современные средства связи, административные структуры смогли предупредить тех, кто находится в опасности. На первый взгляд кажется, что времени

очень мало, но его достаточно, чтобы послать предупреждение и начать отключать электростанции и железные дороги, лифты с автоматически закрывающимися дверями и привести в состояние боевой готовности пожарных и другие службы экстренной помощи.

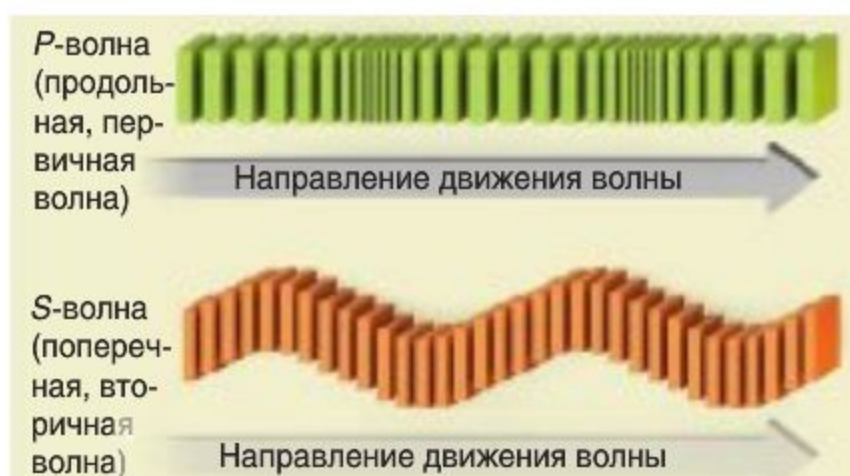
Эпицентр землетрясения в Лома-Приета находился к югу от залива в скалистых горах Санта-Круз. После первых сотрясений прошло более 30 секунд до того, как разрушительные колебания распространились на расстояние более 90 км и достигли Сан-Франциско и Окленда, где стали причиной более чем 80% случаев гибели людей. Если бы тогда была установлена система раннего оповещения о землетрясениях, то с ее помощью можно было выиграть 20 секунд и предупредить центр района о надвигающемся бедствии. Этого времени достаточно, чтобы замедлить движение и остановить поезда, дать идущим на посадку самолетам команду уходить на второй круг и зажечь красные сигналы светофоров на улицах, что позволит предотвратить сопряженное с риском движение автотранспорта по таким сооружениям, как мосты и туннели. Люди, работающие в зонах повышенной опасности, могли бы переместиться в безопасные места, чувствительные приборы можно было бы перевести в режим приостановки, что помогло бы сократить ущерб и потери. Школьники и служащие успели бы спрятаться под столами до землетрясения. Весь район был бы готов к наступлению стихии.

Аналогичные сети разворачиваются в различных регионах мира: Мексике, Тайване, Турции, Румынии. Система оповещения Японии известна как одна из самых передовых. Она охватывает всю страну и включает в себя большую часть теле- и радиостанций, несколько операторов мобильной связи, систему оповещения в торговых центрах и других общественных местах. За три с половиной года ее существования в реальном времени уже более десятка землетрясений привели

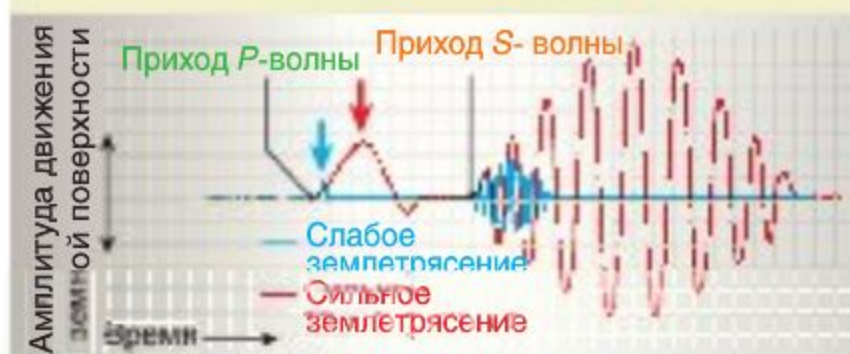
ГОТОВА СРАБОТАТЬ

Системы заблаговременного оповещения о землетрясениях обнаруживают первое слабое дрожание основного сотрясения, запуская систему предупреждения до прихода самого разрушительного толчка. Система *ShakeAlert*, предложенная в Калифорнии, будет использовать сеть цифровых сейсмометров, развернутую по территории всего штата (сверху справа), чтобы дать населенным районам до минуты времени на предупреждающий сигнал (зависит от местонахождения от эпицентра). Сигналы должны обеспечить предприятиям, жителям и общественным организациям время на подготовку (внизу справа)

Научное обоснование заблаговременного оповещения о землетрясениях



Во всех землетрясениях участвуют два вида волн. *P*-волна сжимает массы земной коры по мере продвижения, как и звуковая волна. Она движется быстро, но не вызывает больших разрушений. Следующая за ней *S*-волна прогибает пласты горных пород вверх и вниз, как океаническая волна. Она приносит большую часть разрушительной энергии толчка



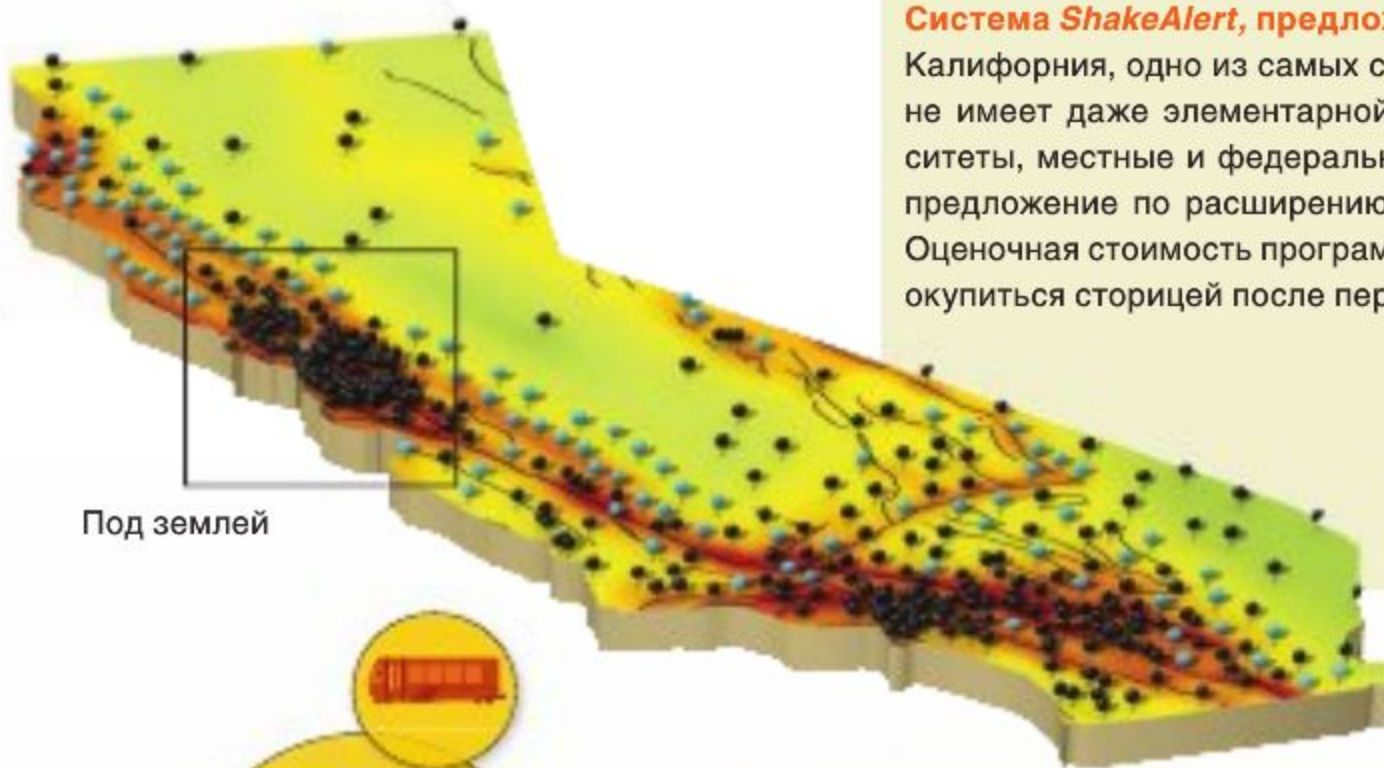
Каждый день происходят сотни слабых землетрясений, сильные же выявляются в системах предупреждения по очертанию *P*-волны. Небольшие сотрясения имеют слабый, учащенный пульс (синяя стрелка), а крупные заявляют о себе высокой амплитудой и низкой частотой удара (красная стрелка)



В системах заблаговременного оповещения собираются данные с сейсмических станций всей сети для уточнения сильных ударов и определения эпицентра. Затем посылается электронный сигнал тревоги, опережающий *S*-волну. Чем больше станций зарегистрируют землетрясение, тем точнее будут предопределены магнитуда и эпицентр

Система *ShakeAlert*, предложенная в Калифорнии

Калифорния, одно из самых сейсмоопасных мест на земле, до сих пор не имеет даже элементарной системы предупреждения. Университеты, местные и федеральные организации внесли совместное предложение по расширению сейсмической сети во всем штате. Оценочная стоимость программы (\$80 млн) – сумма, которая может окупиться сторицей после первого сильного землетрясения



Опасность землетрясения
 Низкая Высокая

Установленные датчики
 Предложенные датчики

Под землей

Пригородные электропоезда автоматически тормозятся, уменьшается возможность крушения

Промышленные предприятия прекращают работу, оборудование переводится в безопасный режим работы

Строительные площадки: сигнал тревоги призывает рабочих покинуть самые опасные зоны

Лифты в высотных зданиях останавливаются на ближайшем этаже, двери открываются

Школы: подается звуковой сигнал, дающий учащимся время укрыться под столами

40 секунд
 30 секунд
 20 секунд
 Модесто

Мобильные телефоны и персональные компьютеры: на экранах высвечиваются тревожные сигналы с персонализированными данными об опасности

Самолеты, идущие на посадку, в последнюю минуту получают сигнал уходить на второй круг

Окленд
 Сан-Франциско
 Фримонт
 Сан-Матео
 Сан-Хосе
 Джилрой
 Санта-Круз
 Салинас
 Эпицентр

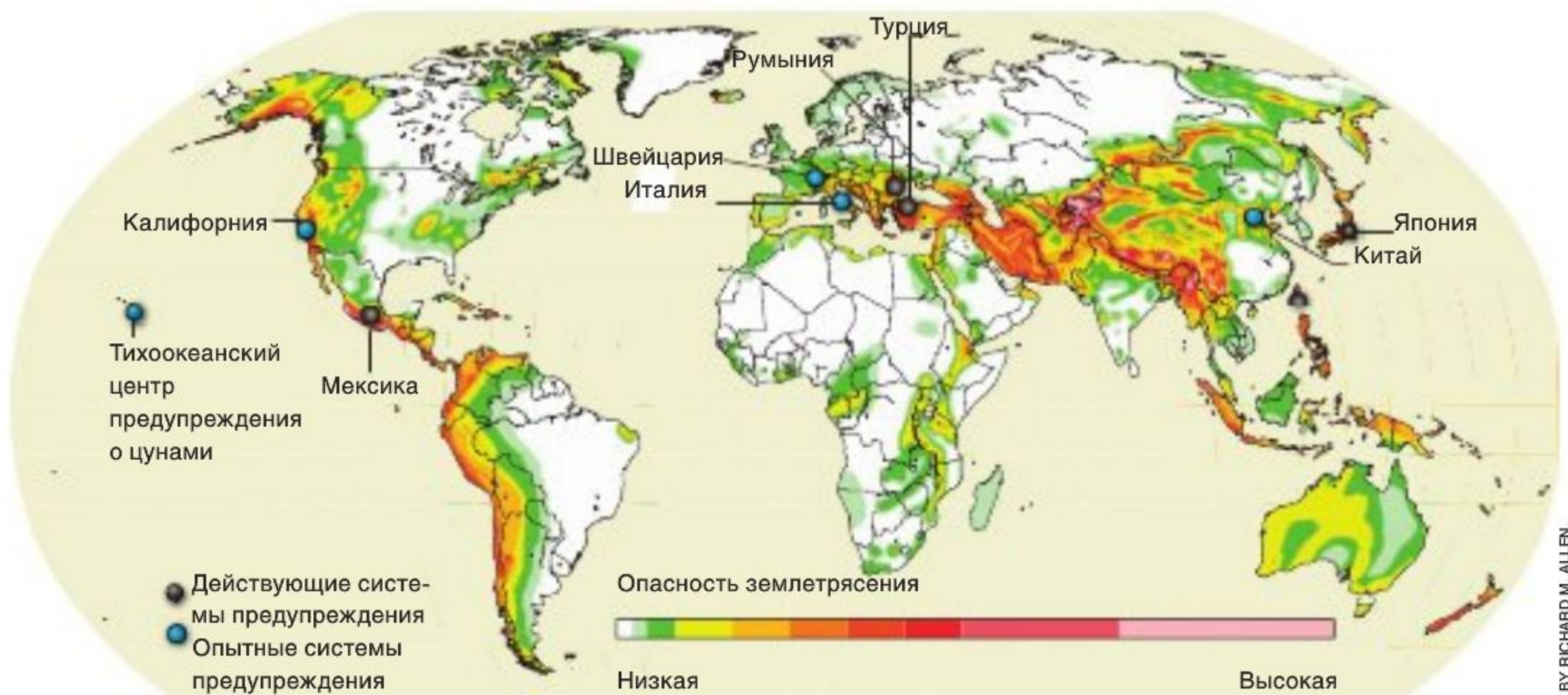
Сигнал тревоги

Как только система оповещения о землетрясениях обнаруживает сильный толчок, отправляется сигнал тревоги. Согласно данной схеме, если разрыв, возникающий в разломе Сан-Андреас, что расположен к югу от залива, вызовет сильное сотрясение, то у людей, находящихся севернее в самых густонаселенных районах, будет более полуминуты, чтобы подготовиться к землетрясению

СЕЙСМОЛОГИЯ

МИРОВЫЕ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

В настоящее время во всем мире установлены пять систем заблаговременного оповещения о землетрясениях, каждая приспособлена к рельефу местности, в которой она находится. В Мексике датчики, регистрируя с тихоокеанского побережья землетрясения, которые зарождаются вдали, в зоне субдукции, отправляют сигнал тревоги в Мехико, мегаполис с населением 20 млн человек, построенный на илистом грунте, усиливающем трясение. Подобным образом румынская система предназначена для обеспечения Бухареста ранним предупреждением о землетрясениях, которые происходят за 150 км в юго-восточной части Карпатских гор. Япония подвержена землетрясениям повсеместно. После землетрясения в 1995 г. в Кобе, когда погибли более 6 тыс. человек, было установлено более 2 тыс. сейсмических станций, чтобы охватить всю страну. Сегодня это самая совершенная в мире система предупреждения о землетрясениях



ли в действие повсеместный сигнал тревоги. Людям на предприятиях, в школах, поездах и автомобилях было дано несколько драгоценных мгновений для подготовки, никаких сведений о панике или транспортных происшествиях, возникших после сигнала, не поступало. В этом отношении США значительно отстает, но новый полигон, разворачиваемый в Калифорнии, должен скоро стать полномасштабной системой оповещения в этом сейсмоопасном штате с угрожающим разломом. Калифорния уже давно должна быть готова к катастрофе. Если мы создадим систему предупреждения сегодня, мы сможем спасти жизни людей.

От волн к предупреждению

Земля ходит у нас под ногами в буквальном смысле слова: тектониче-

ские плиты медленно перемещаются, континенты местами трутся друг о друга и сталкиваются подобно машинам при авариях на автостраде. Земная кора – внешний слой, на котором мы живем, – очень эластична, но только до определенной степени. По краям плит земная кора прогибается до тех пор, пока натяжение не станет чересчур велико. Когда оно становится слишком большим, накопленная предшествующими десятилетиями энергия прорывается сквозь толщу на поверхность Земли, сокрушая все на своем пути.

На нашей планете ежедневно происходят сотни землетрясений. К счастью, большинство из них столь слабы, что мы можем узнать о них, только если у нас есть чувствительные сейсмометры. При каждодневных землетрясениях

смещение масс земной коры происходит по плоскости тектонического разлома на участках 1-2 м, при этом человек может не ощущать сотрясения земли. При землетрясении магнитудой 5,0 разрыв распространяется на 1,5-2,5 км по плоскости разлома, и человек будет ощущать движение земли, но современные постройки могут выстоять. При магнитуде 8,0 разрыв идет на сотни километров по плоскости разлома, может достичь поверхности Земли и расколоть здание пополам.

Прослеживая наращивание напряжения между происходящими землетрясениями, сейсмологи знают, что во многих районах земная кора близка к обрушению. Особенности геологического строения разлома в глубинах Земли также играют важную роль в образовании и распространении раз-

рывных нарушений, однако отобрать образцы непосредственно из него не представляется возможным. Поэтому большинство сейсмологов полагают, что создать систему, позволяющую прогнозировать день и час мощного землетрясения, нереально. Все, что можно сделать в обозримом будущем, – это распознать его в самом начале и послать сигнал тревоги.

Выполнению данной задачи помогает знание нескольких особенностей землетрясений. То, что мы воспринимаем как один продолжительный толчок, на самом деле происходит этапами. Энергия от разрыва земной коры проходит сквозь толщу земли в виде волн *P* и волн *S*. Оба вида волн начинают распространяться от поверхности разлома в одно и то же время, но на этом их сходство заканчивается. *P*-волны, как и звуковые, – волны сжатия, или продольные волны. Они распространяются довольно быстро, но не несут большого количества энергии. Во время землетрясения мы ощущаем их как внезапный вертикальный удар. *S*-волны больше похожи на океанические, движутся медленно, но содержат большую часть энергии и вызывают самое сильное сотрясение. Происходит горизонтальное и вертикальное движение масс поверхности Земли. Такие волны могут раскидать строения, как шлюпки в океане.

Кроме того, волны имеют различные очертания в зависимости от размеров участка смещения. Если он невелик, то *P*-волна имеет относительно малую амплитуду и высокую частоту, т.е. слабый, но учащенный пульс. При более сильных землетрясениях разрыв происходит на большей площади разлома и отличается большим смещением, соответственно, и *P*-волна расходитсся с большей амплитудой и более низкой частотой. Эти два вида волн так же схожи, как писк пичужки и рев медведя гризли.

Исходя только из этих данных, отдельный сейсмометр мог бы рассчитать магнитуду землетрясения. Любая *P*-волна с большой ам-

плитудой и низкой частотой могла бы вызвать сигнал тревоги. И такой путь, когда только одна станция оповещает об опасности вблизи эпицентра, – самый быстрый. Однако характер разрывных движений различен, не все землетрясения магнитудой 5,0 выглядят одинаково, *P*-волна видоизменяется в зависимости от особенностей осадочных пород, залегающих там, где расположен сейсмограф. При подобной изменчивости велик риск получить ложный сигнал (после которого ничего не произойдет) или пропустить его, и тогда стихия нанесет удар без предупреждения.

Совместив данные с нескольких сейсмографов, расположенных на расстоянии нескольких километров, мы можем снизить вероятность регистрации ложного и неполучения нужного сигналов. В этом случае подстилающие осадочные породы в месте нахождения каждого из сейсмометров будут различными, что даст возможность получить среднюю расчетную величину магнитуды. При таком подходе необходима сейсмическая сеть, в которой все данные измерений посылаются в центр для обработки. Для передачи и анализа данных потребуется несколько секунд, но каждую секунду разрушительная *S*-волна проходит 3-5 км.

Лучший выход – сочетание обоих подходов: использование данных как одиночного сейсмометра, так и всей сети, что даст возможность оперативно оповещать население в районе эпицентра землетрясения и получить те 10-20 секунд, которые необходимы для отправки предупреждения на дальние расстояния.

В каждом случае нужно найти компромиссное решение, выбрав точность или время оповещения. Поскольку в сейсмической сети собирается больше данных по землетрясению, то прогнозы будут точнее, но промежуток времени до прихода толчков сократится. Для некоторых, возможно, важнее выиграть время, поэтому они будут не против ложных сигналов. На-

пример, руководители школ могут предпочесть получить предупреждающий сигнал более быстро, чтобы дети успели укрыться. Несколько ложных сигналов в год обеспечат регулярные тренировки, необходимые для того, чтобы каждый знал, что делать. На атомных станциях, напротив, требуется всего одна секунда для остановки реактора, но это весьма дорогостоящая операция, так что работники АЭС предпочтут ждать точного подтверждения опасности.

Сигналы тревоги на короткие и дальние расстояния

Системы оповещения населения о землетрясениях в той или иной форме существовали на протяжении десятилетий. В 60-х гг. XX в. японские инженеры встроили сейсмометры в рельсовые пути новых сверхскоростных пассажирских экспрессов. При чрезмерном сотрясении звучал сигнал тревоги, и машинист мог замедлить движение поезда. Позднее ученые сконструировали системы, где использовались широкополосные сейсмометры для передачи сигналов, предупреждающих самые мощные толчки. Мексиканская сеть предназначена для определения землетрясений у побережья и отправки предупреждений в Мехико, старейший мегаполис с населением более 20 млн человек, воздвигнутый на илистом грунте озера, который усиливает сейсмические волны. Расстояние между городом и берегом моря может обеспечить более 60 секунд на предупреждение.

Мексиканская система вошла в режим реального времени в 1993 г. Первое серьезное испытание она выдержала два года спустя, когда 9 октября 1995 г. землетрясение магнитудой 8,0 разразилось у тихоокеанского берега близ города Мансанильо. В системе были уловлены толчки, и сигнал тревоги передали через теле- и радиостанции в Мехико, а также по специально разработанной для этой цели радиосистеме, по-

добной радиослужбе погоды в США. В результате оповещения административные служащие остановили метро за 50 секунд до подземных толчков, а школы были эвакуированы согласно плану.

В японской системе, запущенной в 2007 г., широко используется персональная техника. Сигналы тревоги передаются не только по радио и телевидению, но и через специальные приемники в жилых домах, учреждениях и школах. На экранах компьютеров в реальном времени всплывают карты с изображением эпицентров и сейсмических волн. Таймер отсчитывает время до сотрясения в данном месте, а световые блики предупреждают об его интенсивности. Операторы мобильной связи передают текстовые сообщения со звуковым сигналом тревоги на все телефоны. Такие объекты, как атомные станции, железные дороги, аэропорты и уязвимые промышленные предприятия, снабжены специальными средствами связи, приспособленными для их нужд.

Опыт Японии показывает, что системы оповещения о землетрясениях не только помогают защитить жизнь людей, но и имеют практический результат. Два землетрясения в 2003 г. около Сендая (Япония) причинили заводу OKI, производящему полупроводники, ущерб более чем на \$15 млн в результате пожара, поломки оборудования и снижения производительности. Завод пришлось закрывать после землетрясений соответственно на 17 и 13 дней. Компания затратила \$600 тыс на реконструкцию и установила систему тревоги. Во время последующих двух аналогичных землетрясений потери составили только \$200 тыс и 4,5 и 3,5 дня простоя.

Проклятие Калифорнии

Калифорния – страна землетрясений. В 2006 г. университеты, местные и федеральные организации, объединив усилия, разработали систему *ShakeAlert* для оповещения штата. Сегодня опытная система соединяет около 400 сейсмиче-

Получив сигнал предупреждения, административные служащие сумели остановить метро за 50 секунд до землетрясения, а школы были эвакуированы согласно плану

ских станций и скоро пошлет свои сигналы небольшой группе испытателей. В окончательном варианте она будет транслировать первый сигнал тревоги с одной сейсмической станции не только всем тем, кто находится вблизи эпицентра, но и на дальние расстояния по широкой сети. Если все пойдет благополучно, предупреждение достигнет адресатов в течение пяти секунд после первой *P*-волны. В Калифорнии еще много предстоит сделать, чтобы создать всеобъемлющую сеть, подобно японской. 400 существующих станций сосредоточены вокруг залива Сан-Франциско и Лос-Анджелеса с пригородами, но еще имеются бреши. Несмотря на то что основная часть населения сосредоточена как раз в этих районах, имеющиеся проблемы замедляют работу системы и уменьшают ее точность, поскольку на определение *P*-волн из множества точек требуется больше времени. В Японии измерительные приборы установлены через каждые 24 км по всей стране. В Калифорнии такая густота сети обеспечила бы оптимальную работу системы, когда число ложных и пропущенных сигналов меньше, а времени на оповещение больше.

Сигналы тревоги, подобно японским, должны распространяться по сети устройств, которые большинство людей имеют при себе постоянно. Человек должен получать на свой мобильный телефон сигнал с указанием прогнозируемой интенсивности землетрясения, отсчетом времени до его наступления и, возможно, простыми командами, как то: «Лезь под стол» или: «Отправляйся в безопасное место». Более крупные организации с разбросанными по всему району предприятиями, вероятно, захотят получить более детальную информацию, например карту распространения волн в реальном времени и распределение подземных толчков в районе поражения. Установка такой системы потребовала бы весьма скромных вложений по сравнению с потенциальной опасностью сильного землетрясения. Это 100 новых сейсмических станций и усовершенствование существующей инфраструктуры на общую сумму \$80 млн. Через пять лет система могла бы заработать. А через шесть мы сказали бы спасибо за то, что она есть. ■

Перевод: В.И. Сидорова

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- New Methods and Applications of Earthquake Early Warning. Edited by R.M. Allen, O. Kamigachi and P. Gasparini. Geophysical Research Letters, Vol. 36, No. 5; 2009.
- Earthquake Early Warning. Edited by Richard M. Allen, Paolo Gasparini and Osamu Kamigachi. Seismological Research Letters, Vol. 80, No. 5; September/October 2009.
- Intrinsically Unstructured Proteins and Their Functions. H. Jane Dyson and Peter E. Wright in Nature Reviews Molecular Cell Biology, Vol. 6, pages 197-208; March 2005.
- The Status of Earthquake Early Warning around the World: An Introductory Overview. Richard M. Allen in Seismological Research Letters, Vol. 80, No. 5, pages 682-693; September/October 2009.
- California Integrated Seismic Network: www.cisn.org



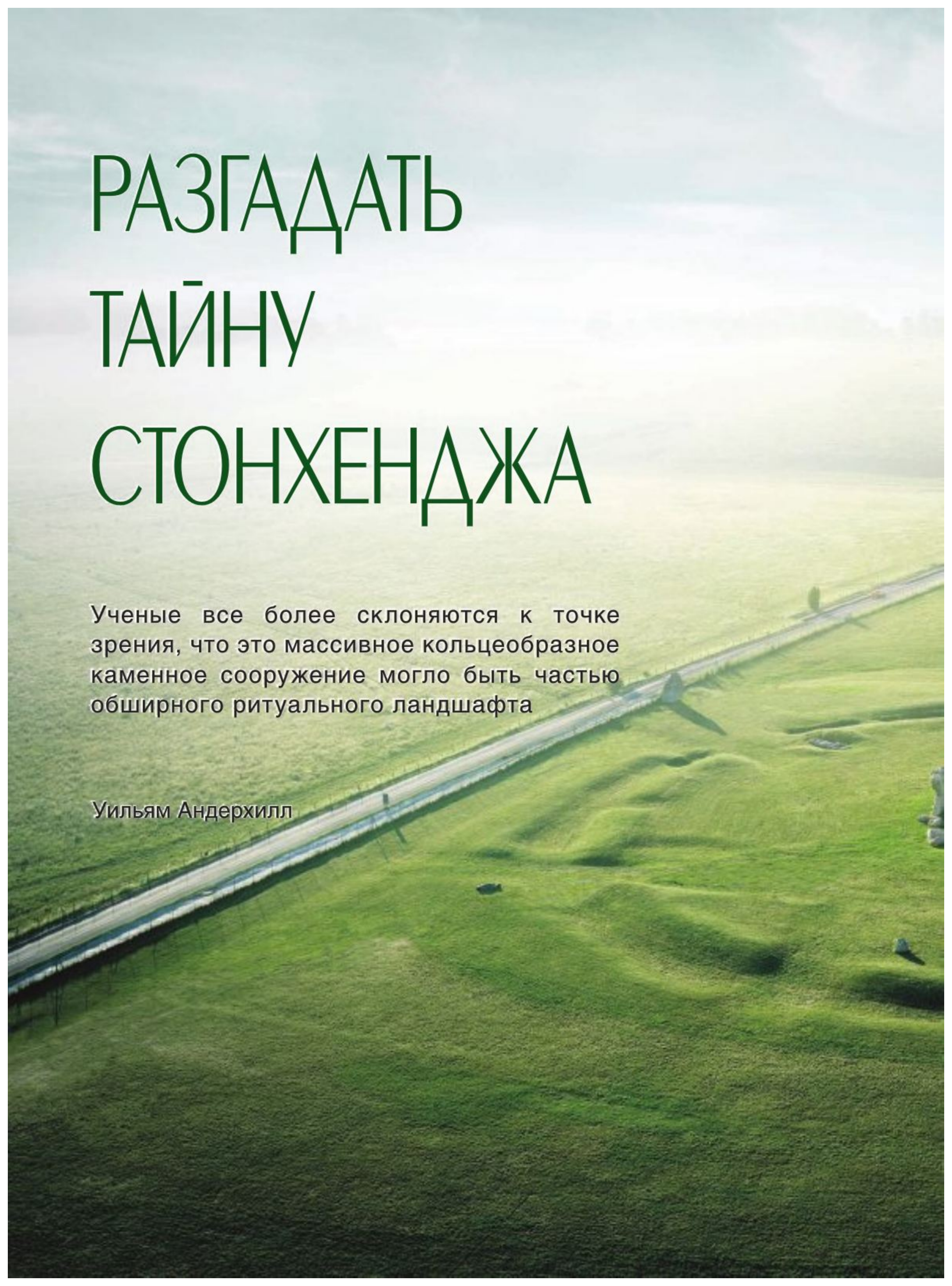
www.sciam.ru

- АНОНСЫ
- НОВОСТИ
- СТАТЬИ
- архив
- ПОДПИСКА

РАЗГАДАТЬ ТАЙНУ СТОНХЕНДЖА

Ученые все более склоняются к точке зрения, что это массивное кольцеобразное каменное сооружение могло быть частью обширного ритуального ландшафта

Уильям Андерхилл

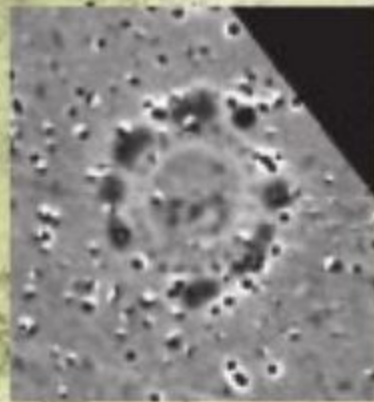




О ПОЛОЖЕНИИ ВЕЩЕЙ

В последние годы, после обнаружения археологами следов нескольких крупных сооружений поблизости от Стоунхенджа, появились новые идеи относительно того, как люди эпохи неолита использовали окружающий ландшафт. По главной теории, во время возведения знаменитого круглого монумента из камня строители жили в поселении в Даррингтон-Уоллсе, а впоследствии регулярно приходили для сезонных празднований к его деревянному эквиваленту под названием Южный круг. Напротив этого «царства живых» располагалось «царство мертвых», включавшее Стоунхендж и, возможно, другие сооружения. Тела умерших могли перевозить вниз по реке Эйвон к Блюхенджу, где они кремировались, а затем, по завершающему отрезку пути, «авеню» (параллельная пара валов и рвов), их прах доставляли к Стоунхенджу – последнему месту упокоения

Illustration by Richard Schlecht



ПОД ПОВЕРХНОСТЬЮ ЗЕМЛИ

В 2010 г. археологи использовали магнитометры для обследования местности вокруг Стоунхенджа. Вскоре они сообщили об обнаружении примерно в 1 тыс. ярдов (914 м) от каменного памятника следов чего-то похожего на бывшее деревянное сооружение. На магнитной карте слева видно кольцо из прежних ям, где могли стоять вкопанные деревянные столбы

Предполагаемое деревянное сооружение, обнаруженное в 2010 г.

Авеню

Стоунхендж

ЦАРСТВО МЕРТВЫХ

Блюхендж



ВЕЛИКОБРИТАНИЯ

ИРЛАНДИЯ

Стоунхендж

Север



СТОНХЕНДЖ В ПЕРИОД ОКОЛО 1600 Г. ДО Н.Э.

Первоначально, примерно 5 тыс. лет назад, Стоунхендж появился в виде кругового вала и рва, возможно, окружавших кольцо из вертикальных деревянных столбов. В следующую тысячу лет строители доставили сюда и установили гигантские каменные блоки.

Так изображенное здесь сооружение могло выглядеть около 2,5 тыс. лет назад. Оно находилось на возвышенном месте в долине Солсбери и было сориентировано на восход солнца в день летнего солнцестояния

ЦАРСТВО ЖИВЫХ

Даррингтон-Уоллс

Южный круг

Вудхендж

Река Эйвон

Эймсбери



ВУДХЕНДЖ

В 1925 г. с помощью аэрофотосъемки было обнаружено место сооружения, получившего название Вудхендж. Оно могло иметь крышу, как показано выше, или же быть открытым. Хотя Вудхендж был построен через столетия после Стоунхенджа или Даррингтон-Уоллса, он позволяет представить полный внешний вид более старых деревянных сооружений, найденных в ходе раскопок в последние несколько лет. Например, Южный круг, расположенный внутри Даррингтон-Уоллса, имел примерно такие же размеры, как Вудхендж. Сориентированный на закат в день летнего солнцестояния, Южный круг – зеркальное отражение Стоунхенджа

Кликом компьютерной мыши археолог Винс Гаффни (Vince Gaffney) торжественно выводит на экран изображение древнего ландшафта. 52-летний профессор ландшафтной археологии демонстрирует в Бирмингемском университете начальные результаты виртуальных «раскопок» на территории самого известного доисторического памятника Великобритании. На экране возникает огромное кольцо из вертикальных деревянных столбов, которое располагалось примерно в 914 м к северо-западу от Стоунхенджа и представляло собой выполненное из дерева подобие своего более величественного соседа. В 2010 г. Гаффни приступил к осуществлению трехлетнего проекта и возглавил международную группу археологов. Им предстояло исследовать окружающую местность в попытке открыть тайну этого места, используя современные технические средства. Успех не заставил себя ждать. Не прошло и двух недель, как группа, вооруженная мощными магнитометрами и геофизическим радаром подземного сканирования, наткнулась на остатки предполагаемого кругового деревянного сооружения. Пожалуй, это стало наиболее значительной за последние 50 лет археологической находкой на данной территории.

Обнаруженное группой Гаффни – одно из многих открытий последнего времени, заставивших ученых заняться пересмотром роли Стоунхенджа. Появление новых материалов и повторный анализ прежних находок с использованием современных технических средств археологии обеспечивают постоянный приток свежей информации. Достижения в радиоуглеродном датировании позволяют специалистам добиться большей точности в хронологии исторических событий. А при помощи совершенного химического анализа человеческих останков можно установить вероятное происхождение людей, побывавших здесь в древ-

ние времена. При этом растет скорость проведения исследований. Радарные устройства могут добывать данные в объемах, какие еще несколько лет назад казались немислимыми (за каких-то два дня работы у Стоунхенджа исследовательская группа Гаффни получила столько же информации, сколько за три года на предыдущем археологическом объекте.) С увеличением количества данных приходят свежие идеи. Так, на основе имеющихся сегодня новых сведений возникла смелая теория: Стоунхендж никогда не оставался в таком гордом одиночестве, как сегодня. «Он был частью обширного ритуального ландшафта», – указывает Гаффни.

Древняя загадка

С XVII в. люди науки изо всех сил старались выяснить предназначение Стоунхенджа. Почти каждое поколение предлагало свои варианты ответов на главные вопросы: кем было воздвигнуто сооружение, когда и для чего? В разные времена считалось, что оно служило когда-то астрономической обсерваторией или местом захоронения великих вождей, храмом жрецов-друидов железного века или чем-то в этом роде. До того как ученые признали возведение Стоунхенджа заслугой людей, живших в эпоху неолита, в список возможных его создателей входили римляне, датчане и даже знаменитый британский волшебник Мерлин.

К сожалению, очевидные признаки присутствия здесь строителей до обидного разрозненны – небольшое количество древесного угля от

их костров, каменные осколки, коровьи кости, наконечники стрел, заостренные орудия из оленьих рогов. Говорить о времени создания Стоунхенджа можно лишь в широком хронологическом диапазоне. Круглый ров и земляная насыпь, которые, вероятно, окружали внутреннее кольцо из древесных стволов, появились около 3 тыс. лет до н.э., а уже в следующий тысячелетний период Стоунхендж постепенно приобрел свой окончательный облик. Внешняя сторона этого сооружения была образована кольцом из гигантских вертикальных блоков песчаника (сарсены), притащенных из каменоломен в местечке Марлборо-Даунс в 29 км отсюда. Внутри особым образом располагались меньшие по размеру «голубые камни», которые доставлялись сюда за 240 км, с гор Южного Уэльса, а также огромные глыбы серых сарсенов, выстроенные в виде подковы. Расположению камней, похоже, придавалось особое значение: центральная ось сооружения ориентирована на восход солнца в день летнего солнцестояния и на закат в день зимнего солнцестояния.

После начального возведения происходило многое такое, что усложняло впоследствии задачу археологов. Так, в какой-то момент древние строители Стоунхенджа приняли решение изменить расположение голубых камней. Некоторые из них исчезли совсем: из примерно 80 первоначальных камней сегодня осталось лишь около половины. Свою роль сыграла также характерная для XX в. привычка загрязнять природу. Магнитометры

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Ученые столетиями размышляли о предназначении Стоунхенджа.
- Их толкования традиционно ограничивались констатацией того, что это массивное круговое каменное сооружение.
- Однако, как следует из недавних открытий, Стоунхендж никогда не был в одиночестве – он составлял центр большой ритуальной территории.
- Это породило новые теории относительно действительной функции древнего памятника.



В поисках лечения? Как показал химический анализ останков мальчика-подростка, он приехал сюда из Средиземноморья. Эта и несколько других находок археологов заставляют предположить, что Стоунхендж был местом исцеления, а не монументом смерти

группы Гаффни обнаружили большое количество мусора – остатки металлических пивных банок и пробок, выбрасывавшихся толпами зрителей на музыкальных фестивалях в 1970-х и 1980-х гг. Не говоря уже о едва проступающих очертаниях окопов, которые были выкопаны в период Первой мировой войны, когда на этой территории располагался учебный военный плац, или о последствиях небрежной работы прежних археологов, допустивших утрату важных свидетельств. Внесение Стоунхенджа в список объектов Всемирного культурного наследия ЮНЕСКО в 1986 г. безусловно способствовало сохранению памятника и прилегающей местности, но одновременно устанавливало ограничения на проведение здесь археологических раскопок.

От колыбели до могилы

Идея о том, что Стоунхендж (в переводе – каменный «хендж»: есть версия, что слово «хендж» (*henge*) образовалось от староанглийского *hencg*, означавшего «стержень»

или «выступ» – как известно, верхние камни Стоунхенджа крепились с помощью системы гнезд и выступов. – Прим. пер.) выступает в роли важной части обширного ритуального ландшафта, не нова: при первом же взгляде на карту в глаза бросается множество старых захоронений, разбросанных по всей окружающей местности, причем некоторые из них древнее самого Стоунхенджа. Еще в 1925 г. с помощью аэрофотосъемки было обнаружено место аналогичного деревянного сооружения, получившего название Вудхендж (деревянный «хендж»). С тех пор происходило постепенное накопление археологических данных, позволивших специалистам размышлять о том, каким образом здесь могло происходить сочетание ритуалов, управлявших жизнью и смертью.

За несколько лет до обнаружения группой Гаффни последнего кольца из древесных стволов находки другой археологической экспедиции в районе Стоунхенджа позволили составить более обширную кар-

тину. В 2007 г. археолог Майк Паркер Пирсон (Mike Parker Pearson) из Шеффилдского университета в Великобритании и группа из возглавляемого им проекта *Stonehenge Riverside Project*, включавшая некоторых ведущих британских археологов, объявили о том, что нашли в Даррингтон-Уоллсе, в 3,2 км к северо-востоку от Стоунхенджа, остатки большого доисторического поселения – возможно, самого крупного в стране – с мощной, специально сделанной изгородью. Анализ данных химического состава почвы, включая уровни содержания азота и фосфора, позволил получить большой объем сведений о бытовых условиях жизни в этих домах: от указания мест приготовления пищи до того, где именно спали их обитатели. (Спустя тысячелетия удалось даже обнаружить следы мочи, оставшиеся от здешних младенцев.) Тщательное радиоуглеродное датирование показало, что данное поселение было обитаемым на протяжении менее 45 лет – это дало основание Паркеру Пирсону и его

коллегам предположить, что именно здесь проживали когда-то строители Стоунхенджа, которые уехали после завершения своей работы.

Что не менее важно, та же самая группа раскопала остатки еще одного Вудхенджа, предшествовавшего найденному в 2010 г. группой Гаффни. Это концентрическое кольцо из древесных стволов, получившее название Южный круг, было отчетливо сориентировано на закат в день летнего солнцестояния – зеркальное отражение каменного Стоунхенджа. По утверждению Паркера Пирсона, Стоунхендж имел деревянный эквивалент, и оба эти памятника некогда составляли удивительный единый ритуальный комплекс, связанный с почитанием предков и Солнца. «Это обстоятельство проясняет истинное предназначение данного памятника, – говорит он. – Мы обнаружили, что Стоунхендж был всего лишь половиной целого огромного комплекса».

По его мнению, каждая из этих половин играла свою символическую роль. Вероятнее всего, большое каменное кольцо Стоунхенджа представляло собой «царство мертвых», вечный памятник предкам, тогда как Южный круг – не-

кую земную противоположность: место, где люди появились сначала как строители этого деревянного сооружения, а впоследствии регулярно приходили сюда для особых сезонных празднований. Такой интерпретации отчасти способствовал рассказ коллеги Паркера Пирсона родом с Мадагаскара, который увидел в этом сходство с существующим на его родине обычаем, когда наряду с обычными деревянными жилищами строятся дома из камня для мертвых. Данную версию в определенной степени подтверждают результаты анализа костей животных, найденных в Даррингтон-Уоллсе, которые говорят о том, что этот домашний скот привезли сюда из отдаленного района юга Англии, – вероятно, чтобы съесть его на ритуальных пирах. Дополнительные сведения появились в 2009 г., когда при осуществлении проекта *Stonehenge Riverside Project* на другом берегу реки Эйвон в 3,2 км от каменного памятника (и на таком же расстоянии от Даррингтон-Уоллса) было обнаружено место круга из 25 голубых камней, который поспешно окрестили Блюхендж (голубой «хендж»). Здесь уже не было самих каменных глыб (вероятно, их переместили в Стоунхендж), но остались характерные голубые осколки камня и, что более важно, некоторое количество древесного угля, говорившего о том, что эта конструкция была возведена около 5 тыс. лет назад. По предположению Паркера Пирсона, в Блюхендже производилась кремация умерших – это было священное место, откуда мертвые начинали свой последний путь в Стоунхендж.

Конечно, для людей эпохи неолита эти голубые камни должны были иметь особое значение – иначе почему их разместили в самом центре Стоунхенджа, под защитой более крупных монолитов-сарсенов? Сегодня существует еще одна теория, которая называет эти камни главным элементом Стоунхенджа и отводит всему этому доисторическому сооружению совершенно иную роль. Археологические наход-

ки, сделанные в 2008 г. при проведении первых за последние 40 лет раскопок непосредственно в пределах круга Стоунхенджа, свидетельствуют в пользу идеи, что это сооружение было преимущественно целебным местом, куда, преодолевая огромные расстояния, устремлялись люди в надежде на исцеление. «Словно в огромном средневековом соборе, в Стоунхендже могли происходить самые разные вещи, но главная его притягательность заключалась в том, что он был местом чудодейственного целительства», – утверждает Тимоти Дарвилл (Timothy Darvill) из Борнмутского университета в Великобритании, проводивший в 2008 г. эти раскопки вместе с Джеффом Уэйнрайтом (Geoff Wainwright), бывшим президентом лондонского Общества антикваров.

Целительные способности

Теория Дарвилла и Уэйнрайта могла бы помочь в объяснении тех невероятных усилий, что были затрачены на доставку на юг Англии массивных глыб голубого камня – каждая весом до 4 т – с преодолением примерно 240 км от места их добычи в Презелийских горах Южного Уэльса. (Хотя это не столь трудно, как кажется: осенью прошлого года группа студентов продемонстрировала способ перемещения по земле подобных глыб на подкладываемых под них небольших каменных шарах. Эксперты задумали провести это испытание, обнаружив такие шары рядом с аналогичным кругом из крупных камней в Шотландии.) Она могла бы также объяснить причины отсутствия сегодня такого большого количества голубых камней. В ходе раскопок 2008 г. Дарвилл находил множество мелких каменных кусочков, явно намеренно откалывавшихся от больших глыб – вероятно, для использования в качестве талисманов. Можно предположить, что подобным образом были по кусочку расколоты и унесены целые большие камни.

Однако не камни, а погребенные здесь мертвые в наибольшей сте-

По утверждению Паркера Пирсона, Стоунхендж имел деревянный эквивалент, и оба этих памятника некогда составляли удивительный единый ритуальный комплекс, связанный с почитанием предков и Солнца

пени подтверждают версию о том, что Стоунхендж выступал в качестве некоего доисторического эквивалента сегодняшнего католического храма во французском городе Лурд, известного происходящими здесь чудодейственными, как полагают, исцелениями. В 2002 г., во время раскопок на стройплощадке в 4,8 км от Стоунхенджа, археологи наткнулись на захоронение взрослого мужчины, датированное бронзовым веком, примерно 2300 г. до н.э., с большим набором ценных предметов. Изучение скелета этого человека, названного Лучником из Эймсбери из-за присутствия в его захоронении, помимо всего прочего, принадлежностей для стрельбы из лука, показало, что при жизни у него была разбита коленная чашечка, и по костям распространилась инфекция. В результате анализа химического состава зубов данного мужчины удалось выявить сочетание изотопов кислорода и стронция, говорящее о том, что изначально он жил в далеких отсюда Альпах (эмаль зубов формируется в раннем детстве, и по ее изотопному составу можно рассказать об условиях, в которых рос конкретный человек). Возможно, он прибыл в Англию, рассчитывая на излечение или по меньшей мере на ослабление своей боли возле прославленного Стоунхенджа. В самом деле, при раскопках многочисленных расположенных поблизости захоронений обнаруживались человеческие останки с признаками серьезных прижизненных повреждений. Поэтому разумно будет считать Лучника из Эймсбери одним из целого потока приезжих, которых вела к Стоунхенджу надежда на облегчение страданий.

То, что этот человек был далеко не единственным прибывшим сюда издалека, подтверждают результаты недавнего изотопного анализа эмали зубов из могилы, обнаруженной в 2003 г. в соседнем поселении Боскомб-Даун. Все семеро похороненных в ней людей, по-видимому, провели часть своих

юных лет в Уэльсе, где были добыты голубые камни Стоунхенджа. Наконец, в прошлом году Джейн Эванс (Jane Evans) из Британской геологической службы сообщила об аналогичном исследовании останков мальчика, найденных неподалеку в 2005 г. По его результатам, подросток приехал сюда из каких-то мест с более теплым средиземноморским климатом, хотя по-прежнему остаются вопросы относительно интерпретации полученных данных.

Гипотеза об эквиваленте Лурда, как и все прочие теории о предназначении Стоунхенджа, имеет своих противников. Их самый сильный аргумент заключается в отсутствии достаточных подтверждений того, что в окружающей местности встречается непропорционально большое количество человеческих останков с признаками травмы. Для обоснования этой точки зрения потребуются гораздо более серьезное обследование захороненных костей. Но даже в том случае, если дальнейшие находки будут подтверждать обоснованность гипотезы об эквиваленте Лурда, это не должно непременно опровергать версию археолога Паркера Пирсона, поскольку две теории не противоречат друг другу. Нет сомнений в том, что за 5 тыс. лет люди могли использовать данное место в разных целях и по-разному относиться к нему.

Несмотря на все эти новые археологические находки, многое в Стоунхендже остается для нас загадкой. От людей каменного века осталось очень мало сведений относительно их верований или их повседневной жизни. Однако современные археологи, вооруженные новыми технологиями, будут продолжать свою работу. В этом году британская государственная организация *English Heritage*, в ведении которой находится Стоунхендж, планирует провести лазерное сканирование камней этого сооружения для поиска информативных рисунков и процарапанных знаков. Паркер Пирсон, действующий в рамках проекта *Feeding Stonehenge*,

изучает кости животных, которые были обнаружены в поселении Даррингтон-Уоллс, стараясь выяснить, как жили построившие это каменное кольцо люди, чем они питались и откуда пришли. В свою очередь, осуществляемое группой Гаффни высокотехнологичное обследование прилегающей территории площадью более 12,9 кв. км должно со временем впервые дать полную картину того, что именно лежит под поверхностью почвы. И можно быть уверенными, что нам предстоят новые открытия. По мнению Гаффни, Стоунхендж был лишь одним из многих подобных. Но это обстоятельство, вероятно, не станет препятствием для его изучения с научной точки зрения. ■

Перевод: А.Н. Божко

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

■ Stonehenge Excavations 2008. Timothy Darvill and Geoffrey Wainwright in *The Antiquaries Journal*. Vol. 89, pages 1-19. Опубликовано онлайн 21 апреля 2009 г.

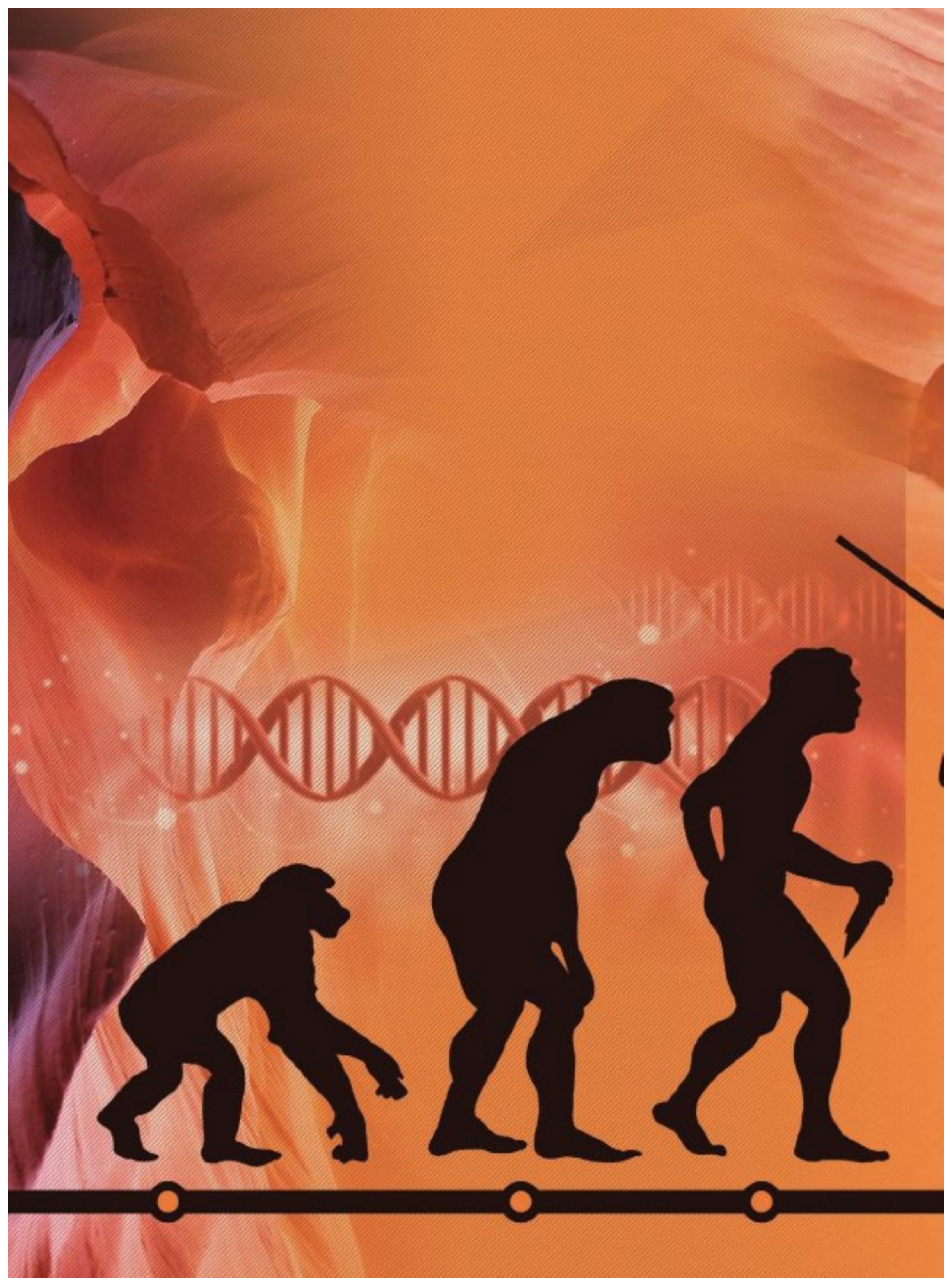
■ Who Was Buried at Stonehenge? Mike Parker Pearson et al. in *Antiquity*. Vol. 83, No. 319, pages 23-39; March 2009.

■ Информация о Стоунхендже на сайте Центра Всемирного наследия ЮНЕСКО: <http://whc.unesco.org/en/list/373>



ОБ АВТОРЕ

Уильям Андерхилл (William Underhill) – писатель, живущий в Великобритании. Он пишет статьи для самых разных газет и журналов, включая *Newsweek*, *Economist*, *Guardian* и *Daily Telegraph*. С особым энтузиазмом относится к истории своей страны.





СЕСТРЫ ПО РАЗУМУ

Человек в том виде, в каком мы себя знаем, еще очень молод. Всего за несколько десятков тысяч лет – срок по эволюционным и планетарным меркам смехотворный – мы успели заселить почти все уголки Земли, уничтожить конкурентов, стать самым могущественным видом на планете. Еще недавно антропологи были уверены в том, что свое победное шествие мы начали примерно 50 тыс. лет назад из Африки. Однако работы, которые ученые Института археологии и этнографии Сибирского отделения РАН вели последние три десятилетия на небольшой территории Солонешенского района Алтайского края, поставили на этом представлении если не крест, то огромный знак вопроса. О том, какие тайны раскрыла нам Денисова пещера и другие находящиеся в ее окрестностях стоянки древнего человека, рассказал специальному корреспонденту нашего журнала директор института, член президиума РАН **Анатолий Пантелеевич Дервянко**



Анатолий Пантелеевич Деревянко – российский археолог, действительный член

РАН, доктор исторических наук, директор Института археологии и этнографии Сибирского отделения РАН. Специалист по палеолиту Сибири. Председатель Объединенного ученого совета по гуманитарным наукам Сибирского отделения РАН, академик-секретарь Отделения историко-филологических наук РАН, член Президиума АН. Лауреат Государственной премии и Демидовской премии. Родился 9 января 1943 г. в селе Козьмодемьяновка Амурской области. В 1963 г. окончил Благовещенский государственный педагогический институт. В 1965 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Древние культуры Среднего Амура (каменный век)». В 28 лет Анатолий Пантелеевич стал доктором исторических наук. В 1980-1982 гг. был ректором Новосибирского государственного университета. Автор более 80 монографий и 700 научных статей, многие из которых опубликованы на 15 иностранных языках.

Этот наш предок только выглядит так молодо. На самом деле ему **более 200 тыс. лет**



Путь из колыбели

– Анатолий Пантелеевич, опубликованная в журнале *Nature* в декабре прошлого года статья о находках останков древнего человека в Денисовой пещере и результатах генетического анализа буквально взорвала научный мир. Некоторые ученые даже обвинили ваших сотрудников в фальсификации – настолько не стыковались ваши выводы с тем, что антропологи ранее считали непогрешимой истиной. Стоило ли «ворошить муравейник»?

– Конечно, стоило. Важнейшим критерием науки всегда была, есть и будет истина. Не сенсация, а объективный результат. А вопрос о происхождении человека, о том, где именно он появился, откуда и какими путями расселялся по планете, кем были наши предки, всегда был одним из фундаментальных.

– Достаточно вспомнить знаменитые дарвиновские «обезьяньи процессы», раздиравшие общество во второй половине XIX в.

– Тогда Дарвину для доказательства своей гипотезы происхождения человека не хватало переходного звена, названного Эрнестом Геккелем питекантропом, в переводе с греческого – «обезьяночеловеком». Останки первого примитивного гоминида, получившего такое название, были найдены в 1891 г. на острове Ява. Поэтому в конце позапрошлого века ученые считали, что человек первоначально появился в Юго-Восточной Азии. Затем, после того как в 1920-х гг. в Китае нашли кости скелетов 44 древних особей, прародиной человечества стали считать Центральную Азию. Однако в 1925 г. австралийский антрополог Раймонд Дарт рассказал о найденных им в Калахари останках гоминида, которого он назвал австралопитеком. В следующие десятилетия в Южной и Восточной Африке были найдены еще сотни останков австралопитековых возрастом от 7 до 2,5 млн лет, а сам континент в списке претендентов на титул прародины человечества вышел на первое место, т.е. примерно 7 млн лет назад произошло разделение. От одного нашего общего предка пошли две ветви – наша, австралопитековая, и параллельная ветвь человекообразных обезьян.

– Соответственно, можем ли мы утверждать, что произошли от человекообразных обезьян?

– Можно сказать, что у нас есть один общий предок. Примерно 2 млн лет назад *Homo erectus* («человек прямоходящий») впервые вышел за пределы Африки, что положило начало первому великому переселению, ознаменовавшему событие величайшей важности – заселение человеком планеты. Сейчас мы считаем, что оно шло по двум направлениям. Одно – через Ближний Восток и Иран на Кавказ и, возможно, в Малую Азию, а уже оттуда – в Европу. Другое направление миграции связано с заселением Южной, Юго-Восточной и Восточной Азии. Оно также раздвоилось: один поток пошел севернее, в район современных территорий Таджикистана, Узбекистана, Казахстана и Монголии, а второй, обойдя Гималаи и Тибет по южной стороне, заселил Пакистан, Индию, Восточную и Юго-Восточную Азию. В Пакистане найдены кварцевые артефакты возраста около 2 млн лет. В Индонезии в 1936 г. был обнаружен юношеский череп, датированный возрастом 1,8 млн лет. Еще две антропологические находки (1974) были датированы 1,6 млн лет назад.

– Получается слишком высокая скорость расселения.

– В Европе и в Центральной Азии древнейшие из найденных артефактов значительно моложе – 1,2-0,8 млн лет. Примерно 450-350 тыс. лет назад с Ближнего Востока началась вторая волна миграции. Люди шли на восток Азии.

Об их продвижении можно судить по распространению новой, более прогрессивной технологии обработки камней. Эта волна достигла Монголии и Индии.

Во времена первого заселения Алтая предками современного человека его территория была большей частью покрыта мощным ледовым щитом. Поэтому первые поселения располагались по берегам рек в заболоченных лесостепях и степях к югу от ледников



Чартерные перелеты в эпоху среднего палеолита – Это были уже люди *sapiens*, или все еще *erectus*?

– Вы подошли к самому главному вопросу. Конечно, это были люди еще не нашего анатомического типа, т.е. не *sapiens sapiens*. Самые ранние останки *Homo sapiens sapiens*, «человека разумного разумного», найдены в Восточной Африке. Считается, что наш вид появился там примерно 200-150 тыс. лет назад.

– Таким образом, мы опять вышли из Африки, откуда уже не раз происходили наши далекие предки?

– Не факт и не совсем предки. Родственники. Сейчас существуют две точки зрения на происхождение человека: точка зрения моноцентристов и мультирегионалов. Большинство пока придерживаются моноцентрической гипотезы. По ней человек нашего типа появился в Африке 200-150 тыс. лет назад, а 80-60 тыс. лет назад он начал свое шествие в восточную Евразию, в Австралию и далее – в Центральную Азию и в Европу. По пути он выживал с насивенных мест уже давно обитавших там эректусов или просто их истреблял – пока, наконец, примерно 30-25 тыс. лет назад по-

следние из них не были полностью уничтожены.

– Так жестоко?

– Нет, некоторые исследователи считают, что *Homo erectus* во многих местностях весьма долго сосуществовали с *Homo sapiens sapiens*, что между ними происходил культурный обмен и они между собой даже иногда спаривались. Так что эректусы постепенно просто «растворились» в современных людях, т.е. произошла гибридизация и ассимиляция. Но такая моноцентрическая теория во всех ее вариантах не дает ответа на один важный вопрос. Если человек появился в Африке как минимум 150 тыс. лет назад, то как получилось, что культура верхнего палеолита с характерными для нее особенностями и орудиями труда неожиданно проявилась в промежутке от 50 до 40 тыс. лет назад почти одновременно в самых удаленных друг от друга регионах Евразии? При этом между ними продолжала царствовать культура среднего палеолита.

– И непонятно, почему этот человек обитал в Африке безвылазно более 100 тыс. лет, а заселил всю оставшуюся землю за 30 тыс. лет?

«Заселение Австралии из Африки происходило чартерными авиарейсами. Остается только найти древние аэропорты в Африке и в Австралии»

– Моноцентристы говорят, что виной тому был «демографический взрыв» – что само по себе весьма сомнительно, если учесть, что средняя продолжительность жизни тогда составляла 25 лет. Опять же, это не объясняет, почему человек современного типа заселил Австралию уже 50, а то и 60 тыс.

лет назад, соседнюю Южную Африку – только 40 тыс. лет назад, а в Центральной и Западной Африке он появился и вовсе 30 тыс. лет назад.

– Африканский человек сначала обжил Австралию, и лишь потом начал распространяться по Африке?

– Совершенно верно. За 5-10 тыс. лет ему удалось покрыть более 10 тыс. км, не оставив по пути никаких следов. Моноцентристы говорят, что они шли по берегу, а тогдашняя прибрежная полоса уже давно ушла под воду, поэтому и следов не осталось.



– **Получается, что они шли только по берегу, а вглубь континента и не заглядывали?**

– По моноцентристской гипотезе – нет. Хотя, конечно, они обязательно должны были уходить вглубь, хотя бы по берегам крупных рек, преодолеть которые было непросто, да и смысла в этом особого не было. Некоторые моноцентристы утверждают, что движение было таким быстрым и именно вдоль берега, потому что люди передвигались на лодках. Только вот на африканских палеолитических местонахождениях древностью 70-30 тыс. лет не было найдено рубящих и прочих орудий, с помощью которых можно было сделать лодку.

– **Получается тупик?**

– Не совсем. Я готов предложить моноцентристам рабочую гипотезу: заселение Австралии из Африки происходило чартерными авиарейсами. Остается только найти древние аэропорты в Африке и Австралии. Только так можно объяснить отсутствие археологических свидетельств о глобальной миграции человека современного антропологического типа из Африки в Австралию.

Неандерталец – это звучит гордо

– **Судя по ироническому замечанию, вы придерживаетесь другой гипотезы, мультирегиональной.**

– Я считаю, что эректусы в местах их расселения под влиянием различных факторов могли сами развиваться в сторону сапиенсов. В конечном итоге и получился современный человек. Данные современных археологических раскопок в Африке и Евразии позволяют выделить три географических зоны, в которых 100-30 тыс. лет назад шел переход от среднего к верхнему палеолиту. Вероятно, в них происходило развитие не только индустрии, но и самого человека, что могло привести к появлению современного человека. Первая зона – Африка. Именно там найдены останки древнейшего представителя современных людей. Сомнений в этом нет почти

ни у кого. *Homo sapiens africanensis* был наиболее древним – 150 тыс. лет. Кроме того, он обладал наибольшим генетическим разнообразием и, возможно, его генетический и анатомический вклад в современного человека был самым большим. Вторым центром была Европа и Ближний Восток. Именно здесь появился *Homo sapiens neanderthalensis*.

– **Неандерталец? Так он вроде к людям не относится? Параллельная ветвь.**

– Так считалось. Судьба неандертальцев трагична. Сначала их называли нашими предками, потом, после того как в 1980-х гг. ученые секвенировали их митохондриальную ДНК, неандертальцев перевели в отдельный вид и вычеркнули из нашей родословной. Выделение в отдельный вид означало, что неандертальцы не могли скрещиваться с африканцами и давать плодотворное потомство. Антропологи считают, что современные люди либо вытеснили неандертальцев, либо уничтожили их. Некоторые, правда, были с этим не согласны и утверждают, что гибридизация могла быть. Известный антрополог Эрик Тринкауз в 2006 г. сравнил по 75 признакам современного человека и неандертальца. И вышло, что примерно половина признаков относится только к современным людям, четверть – и к современным людям, и к неандертальцам, и четверть – только к неандертальцам. Наконец, данные последних генетических исследований показали, что в нашем геноме, геноме не африканских людей, до 4% генов досталось нам именно от неандертальцев. Оказалось, что они состоят в одинаково близком родстве с китайцами, папуасами и французами, т.е. плодотворная гибридизация произошла.

– **И все мы на 4% неандертальцы?**

– Европейцы – да. И ничего в этом обидного нет. В пору, когда неандертальцы еще не растворились в

человеческой природе, у них уже была довольно высокоразвитая по тем временам индустрия и культура. Они изготавливали сложные каменные орудия, у них существовали обряды захоронения – это доказал известный российский археолог А.П. Окладников еще в 1949 г. У меня еще со студенческих лет по отношению к неандертальцу есть стойкая уверенность, что если его можно было бы сводить в салон к модному

«Если неандертальца можно было бы сводить в салон к модному парикмахеру, надеть на него фрак и шляпу, то он, наверное, хотя и не смог бы дирижировать симфоническим оркестром, но слушал бы музыку Вивальди с большим удовольствием»

парикмахеру, надеть на него фрак и шляпу, то он, наверное, хотя и не смог бы дирижировать симфоническим оркестром, но слушал бы музыку Вивальди с большим удовольствием. И я всегда говорил коллегам: господа ученые, не обижайте, пожалуйста, неандертальцев – они тоже наши предки.

Китайский след

– Третий центр, в котором по мультирегиональной теории «прямоходящий» дорос до «разумного», – Восточная и Юго-Восточная Азия. Здесь палеолитическая каменная индустрия появилась уже 1,5 млн лет назад. Но развивалась она по иному пути, чем в Африке и в Европе. Можно вполне определенно сказать, что в период от 200 до 30 тыс. лет назад, т.е. в эпоху появления человека нашего типа, развитие индустрии здесь происходило плавно, эволюционным путем, который хорошо прослеживается. Не было никаких «технических революций», которые неизбежно должны были произойти при встрече двух разных культур. И это опровергает гипотезу о заселении Азии и Австралии 60-40 тыс. лет назад современными людьми, вышедшими из Африки.

– **Почему? Моноцентристы говорят, что люди тогда прошли по береговой полосе Индийского океана, без особых встреч с проживавшими в глубине материка эректусами.**

Даже представить себе сложно, каким уважением и авторитетом пользовался в Денисовой пещере хозяин этого каменного браслета. Неизвестный первобытный гений-камнерез выточил его около 40 тыс. лет назад из темно-зеленого хлорита, добытого за две сотни километров. Ученым удалось восстановить технологию производства:

- исходный камень имел форму приплюснутого шара;
- шлифовкой на абразивной плоскости мастер придавал ему плоскую форму;
- в центре просверливалось отверстие, которое расширялось при помощи каменного рашпиля;
- браслет шлифовался и полировался до зеркального блеска различными видами шкур животных

– Но тогда африканская индустрия должна была появиться в Австралии и на островах почти в неизменном виде. За 5-10 тыс. лет она просто не могла успеть серьезно измениться. А мы видим там те же технологии, что и в Азии, но вовсе не те, что были в Африке. При этом раскопки, производимые в Китае, наглядно показывают, как постепенно *Homo sapiens erectus* превращался в *Homo sapiens orientalis*, очень близкого к человеку современного типа. И это были не два разных вида, а два подвида. Только *orientalis* был позже эректуса. Можно даже сказать, что первый был хронологическим подвидом последнего. Оба они были сестринскими подвидами человека африканского, а их общим предком был, по-видимому, *Homo erectus sensu lato* («человек прямоходящий позднейший»), живший в Африке 2 млн лет назад. Конечно, гипотеза о мощной миграции удобна для антропологов, однако она противоречит данным археологов. А значит, вероятность того, что эта гипотеза верна, крайне мала. Вот как полезны междисциплинарные исследования: не было

бы в таком вопросе взаимодействия антропологов и археологов, мы могли бы пойти по неверному пути и не заметить настоящее открытие.

– О том, что у человечества несколько источников? Может, в этом и заключается загадка происхождения рас? Скажем так: у африканоидов геном почти чистый, у европеоидов – с добавкой неандертальца, у монголоидов – с добавкой китайского гоминида, то же самое – у австралоидов.

– Не совсем так. Здесь вы вплотную подошли к еще одному важному открытию. Это плоды тридцатилетней работы, в которой участвовали не только археологи нашего института, но и огромное количество ученых всевозможных специализаций. Можно сказать, что наша работа – образец настоящего глобального мультидисциплинарного исследования, в котором были задействованы археологи, антропологи, геологи, палеонтологи, палеоботаники, геоморфологи и геохронологи. В раскопках принимали участие ученые из МГУ, Палеонтологического института РАН, постоянно приезжали иностранные коллеги.



– А кто первым нашел Денисову пещеру?

– Она была известна давно. Есть даже легенда, а может и не легенда, что в ней бывал Н.К. Рерих во время своей экспедиции по Алтаю. В Черном Ануе он точно был, это отражено в дневниках, а от Ануя до Денисовой пещеры – всего 4 км. Но настоящие системные археологические раскопки в ней начались в 1983 г. И не только в ней, а на многих местонахождениях в том районе как закрытого, пещерного, так и открытого типа. Все эти стоянки уникальны тем, что они многослойны. Мощность рыхлых отложений на некоторых достигает 15 и более метров, они содержат 10-15 и даже до 20 культуросодержащих горизонтов. В наиболее важном для нас периоде, датируемом от 90 до 30 тыс. лет, мы исследовали по разным стоянкам до 60 таких горизонтов. И это позволило отследить не только динамику культуры и индустрии, но и все изменения климата, растительности, животного мира.

– Денисова пещера большая?

– Нет, ее общая площадь – около 270 кв. м. Но она имеет несколько галерей, и вот ими она замечательна. Ведь для археологических памятников местонахождения могут иметь разные условия сохранения. Соответственно, чем эти условия лучше, тем больше информации может дать найденный артефакт. И вот – хоро-



Эта подвеска ранней стадии верхнего палеолита изготовлена из клыков хищных животных

шие условия сохранности в галереях Денисовой пещеры, помноженные на хорошо организованное комплексное исследование, принесли замечательные плоды, которые помогли проследить всю историю заселения Горного Алтая. Началось оно не позднее 800 тыс. лет назад.

– В результате миграции?

– Да, это была та самая первая волна миграции, о которой мы говорили. Потом что-то произошло, и примерно 500 тыс. лет назад люди покинули эти места. Вернулись они сюда лишь спустя 200 тыс. лет уже с новой совершенной индустрией, не похожей на старую.

– Как индустрия каменного века может быть более или менее совершенной? Камень – это не металл и даже не кость, его раскол – вот тебе и топор, еще раскол – наконечник для стрелы.

– Абсолютно не верно. Раскалывать и расщеплять камни можно по-разному, и инструменты при этом будут выходить разные и разного качества. Каменный топор каменному топору рознь. По слоям можно проследить, как с течением времени каменные скребки, копалки, резцы, иголки, шила и прочее становятся все сложнее, острее и совершеннее. В Денисовой пещере нами было вы-

делено 14 культуросодержащих слов. Наиболее древние находки имеют возраст примерно 280 тыс. лет. Особо важными для нас были те находки, которые относились к интервалу 90-50 тыс. лет назад. Применяются довольно сложные технологии параллельного расщепления, параллельного снятия пластин. Дальше, 50-40 тыс. лет назад, появляются костяные изделия – иглы, шила. Во всей Европе найдено всего пять игл древностью 32-34 тыс. лет, а в Денисовой пещере мы уже нашли семь. И, что важно, здесь же появляются и не-

утилитарные предметы – бусы, подвески и прочие украшения из кости, камня, раковин и даже скорлупы страусиных яиц.

– Разве на Алтае водились страусы?

– Нет, они водились в Монголии и в Забайкалье, а это значит,

что денисовские люди либо совершали походы в полторы тысячи километров, либо выменивали украшения у соседних племен. Но самая удивительная из находок – это два фрагмента каменного браслета. Ему около 40 тыс. лет, и он изготовлен по очень сложной технологии: шлифовка, полировка, сверление, пиление, т.е. приемы, которые современный человек начал применять лишь 10-20 тыс. лет назад.

Генетические миноритарии

– То есть мы отставали в развитии от денисовцев?

– В технологическом и культурном плане – да. Я бы сказал, что на Алтае мы выявили один из самых ранних переходов от среднего палеолита к верхнему в хронологическом интервале 45-50 тыс. лет. Он более яркий, чем на Ближнем Востоке, в Европе и в Африке. И это отражается в высоком уровне исполнения каменных и костяных орудий и украшений. Примерно на тех же горизонтах 45-50 тыс. лет в Денисовой пещере и в пещере Окладникова мы нашли останки древних гоминидов. Большой частью это детские и подростковые зубы, но есть и фрагменты черепа, небольшое количество костей в Денисовой пещере. Для того чтобы определить, кем же все-таки были денисовцы, мы отправили материал в лабораторию палеогенетики Института эволюционной антропологии им. Макса Планка в Лейпциге.

– А почему в Германию, разве у нас специалистов нет?

– У нас секвенируют ДНК, но не такие древние. В Институте цитологии и генетики работают с материалом древностью 5-6 тыс. лет. Надо сразу сказать, что уровень индустрии

источник: graphicnews.com



1 *Sahelanthropus tchadensis* (сахелантроп)
Фрагменты найдены в 2001 г. в республике Чад
Жил 7,2-6,9 млн лет назад
Древнейший из известных предков человека
Объем мозга – 340-360 куб. см

2 *Ardipithecus kadabba*
Эфиопия, 1992 г.
Жил 5,8-5,2 млн лет назад
Древнейший из известных предков человека

3 *Ardipithecus ramidus* (ардинитек)
Фрагменты черепа найдены в Эфиопии в 1992 г.
Жил 4,4-4,2 млн лет назад

4 *Australopithecus anamensis*
Кения, 1965 г.
Жил 4,2-3,9 млн лет назад

ДОРОГИ К ЧЕЛОВЕКУ

До недавнего времени антропологи расписывали межвидовые связи наших предшественников именно так. Однако последние находки сибирских археологов могут внести в эту схему существенные изменения



5 *Australopithecus afarensis* (австралонитек афарский)
Найден в Эфиопии в 1974 г.
Жил 3,9-2,9 млн лет назад
Получил имя Люси. Был прямоходящим. Именно в нем наблюдается наиболее кардинальный переход к человеку
Объем мозга – 375-500 куб. см

6 *Kenyanthropus platyops*
Кения, 1999 г.
Жил 3,5-3,2 млн лет назад



7 *Australopithecus africanus* (австралонитек африканский)
Найден в 1924 г. в Южной Африке
Жил 2,7-2,4 млн лет назад
Объем мозга – 428-625 куб. см



8 *Australopithecus garhi* (австралонитек гархи)
Найден в 1999 г. в Эфиопии
Жил 2,6-2,4 млн лет назад

у обитателей пещеры Окладникова и Денисовой пещеры, несмотря на близость месторасположения, существенно различался. В Денисовой пещере он был выше. В результате палеогенетических исследований было установлено, что окладниковцы были неандертальцами. В этом не было ничего удивительного. А вот результаты расшифровки ядерной ДНК, которую удалось извлечь из фаланги пальца, найденной в Денисовой пещере, оказались поистине неожиданными и для археологов, и для антропологов. По тому, насколько высок был уровень культуры и технологий денисовцев, мы полагали, что они уже были представителями человека современного типа. Но исследования выявили, что геном денисовца отличается от генома современного человека на 11,7%.

– **Это много?**

– Геном неандертальца в среднем отличается от генома современного человека на 12,2%. Отклонение почти такое же, т.е. денисовец отличается от современного человека так же, как неандерталец. Скорее всего, они имели общего предка и разошлись в пути примерно 640 тыс. лет назад, после чего сотни тысяч лет жили каждый своей жизнью.

– **Неандерталец расселился по Евразии, а денисовец обосновался на Алтае?**

– Не только. Ни в европейском, ни в африканском геноме ничего специфически денисовского не встречается, а вот у стоящих особняком меланезийцев от 4 до 6% генетического материала заимствовано у них, т.е. через меланезийцев и денисовцы растворились в человеке современном.

«Кто-то с нами согласен полностью, кто-то – на две трети, кто-то – на треть, кто-то совсем не согласен»

В целом картина получается такая. Общий предок денисовца и неандертальца вышел из Африки примерно 800 тыс. лет назад. Примерно 600 тыс.

лет назад он разделился на две ветви – неандертальцев и денисовцев, потом появился человек современного типа. Он расселился по всей планете, смешался и с неандертальцами, и с денисовцами, приняв их в себя.

– **Получились хоть и миноритарные, но полноправные члены генома.**

– Мы пока что называли денисовцев *Homo sapiens altaiensis* – «человек разумный алтайский». И это был, по всей видимости, уже человек современного анатомического типа, т.к. и в период 30-10 тыс. лет назад мы не видим никаких следов проникновения на эту территорию прочих

популяций современного анатомического типа.

– **Получается, что в составлении нашего генома участвовали четыре подвида.**

– Совершенно верно. *Homo sapiens africanensis, orientalis, neanderthalensis* и *altaiensis*. Я бы объединил их в один вид, назвав его *Homo sapiens sapiens sensu lato*.

– **И много ученых с вами согласны?**

– Понятно, что такие выводы, которые разрушают вся старую привычную для большинства картину, в которой наш предок просто когда-то вышел из Африки и всех быстро победил, не могут быть просто так приняты. Кто-то с нами согласен полностью, кто-то – на две трети, кто-то – на треть, кто-то совсем не согласен. Именно для того чтобы прийти к истине, мы проведем в начале июля на базе Денисовой пещеры, а у нас там целый жилой городок, междисциплинарный симпозиум, на котором все желающие смогут получить ответы на интересующие их вопросы. Пусть они сделают свои выводы, которые могут и не совпадать с нашими. Но этим симпозиумы и важны. Хватит обмениваться мнениями и критиковать друг друга через статьи в журналах, так процесс может тянуться до бесконечности. Надо всем встретиться и поговорить. ■

Подготовил Валерий Чумаков



9 *Paranthropus aethiopicus* (парантроп эфиопский) Найден в 1985 г. в Кении Жил 2,6-2,2 млн лет назад Постоянно обитал на земле, а не деревьях. С ним связывают появление 2,6 млн лет назад первой индустрии каменных орудий

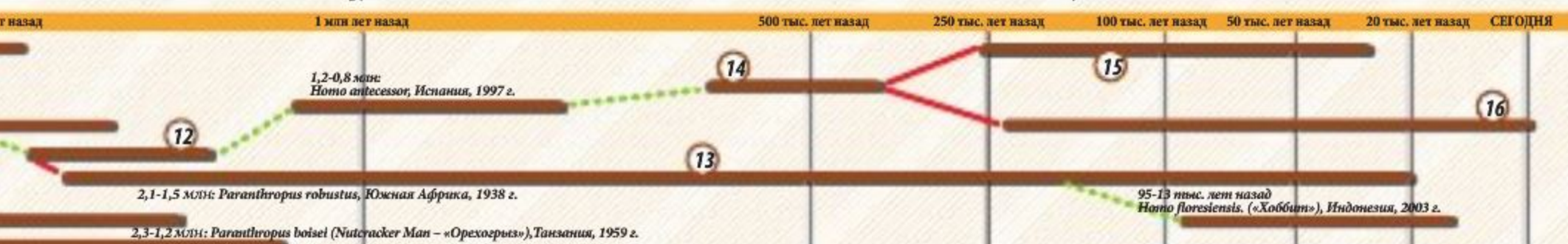


10 *Homo rudolfensis* (человек рудольфский) Найден в Кении в 1972 г. Жил 2,5-1,9 млн лет назад Имел увеличенную лобную долю мозга. Именно она отвечает у человека за логическое мышление



11 *Homo habilis* (человек умелый) Найден в Танзании в 1962 г. Жил 2,5-1,6 млн лет назад Получил имя Handy Man («человек мастеровой») из-за большого количества связанных с ним новых каменных орудий труда Объем мозга – свыше 1,1 тыс. куб. см

12 *Homo ergaster* Кения, 1984 г. Жил 1,9 -1,4 млн лет назад



13 *Homo erectus* (человек прямоходящий) Найден в Индонезии в 1891 г. Жил 1,8 млн – 20 тыс. лет назад Предположительно, первый из гоминидов, покинувших Африку. Примерно 790 тыс. лет назад научился использовать огонь Объем мозга – свыше 1,1 тыс. куб. см



14 *Homo heidelbergensis* (гейдельбергский человек) Найден в 1907 г. в Германии Жил 600-400 тыс. лет назад Хоронил умерших сородичей, имел примитивный язык общения



15 *Homo neanderthalensis* (неандерталец) Найден в Бельгии в 1829 г. Жил 250-30 тыс. лет назад



16 *Homo sapiens* (человек разумный) Найден в Эфиопии в 2003 г. Появился 230 тыс. лет назад Искусство: наиболее древние наскальные рисунки имеют возраст 32 тыс. лет Именно к этому виду относятся авторы материала



ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ



Точки опоры,

или

*Романтика
конечного
продукта*

Путь технологического продукта от мозгов изобретателя, ученого или конструктора до прилавка долг и тернист. Для помощи людям, желающим порадовать человечество инновационным товаром или технологией, существуют венчурные фонды и компании. Самой крупной в нашей стране «Российской венчурной компанией» руководит **Игорь Рубенович Агамирзян**. Наш обозреватель решил выяснить, что думает главный российский венчурный капиталист об отечественной науке, ее связи с бизнесом и о развитии технопредпринимательства

ПЕРСОНА



Игорь Рубенович АГАМИРЗЯН – генеральный директор ОАО «Российская венчурная компания» (РВК), член комиссии при Президенте РФ по модернизации и технологическому развитию экономики России. Родился в 1957 г. в Ленинграде. Окончил ЛГУ по специальности «Прикладная математика». Кандидат физико-математических наук. До РВК – директор по стратегии Microsoft в России и СНГ. Один из ведущих экспертов в области компьютерных и информационных технологий в России.

По потребности

– **Игорь Рубенович, всем понятно, что настоящие инновации без ставок на науку невозможны...**

– Не совсем так. В инновациях наука далеко не всегда выступает основным источником. Это хорошо прослеживается в сегодняшнем буме социальных сетей. В 2009 г. настоящим блокбастером на «Одноклассниках» была игра «Веселый фермер». Создавшие ее ребята заработали больше \$100 млн. Вот где там наука?

– **Но это же не инновация.**

– Почему? Если она настолько востребована, значит это инновация. Все инновации порождаются запросом от конечного потребителя. Компьютеры, мобильные телефоны, Интернет – это то, что определяется потребностями человека. Экономика, так же как государство, существует для удовлетворения потребностей человека. Поэтому заказ всегда идет от него. Одна из проблем, почему у нас все довольно криво в цепочке инноваций, заключается в том, что звенья разного уровня оторваны от своего заказчика. Это легко иллюстрируется ситуацией с мобильными телефонами. Такого уровня обеспеченности ими, как в России, почти нигде в мире нет.

«Инновационное развитие опирается не на научные результаты, а скорее на общественные запросы»

У нас номеров мобильных телефонов сегодня чуть ли не в два раза больше, чем населения. Значит, существует огромная потребность в мобильной связи. Но потребность эта на 100% была удовлетворена и до сих пор удовлетворяется другими экономикой. Российская экономика этого запроса просто заметила и по-прежнему не замечает. Именно потому, что у нас нарушена система обратных связей по заказу на продукт.

– **Значит, для того чтобы выжить и вжиться в мировую экономику, эти связи надо восстанавливать. Или выстраивать по-новому.**

– Сейчас как раз идет процесс восстановления, причем драйвер этого процесса – средний бизнес. Именно в среднем бизнесе инновации становятся конкурентным преимуществом, поэтому там прислушиваются к потребностям конечного заказчика, от которого средний бизнес полностью зависят. В малом и среднем бизнесе все довольно прилично: и развитие идет, и инновации внедряются. Малые компании чаще бывают только производителями, но не заказчиками инноваций.

От мала до велика

– Я всю жизнь проработал в технологическом секторе экономики и хорошо понимаю, как развиваются компа-

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ДЕНЬГИ РВК ВКЛАДЫВАЕТ ПРАКТИЧЕСКИ ВО ВСЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ОТРАСЛИ (МЛН РУБ.)



Источник: Центр «Открытая экономика»

ПЕРСОНА

нии. Когда я в 1995 г. пришел работать в *Microsoft*, там работало около 12 тыс. человек. Когда я в конце 2006 г. оттуда уходил, там было уже больше 70 тыс. служащих. По оборотам компания выросла за это же время примерно в десять раз. А когда в 1975 г. *Microsoft* начинался, там было два сотрудника. Большой бизнес рождается из среднего, средний – из малого и т.д. Вот сегодня *Google*, основанный меньше десятилетия назад, стал крупной транснациональной корпорацией, влияющей на всю мировую экономику. К сожалению, в нашей стране нет примера по-настоящему серьезного технологического актива, выросшего с нуля. И это большая проблема, потому что якорные крупные технологические корпорации выступают основными заказчиками для малых и средних компаний, которые и создают новые продукты. Просто говоря, у нас нет национальных стратегических инвесторов.

– Но откуда им взяться? Для роста крупного игрока нужна свободная ниша, а они все забиты. Для нас практически ничего не осталось, кроме добычи нефти, газа и т.д.

– Мы сегодня живем в глобальной экономике и неизбежно оказываемся в ситуации конкуренции на глобальных рынках. Но конкурировать можно по «простому» продукту – нефти, сырью, металлам, даже по продукции машиностроения. На реально крупных рынках, а сегодня это рынки технологические, такой простой конкуренции не бывает. Потому что не бывает продукта, который делается в одной конкретной стране. Это всегда конкурентная кооперация или кооперативная конкуренция. Раньше было принято писать *Made in USA*, или *Made in USSR*, или *Made in China*, сегодня так никто не пишет. В этом смысле *iPhone* – замечательный пример, на нем написано: *Design by Apple in California, assembled in China*. Реально же в этом аппарате компоненты производства массы других стран. Экраны делают на Тайване, память – в Корее или Сингапуре, а программное обеспечение к нему разрабатывается по всему миру, в том числе и в России. Поэтому здесь проблема не столько в конкуренции, сколько в недостаточной встроенности российской экономики в мировые цепочки добавленной стоимости. Я считаю, что метод, которым российская экономика вошла в современную, глобальную реальность, оказался не только не оптимальным, но даже в каком-то смысле наихудшим. Потому что будучи поставщиком сырьевых ресурсов и одновременно довольно большим потребительским рынком, мы оказались связанными с мировой экономикой только на самых нижних уровнях. Если вообразить себе национальные экономики разных стран как некие пирамидки, то в развитых экономиках они скреплены друг с другом по всем уровням, и поэтому общая конструкция получается устойчивой. Если рядом стоит еще одна пирамидка, связанная с другими только

«Наш процесс интеграции в Европу происходит как раз ради того, чтобы достичь эффекта и масштаба самодостаточного рынка»

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ (%)



источник: *НауТех*

у основания, то если всю эту конструкцию встряхнуть, именно она первая и отвалится. Вот почему во время кризиса у нас падение было наиболее сильным. Мы не участвуем в сложных цепочках на верхних уровнях добавленной стоимости, и никто из крупных игроков не заинтересован в том, чтобы нас спасти. Если бы мы были крупнейшим производителем микросхем или *LCD*-экранов, как Тайвань, – а от этого зависит вся мировая экономика, – то нас кинулись бы спасать все. Любой ценой.

– Значит, случись что, Тайвань будут спасать, а нас – как тех утопающих?

– Да. Поставщиков нефти и газа в мире довольно много, и мы не самые крупные. Поэтому нам надо интенсивно встраиваться в глобальные цепочки добавленной стоимости и глобализовать индустрию. Максимально открывать все границы, снимать барьеры, первым делом таможенные, потому что у нас невозможно ни ввезти что-то эффективно, ни вывезти. А при работе на глобальных рынках возможность эффективной дистрибуции продукта по всему миру особенно важна. Национальный внутренний рынок в России хоть и велик, но недостаточен для того, чтобы быть устойчивым и устойчиво развиваться.

– То есть он недостаточно велик для того, чтобы быть самодостаточным?

– Сегодня самодостаточный рынок должен охватывать население более 200 млн человек. Таких рынков в мире не так много. Процесс интеграции Европы, с моей точки зрения, происходит как раз ради того, чтобы достичь эффекта и масштаба самодостаточного рынка. Ни одна европейская страна отдельно не представляет собой самодостаточного рынка, а вся Европа в целом – да, поэтому они и слились в Евросоюз. Россия – не самодостаточный рынок, хотя и крупный. А от глобальных мировых рынков мы изолированы массой искусственных барьеров.

– И ваша масштабная организация борется с ними?

– Мы пытаемся развивать внутреннюю экосистему с тем, чтобы построить в России самоподдерживающуюся частную индустрию, интегрированную в глобальную цепочку и работающую по международным стан-

«Крупный бизнес часто делается не для того, чтобы извлечь прибыль, а больше для того, чтобы изменить человечество к лучшему»

дартам. Для этого мы пока используем государственный ресурс, но так к полному решению проблем прийти нельзя. Государство должно постепенно уменьшать свое присутствие, а не увеличивать. Основной задачей должно быть создание инфраструктуры и институтов, позволяющих эффективно работать и развивать частные инициативы. Поэтому мы себя воспринимаем скорее как катализатор процессов. Самое плохое – когда государственные институты развития вместо того, чтобы заниматься развитием, начинают собой заменять рынок.

– **Дают рыбку, когда надо бы дать удочку?**

– Именно. Вот мы и пытаемся наладить серийное производство удочек.

Социум и его парадигма

– Сегодня впервые в истории человечества коммуникация перестала быть территориально зависимой. Еще 20 лет назад вся коммуникация была связана с территориальной близостью, и все социальные сообщества базировались на физической доступности. Это был настолько фундаментальный принцип, что все развитие человеческого общества происходило вокруг него. А сегодня появилась возможность создавать надгеографические сообщества, чего ранее не было никогда. Это радикально изменило парадигму функционирования социума. Через какое-то время это проявится. Как – сейчас сказать очень трудно, но я думаю, что весьма радикально.

– **Деятельность вашего государственного фонда все-таки направлена еще и на помощь науке.**

– К науке мы формально отношения не имеем. Мы создаем фонды, а уже они инвестируют в компании, многие из которых базируются на научных исследованиях. Но есть и такие инновационные компании, которые к науке никакого отношения не имеют и представляют собой продукт новых комбинаций давно и хорошо известных вещей.

– **Предположим, молодой ученый разработал новый препарат или технологию и хочет выстроить успешный бизнес. Может он рассчитывать на то, что РВК через какой-то из его фондов выделит ему миллион долларов?**

– Может, но на самом деле этот молодой специалист должен сначала для себя решить, чего он хочет в жизни – заниматься наукой или бизнесом. Это далеко не всегда сочетается. Есть ученые, превратившиеся в хороших бизнесменов, но при этом они, как правило, прекращают заниматься наукой. Исключения случаются, но они чрезвычайно редки. Поэтому чаще всего бывает так, что гениальные идеи выдвигают одни, а коммерциализируют их совсем другие. Классический пример: компьютерную мышку изобрел еще в 1963 г. Дуглас Энгельбарт.

А впервые ее включила в состав компьютерного комплекса компания Хегох лишь в 1981 г. За 30 прошедших с того времени лет были произведены миллиарды мышек, а Энгельбарт не получил ни цента. Идея может лежать мертвым грузом, пока в ней не возникнет потребность. Но если идея действительно стоящая – не пролежит. Реальный крупный бизнес без элемента авантюризма, настроенности на удачу и победу невозможен. Поэтому если идея интересная, кто-нибудь ее обязательно подхватит. Даже не для того чтобы извлечь прибыль, а больше для того чтобы – только не смейтесь – изменить человечество к лучшему. На самом деле такие провидцы, как Билл Гейтс, Сергей Брин, Генри Форд, Стив Джобс, создавали свои компании не ради того, чтобы стать миллиардерами. Им было интересно, они хотели дать новое качество человеческой жизни, и им действительно удалось найти точку опоры и перевернуть мир. Наши венчурные фонды как раз и пытаются найти таких «романтиков». Найдем, поможем – и всем нам будет хорошо. ■

Беседовал Валерий Чумаков

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЕКТОВ ПО СТЕПЕНИ НОВИЗНЫ ПРОДУКТОВ ИЛИ УСЛУГ (%)





ПЕРЕХИТРИТЬ ЛИХОРАДКУ ДЕНГЕ

Почему один микробиолог решил вакцинировать комаров – переносчиков инфекционных заболеваний, а не пациентов?

Как-то раз на рассвете в начале января на одной из дорог Квинсленда в Австралии можно было увидеть почтовый автомобиль с багажным отделением, забитым пробирками с комарами – переносчиками лихорадки денге. Это заболевание сходно с гриппом, и от него ежегодно страдают от 50 до 100 млн человек по всему земному шару. Автомобиль останавливался каждые четыре часа, из него выходили люди с небольшим контейнером и выпускали на волю 40 комаров. За неделю свободу обрели 6 тыс. насекомых. Однако в начале марта было поймано 72 тыс. экземпляров.

То, что на первый взгляд казалось актом биотерроризма, на самом деле представляло собой мероприятие по контролю численности насекомых. Так Скотт О'Нил (Scott O'Neill) из Квинслендского университета вместе со своими сотрудниками апробировали новый способ уменьшения распространенности лихорадки денге, ставшей настоящим бедствием для жителей тропических стран, а недавно обнаруженной и в США. Заболевание обычно

кроскопом бактерию *Wolbachia pipientis*, безвредную для человека и широко распространенную в популяциях насекомых. Как обнаружил О'Нил, в результате такой манипуляции *A. aegypti* становятся невосприимчивыми к инфекции и к ее распространению. Что еще более важно, иммунизированным оказывается все их потомство.

Метод О'Нила, не предусматривающий никаких генетических манипуляций, в корне отличается от того, который использовался прошлой зимой для регуляции численности насекомых-переносчиков. В декабре британская компания *Oxitec* распространила в Малайзии 6 тыс. генетически модифицированных бесплодных комариных самцов. О результатах этого эксперимента судить рано, зато известно, что аналогичные мероприятия, проведенные ранее на Каймановых островах (там было выпущено

3,3 млн тех же насекомых), увенчались сокращением численности *A. aegypti* на 80%. По-видимому, это было связано с вытеснением бесплодными самцами их диких сородичей.

Первые полученные О'Нилом результаты обнадеживают: примерно 25% комариных личинок в дикой популяции становятся инфицированными *W. pipientis* и обладают иммунитетом к возбудителю лихорадки денге. К концу мая О'Нил надеется достичь цели своих исследований: показать, что эта бактерия способна иммунизировать всю популяцию комаров. В случае успеха он собирается приступить к масштабному апробированию своего подхода во Вьетнаме. ■

Ребекка Коффи

не фатально, но инфицированные часто оказываются в больнице. Ни способов лечения, ни вакцины против лихорадки денге не существует.

Подход О'Нила заключается в вакцинировании насекомых-переносчиков. Для этого в личинки комаров *Aedes aegypti*, основных промежуточных хозяев патогенного микроорганизма, вводят под ми-





МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ МОЗГ

С помощью лазерных лучей ученые смогли управлять движениями нематод, побуждая их плыть вперед, останавливаться или начинать яйцекладку

Сегодня человечество еще на один шаг приблизилось к получению полного контроля над разумом, даже если этот разум заключен в мозг размером с песчинку. Группа из Гарвардского университета создала компьютеризированную систему, позволяющую управлять жизнедеятельностью червей: побуждать их начинать движение или останавливаться, и даже с помощью лазерного луча заставлять отложить яйца, раздражая отдельные нейроны червя в тот момент, когда тот свободно плавает в чашке Петри. Эта технология помогает специалистам по нейронаукам лучше понять основные принципы работы нервной системы животных.

Под червями в этой работе подразумевается нематода *Caenorhabditis elegans*, один из наиболее основательно изученных в биологии организмов. Исследователи составили полную карту генома этого существа и классифицировали все его клетки, включая 302 нейрона и около 5 тыс. синапсов между ними. Но пока остается неясным, «как работают эти нейроны, будучи объединенными в сеть», – говорит Эндрю Лейфер (Andrew Leifer), магистрант-биофизик из Гарварда. Например, как червь координирует сотню своих мускулов, поочередно расслабляя и сокращая их, за счет чего его тело волнообразно изгибается при плавании?

Чтобы выяснить это, Лейфер с коллегами с помощью генной инженерии сделал отдельные клетки тела нематоды (длиной всего в 1 мм) чувствительными к свету – задействовал метод, разработанный в последние годы и названный оптогенетикой. Благодаря тому, что тело червя прозрачно, тонко сфокусированные лазеры, точность прицела которых достигает 30 микрон, могут

провоцировать возбуждение или торможение отдельных нейронов без использования электродов или других инвазивных средств. Лейфер поместил микроскоп



на специальную подставку, позволяющую следить за траекторией движения червей в чашке Петри, и написал программу, анализирующую получаемые с микроскопа изображения. Подобный анализ позволяет локализовать нейроны-мишени, которые затем облучают лазером. Результаты исследования были опубликованы на сайте журнала *Nature Methods* (который, как и *Scientific American*, входит в издательскую группу *Nature*).

Ранее, в других исследованиях, оптогенетические методы использовались для изучения отдельных нейронов у иммобилизованных червей. Но Лейфер говорит, что для того, чтобы разобраться в физиологии организма, необходимо работать с животными, которые свободны и двигаются.

Например, он (вместе с соавторами) смог показать на подвижных объектах, что двигательные сигналы во время плавания распространяются по телу нематоды не только с помощью нервных волокон, но и по самим мускульным клеткам. Когда-нибудь этот метод, как считает Лейфер, позволит ученым создать наиболее полную модель поведения организма. «Мы надеемся, что сможем разработать компьютерную модель всей нервной системы», – говорит он. И способ, которым этого возможно будет добиться, будет похож на «загрузку мозга в компьютер», даже пусть этот мозг и будет рудиментарным мозгом нематоды. ■

Давиде Кастельвекки



ДАВАЙТЕ ПОЗНАКОМИМСЯ

Мы попросили разработчика интернет-сервиса, позволяющего сокращать URL-адреса, рассказать нам об анализе данных и о том, как с его помощью сидя дома узнать, допустим, о результате какого-нибудь футбольного матча, не прибегая к помощи СМИ

В октябре 2009 г. я пришла работать в компанию bit.ly на должность руководителя исследовательских работ. Наша компания предлагает к услугам пользователей интернет-сервис, позволяющий сокращать URL-адреса, и все это на базе платформы, дающей возможность обмениваться ссылками, а также просматривать статистику переходов по ним.

Мне иногда не верят, но в так называемых стартапах (молодых компаниях), большая часть которых имеет отношение к сфере инфор-

мационных технологий, кроме прочих специалистов можно встретить еще и научных работников. К тому же bit.ly всегда понимал ценность информации как таковой – и в этом наша компания несколько опережала конкурентов. Что я де-

лаю в течение рабочего дня? Примерно треть времени уходит на исследовательскую деятельность – я анализирую информацию, которую ищут интернет-пользователи, и на этой основе пытаюсь делать выводы об особенностях человеческого поведения и общения. Я пытаюсь отыскивать интересные события, тенденции, зрительные образы. Так, например, во время чемпионата мира по футболу мы, даже не имея никакой информации об игре, вполне могли определить, команды каких стран игра-

Профиль

Имя: Хилари Мейсон (Hilary Mason)

Должность: руководитель исследовательских работ в компании bit.ly

Страна: США

Цитата

«За одного битого двух небитых дают», – сказал премьер-министр РФ Владимир Путин о компании *British Petroleum*, которая недавно заключила с Россией контракт на проведение разведки природных ресурсов Арктики. Этой пословицей Путин хотел сказать, что *BP*, получив горькую пилюлю во время разлива нефти в Мексиканском заливе, извлекла из этого урок и стала уделять больше внимания вопросам безопасности





ли в определенный момент времени и кто победил: ведь понятно, что, во-первых, болельщики каждой из двух команд-соперниц на протяжении всей игры запрашивали футбольные интернет-ресурсы, а во-вторых, после игры болельщики из той страны, команда которой победила, по-прежнему будут посещать футбольные сайты, а фанаты проигравшей команды этого делать не станут.

Остальные две трети моего рабочего дня я пытаюсь перевести модели и уравнения в практическую плоскость. Так, совсем недавно мы создали программу, которая всего лишь по одной ссылке, набранной пользователем, предлагает ему целый набор других, тем самым расширяя множество различных точек зрения на одну и ту же тему. В нашем проекте мы разрабатываем программы, предназначен-

ные для чтения новостей. Они учитывают интересы пользователей и, базируясь на них, предлагают новые ссылки, причем в режиме реального времени. Кроме того, мы хотели бы предоставлять информацию более комплексно, в зависимости от «среды обитания» человека. Так, скажем, если вы ценитель пиццы из Нью-Йорка, то мы быстро проинформируем вас обо всех эксклюзивных видах любимого блюда, поступивших в рестораны, расположенные неподалеку от вас.

После магистратуры я поступила в Университет Джонсона и Уэльса в Род-Айленде и работала там в качестве старшего преподавателя. Помимо преподавания и проведения научных исследований я продолжала заниматься программированием. Так, например, мною была написана программа, задача которой – обходить до-

ски объявлений о трудоустройстве и анализировать предпочтения работодателей. Такая программа может помочь нашему университету понять, каким образом нам следует усовершенствовать свою образовательную программу.

В результате участия в таких проектах я пришла к выводу, что хочу программировать и делать полезное дело. И поэтому я оставила преподавание.

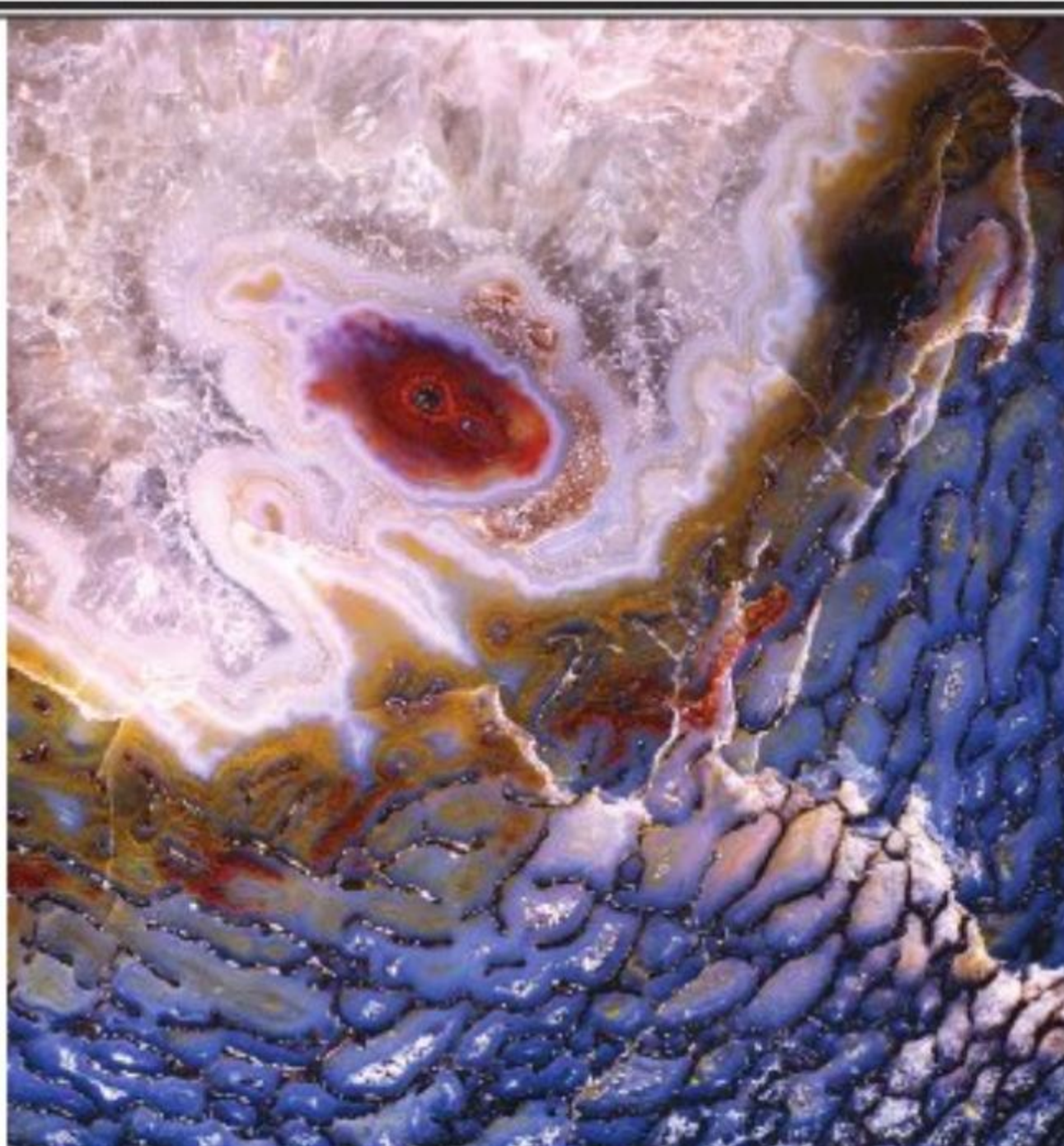
Мне интересно изучать людей, их желания и предпочтения. И обо всем этом я могу судить по тем данным, которые предлагает мне bit.ly – ресурс, открывающий передо мной окно в мир человеческих взаимоотношений и поведения. ■

Майкл Истер

ЧТО ЖЕ ЭТО?

Снимок окаменелости – это наука или в первую очередь искусство? Доцент Норман Баркер (Norman Barker), преподающий патологию и искусство в медицине в Университете Джонса Хопкинса – эксперт и в той, и в другой области. На фото (сделанном с 15-кратным увеличением) представлен поперечный срез кости динозавра. Кость (синего цвета) размером с рулон изоленты, принадлежащая неизвестному виду динозавров, была обнаружена в формации Моррисона на плато Колорадо, где окаменелости встречаются довольно часто. Оксид железа (красный) в насыщенном кварце образце (белый) может быть частью костного мозга или губчатого вещества, но Баркер говорит, что «это может быть и корнем дерева, которое выросло и погибло за много миллионов лет до того, как кость окаменела». ■

Энн Чин





БИЗОН ПРОТИВ МАМОНТОВ

Обнаружены новые свидетельства, указывающие на причину исчезновения североамериканских гигантских бобров, саблезубых тигров и других крупных млекопитающих

Гигантские бобры размером с медведя, мамонты, лошади, верблюды и саблезубые тигры когда-то обитали по всей Северной Америке, но 11 тыс. лет назад большая часть этих крупных млекопитающих вымерла. До настоящего времени эксперты не пришли к единому мнению относительно причины их гибели в позднем плейстоцене. Было ли это связано с какими-либо эпидемиями, изменением климата, активной охотой первобытных людей или чем-то еще, науке пока не известно. Эрик Скотт (Eric Scott), смотритель палеонтологического отдела в музее округа Сан-Бернардино в Редлендсе, штат Калифорния, предположил, что массовая гибель животных связана с расселением на эти территории бизонов из Евразии.

Имея на руках как данные собственных палеонтологических исследований, так и результаты раскопок XIX в., Скотт утверждает, что бизоны появились в Северной Америке не позже, чем 220 тыс. лет назад, и распространились по континенту до конца плейстоцена, т.е. в то время, когда климат изменился, а запасы воды и пищи сократились. Впервые эта версия официально прозвучала прошлой весной, когда в статье для журнала *Quaternary International* он изложил свои ничем не подтвержденные предположения, что в те времена бизоны оказались настолько успешными конкурентами в борьбе за воду и пищевые ресурсы, что вполне могли стать основной причиной (наравне с климатическими изменениями) исчезновения прочих крупных млекопитающих.

Эта версия пришла Скотту в голову во время раскопок возле городка Марриета в Калифорнии в начале 1990-х гг. До этого он многие годы участвовал в раскопках пласта возрастом от 760 тыс. до 2,5 млн лет назад неподалеку от вышеупомянутого городка и не встретил ни одного свидетельства присутствия бизонов, зато там в изобилии встречались останки лошадей. Данный факт вызвал удивление: «Что же стало со всеми этими лошадьми, когда пришли бизоны и стали поедать их корм?» Поэтому когда его команда приступила к раскопкам (всего в нескольких километрах от прежнего места, вблизи озера Даймонд-Валли неподалеку от Марриеты), и в отложениях времен позднего плейстоцена помимо прочих млекопитающих обнаружили кости бизонов, он подумал, что знает, как ответить на вопрос: «Эти находки породили предположение,

что по мере проникновения бизонов вглубь территорий и роста их численности возрастало и их влияние на популяции прочих крупных млекопитающих, в итоге достигнув критической точки». Сейчас Скотт собирает данные по другим областям США, чтобы убедиться, что замеченный им в юго-западной части страны паттерн распределения повторяется и на остальных территориях.

Эрик Скотт высказывает мнение, что бизоны имели несколько преимуществ по сравнению с прочими крупными травоядными. Например, их зубы сложного строения позволяли, вероятно, извлекать максимальное количество питательных веществ из поедаемых растений. Помимо того, бизонам не нужно было превосходить конкурентов по всем пунктам, достаточно было, например, вытеснить с хороших пастбищ беременных или кормящих самок других видов (тем самым лишив их полноценного питания), что само по себе способно привести к исчезновению популяций крупных травоядных, на которых охотились волки, американские львы и прочие хищники, могло сказаться и на благополучии плотоядных, в итоге приведя к их исчезновению. ■

Ребекка Коффи



Чужаки: бизоны могли победить прочих крупных травоядных в борьбе за ресурсы

ERIC SCOTT: San Bernardino County Museum (bison skull); TREVOR LUSH: Getty Images (test tubes); CARLO A. GETTY IMAGES (woman crying); ANGELO TURETTA: Redux Pictures (birds); MARILYN K. YEE: Redux Pictures (film)



ПОДГОТОВКА К КАТАСТРОФЕ

Менее чем за полтора года в Тихом океане произошел ряд крупных подводных землетрясений. Не ожидает ли что-либо подобное западное побережье США?



За последние 15 месяцев несколько разрушительных землетрясений прокатились по дну Тихого океана. В феврале 2010 г. землетрясение магнитудой 8,8 ударило по центральной части Чили; в прошлом сентябре Крайстчерч в Новой Зеландии потряс семибалльный толчок, за которым в феврале последовал еще один – 6,3 балла. Крупнейшее землетрясение магнитудой 9,0, которое в нынешнем марте потрясло Японию, входит в четверку самых серьезных за последние 110 лет.

Через катастрофу заставила нас задуматься, не связаны ли они как-то между собой. Большинство ученых склоняются к мнению, что такая последовательность – простая случайность. Однако велика возможность новых землетрясений. И чтобы ее рассчитать, лучше всего обратиться к геологическому строению. Новые данные говорят о нарушениях, особенно в северо-восточной части Тихого океана.

Несмотря на то что большая часть населения рассматривает

южную Калифорнию как наиболее беспокойный район США, вероятно, самую большую сейсмическую угрозу представляет зона субдукции Каскадия. Она проходит параллельно побережью и угрожает таким городам, как Ванкувер (провинция Британская Колумбия, Канада), Сиэтл, Портленд (штат Орегон). В данной зоне субдукции крошечная тектоническая плита Хуан-де-Фука движется

в восточном направлении, подныривая под Северную Америку, со скоростью 30-40 мм в год, но на этом стыке сжатие продолжалось столетия. «Эта зона субдукции – как большой слон в углу, – говорит Крис Голдфингер (Chris Goldfinger), морской геолог из Орегонского государственного университета. – Сотни лет сидит тихо, пока однажды не сдвинется».

Новые данные говорят, что в следующие 50 лет есть вероятность 10-15%, что северная часть данной зоны субдукции, простирающаяся от середины острова Ванкувер до границы между штатами Вашингтон и Орегон, станет причиной землетрясений магнитудой 8,0 и более. Возможность подобной угрозы со стороны ее южной части, протянувшейся от границы штатов Вашингтон и Орегон до мыса Мендосино в Калифорнии, достигает 37%. Голдфингер и его коллеги собираются опубликовать эти данные в ближайшем выпуске *US Geological Survey*. Он предупреждает: «Следующее крупное землетрясение уже на подходе. Когда оно случится – всего лишь вопрос времени». ■

Сид Перкинс

КАК УЧЕНЫЕ ИЗМЕРЯЮТ СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ?

То, насколько быстро сдвигаются две тектонические плиты, лучше всего измерить с помощью глобальной системы позиционирования – *GPS*. Постоянно сверяя расстояния между двумя заданными точками на двух различных плитах, исследователи могут определить скорость сближения за длительный период и измерить внезапные подвижки, такие как 2,4-метровый сброс в восточном направлении, произошедший 11 марта 2011 г. во время землетрясения в Японии. Когда еще не было *GPS*, ученые полагались на исследования дна океана, поскольку слагающие его горные породы при остывании запечатлевали направление магнитного поля Земли. Зная, когда и как часто происходило изменение магнитных полей в прошлом, специалисты могут вычислить скорость, при которой идет образование новой океанской коры в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов. Еще один метод – отбор образцов и картирование геологического строения с обеих сторон тектонического взаимодействия, особенно геологических формаций, различающихся по составу или имеющих необычные скопления окаменелостей.



ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЯ И ФУКУСИМЫ

Трагедия на Чернобыльской АЭС произошла четверть века назад, а несколько месяцев назад страшное землетрясение повлекло за собой катастрофу в Японии. Что общего между этими событиями? Какие уроки должны мы из них извлечь? На эти и другие вопросы попытались ответить участники научного кафе «Чернобыль 25 лет спустя. И Фукусима...»

Трагедия, разыгравшаяся в Японии, уже давно вышла за пределы Страны восходящего солнца и стала всемирной. В истории сложно подобрать пример столь масштабной катастрофы, так сильно повлиявшей на все страны мира. И речь здесь идет не столько о разрушительных цунами или мощных землетрясениях, сколько о катастрофе на АЭС «Фукусима-1» и угрозе радиационного заражения. Как заявил первый заместитель директора Института проблем безопасного развития атомной энергетики Р.В. Арутюнян, начиная с 11 марта российские специалисты непрерывно отслеживают ситуацию, складывающуюся в Японии, и сейчас можно утверждать, что угрозы для нашей страны нет. Уже на следующий день после катастрофы в Министерство по чрезвычайным ситуациям, а также в «Росатом» были представлены модели возможного развития событий. Был просчитан самый неблагоприятный сценарий: непрерывный ветер по направлению к нашей территории, осадки и т.д. Согласно представленным моделям, специалисты заключили, что никакой угрозы с точки зрения радиационной безопасности для населения России не

существует, как на тот момент, так и на сегодня, хоть и ситуацию на АЭС нельзя назвать завершившейся. Более того, новые данные о состоянии реакторов приходят буквально каждый день, позволяя специалистам и ученым все больше уточнять модели, оценивая радиационную обстановку и радиологические последствия на территории Японии. Фактически все данные об уровне радиации, загрязнении продуктов питания, воды, почвы и т.д. можно найти в Интернете.

Суть проблемы заключается в том, что при нормальной работе станции для снятия с реактора остаточного тепла необходимы дизельные генераторы. В результате землетрясения и цунами были не только повреждены сами реакторы, но и выведены из строя дизельные генераторы. Таким образом, сегодня необходимо решать проблему снятия с генераторов остаточного тепла, для чего власти Японии продолжают использовать воду Тихого океана. Пока сложно оценить, в течение какого срока необходимо проводить такие работы, это во многом зависит от конструкции самой станции и степени ее повреждения. По оценке специалистов – не менее нескольких месяцев.

Если же говорить о радиационном заражении в окрестностях станции, то цифры далеко не такие пугающие. Вне 20-километровой зоны отчуждения уровень радиации не превышает 20 миллизивертов (мЗв). В рекомендации Международной комиссии по радиологической защите, которая, как правило, выступает основой для принятия всех национальных законодательств, говорится, что при уровне радиации в 20 мЗв и ниже никаких оснований для вмешательства нет. Несмотря на это, правительство Японии приняло решение об эвакуации нескольких населенных пунктов в этой зоне. Что же касается более дальних префектур, расположенных по направлению к Токио, то дозы радиации не превышают 4 мЗв. Для того чтобы лучше понять эти цифры, стоит отметить, что в связи с аварией на Чернобыльской АЭС уровень радиационного заражения в Брянской области сегодня составляет около 20 мЗв, а доза, которую ежегодно получают москвичи, примерно соответствует 1 мЗв.

Тем не менее одним из главных вопросов, поднимавшихся на пресс-конференции, стала проблема оценки степени влияния ради-



ации на жителей окрестных территорий и ликвидаторов аварии. Несмотря на то что в настоящее время еще рано подводить какие-либо итоги, опыт прошлого может хоть отчасти помочь при осуществлении подобного рода прогнозов.

Атомная бомбардировка японских городов Хиросимы и Нагасаки в 1945 г. привела к огромному числу жертв, а последствия такого страшного события заметны и сегодня. Спустя девять лет после тех событий японцы создали специальные условия для наблюдения группы людей, состоящей из 87 тыс. человек, так или иначе подвергшихся влиянию радиации при бомбардировке. Данные, полученные в ходе этого наблюдения, были суммированы только к 2001 г. и послужили основой для всех последующих радиологических прогнозов. Аналогично и 25 лет назад, после взрыва на Чернобыльской АЭС, был создан советский реестр людей, имеющих непосредственное отношение к катастрофе. Однако всего объема полученной

информации до сих пор недостаточно для точных прогнозов. Дело в том, что различные онкологические заболевания, вызванные радиацией, невозможно отличить от аналогичных, но возникших по иным причинам. Здесь можно опираться только на статистику, поскольку болезнь зависит от многих дополнительных факторов, таких как пол, возраст, социальные условия и пр. Некоторые ученые считают также, что в случае Чернобыльской катастрофы не последнюю роль сыграли и психологические факторы: долгое замалчивание самого факта катастрофы, срочная эвакуация, постоянное психологическое давление и т.д. Какие-либо обнадеживающие данные, основанные на последствиях чернобыльского взрыва, сложно привести еще и по той причине, что дети, родившиеся непосредственно в тот период, только сейчас вступают в репродуктивный возраст.

Перед учеными стоит непростая задача оценки последствий катастрофы при учете того, что речь

в большинстве своем идет об оценках при малых дозах облучения. Хотя многие ликвидаторы аварии на АЭС «Фукусима-1» неизбежно получили дозу облучения, превышающую 500 мЗв, средний показатель колеблется около 110 мЗв. В этом ключе прежняя линейная беспороговая модель, построенная по принципу «сколь угодно малая доза радиации может вызвать сколь угодно малый риск онкологического заболевания», требует пересмотра и ответа на вопрос: какие реальные эффекты соответствуют конкретным дозам облучения?

Выступавший в заключение пресс-конференции писатель, автор книги «Зарево над Припятью» и фильма «Монологи о Чернобыле» В.С. Губарев отметил, что общей чертой этих двух страшнейших катастроф стало то, что ни Советский Союз 25 лет назад, ни Япония сегодня просто не в состоянии были поверить в возможность таких событий. Остается только надеяться на то, что выводы все же будут сделаны. ■

Дмитрий Хованский

НОВЕЙШИЕ АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Степень обеспечения безопасности определяется балансом допустимого риска и затрат

В США вблизи города Огасти (штат Джорджия) впервые за 30 лет *Southern Company* возводит АЭС с ядерным реактором AP-1000 нового поколения. Этот реактор будет оснащен средствами пассивной защиты, которые не потеряют работоспособности даже при полном отключении электропитания. Компания планирует запустить в эксплуатацию в ближайшие шесть лет еще два таких реактора. Наряду с этим проектом американские энергетические компании планируют строительство в ближайшее время еще 18 АЭС, на 12 из которых будет эксплуатироваться реактор AP-1000. На АЭС «Фукусима-1» в Японии, построенной в 1970-х гг., средств пассивной защиты, которые могли бы сработать при отсутствии электропитания и без вмешательства человека, не было. Мартовское землетрясение привело к отключению АЭС от энергосети, а последовавшее за ним цунами вывело из строя резервные генераторы и электрооборудование, парализовав систему охлаждения, что привело к разогреву активных зон.

В отличие от этого реактор AP-1000 будет снабжен огромным резервуаром для воды, расположенным выше активной зоны. В случае возможной ава-

рии выделение избыточного тепла приведет к открытию затвора, и вода поступит в систему охлаждения реактора.

Кроме того, AP-1000 имеет открытую конструкцию, что обеспечивает его охлаждение в критических ситуациях воздушными потоками. Внешнее бетонное здание, в котором находится основной железобетонный корпус реактора, имеет на уровне крыши систему вентиляционных отверстий. При аварии она обеспечит охлаждение реактора воздухом за счет естественной конвекции.

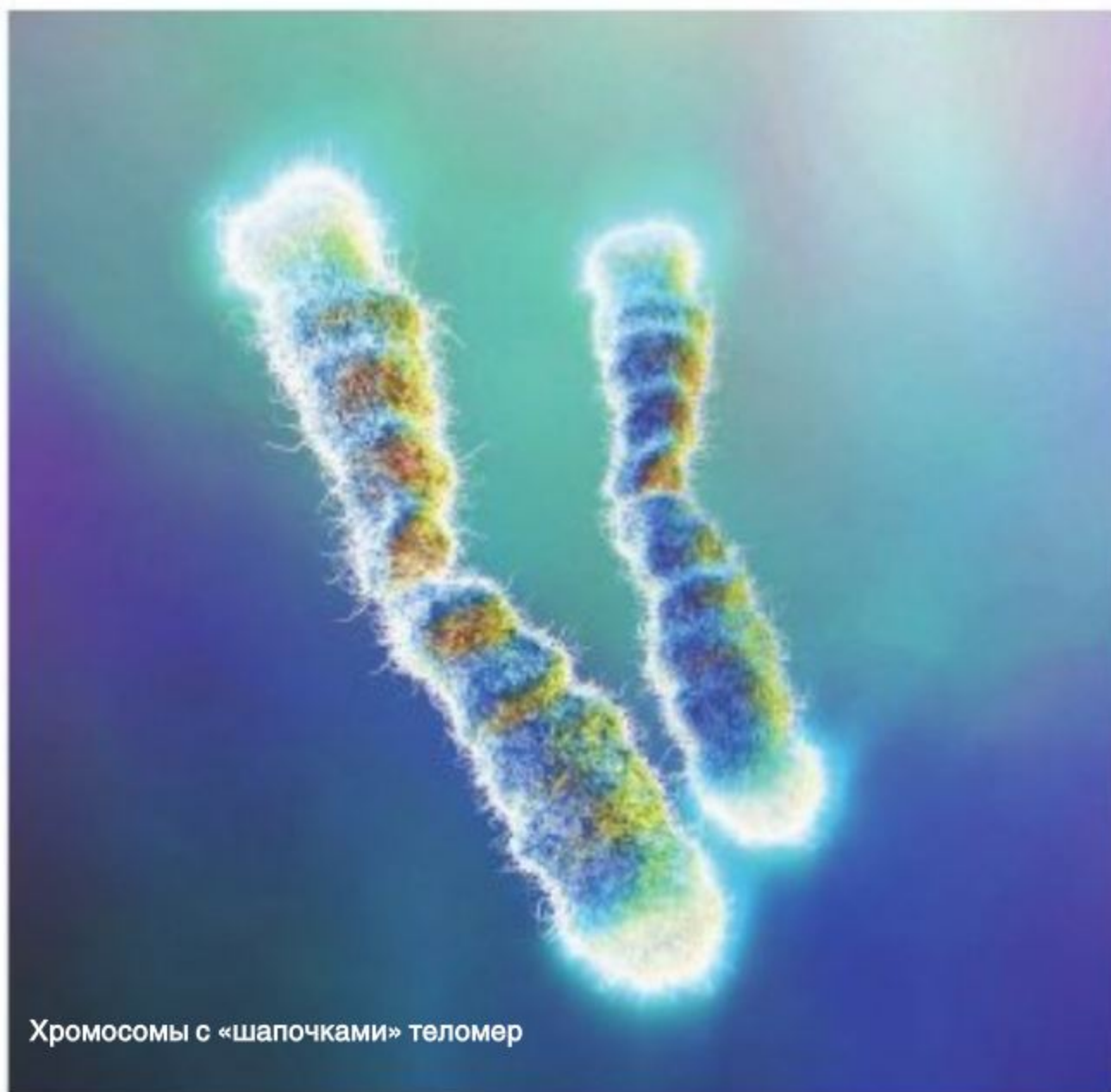
Критики указывают, что подобный механизм охлаждения способен вызвать вынос радиоактивных частиц через такие вентиляционные отверстия. Инженеры возражают, что исключить все риски невозможно. Максимум – найти оптимальный баланс безопасности и затрат. «Существует предел того, что можно сделать для обеспечения безопасности на случай землетрясений, – говорит инженер-ядерщик Майкл Гоулей (Michael Golay) из Массачусетского технологического института. – Какой риск вы готовы допустить?» ■

Дэвид Биелло



КАКОЙ ДЛИНЫ ВАШИ ТЕЛОМЕРЫ?

Недалек тот день, когда появится возможность с помощью несложного теста определить, как быстро вы стареете



Хромосомы с «шапочками» теломер

Как правило, врачи советуют своим пациентам бросить курить и больше двигаться. Теперь заядлые курильщики и любители подремать у телевизора смогут воочию убедиться, что неправильный образ жизни буквально ломает их хромосомы.

Сразу две группы исследователей начали компанию по внедрению в медицинскую практику теста, позволяющего определить длину теломер у всех желающих. Теломеры – это концевые участки хромосом. Они необходимы для завершения их репликации, а кроме того, вероятно, играют защитную роль. Каждый раз, когда перед делением клетки происходит репликация

ее хромосом, длина теломер уменьшается. Данный феномен навел ученых на мысль, что длина теломерных областей может служить показателем биологического возраста клетки, а также состояния здоровья организма. Сравнительное исследование длины теломер лейкоцитов в пробах крови, взятых у группы добровольцев, выявило четкую зависимость между этим показателем и образом жизни испытуемых. У тех, кто регулярно занимался физическими упражнениями, теломеры были длиннее, чем у малоподвижных сверстников. Аналогичная ситуация наблюдается и у людей, подверженных стрессовым воздействиям: их теломеры

укорачиваются быстрее. На поведение теломер влияют и некоторые патологические состояния, например сердечно-сосудистые заболевания, ожирение, болезнь Альцгеймера.

«Зная, соответствует или нет длина теломер вашей возрастной норме, можно оценить состояние вашего здоровья и «физиологический возраст», – говорит Мария Бласко (Maria A. Blasco) из Испанского научно-исследовательского онкологического центра. Пионер в области теломерных исследований Кельвин Харли (Calvin B. Harley), который весной прошлого года основал совместно с нобелевским лауреатом Элизабет Блэкберн (Elizabeth H. Blackburn) фонд *Telome Health*, полагает, что «длина теломер того или иного человека – это, возможно, лучший показатель качества его жизни и даже состояния среды, в которой он живет». Уже весной этого года фонд собирается провести масштабное тестирование в нескольких исследовательских центрах, которые занимаются изучением значимости теломер для оценки темпов старения и развития различных заболеваний.

Впрочем, несмотря на весь энтузиазм, некоторые сомнения остаются. Так, возникает вопрос, какую длину теломер считать нормой, а какую – отклонением. На это Харли отвечает: «Длина теломер – не диагноз и не прогноз. Это лишь показатель, который помогает человеку принять решение относительно своего образа жизни. Возможно, пройдя тестирование, он начнет заниматься спортом, соблюдать диету, избегать стрессов». ■

Тиа Сингер

ИЮНЬ 1961

ОПТИЧЕСКИЙ КВАНТОВЫЙ ГЕНЕРАТОР. «Все обычные источники света это, по существу, генераторы шума, непригодные для чего-либо более сложного, чем примитивная сигнализация. И только изобретение оптического мазера в прошлом году открыло возможность точного управления генерацией световых волн. И хотя оптические мазеры очень молоды, они уже позволили получать световые пучки огромной интенсивности и узкой направленности. Монохроматичность этих пучков выше, чем получаемых от других источников. В качестве источников одной частоты лучшие образцы оптических мазеров соперничают с совершенными электронными генераторами. Развитие их идет так быстро, что скоро они станут доступными для широкого круга приложений». – Артур Шавлов (Arthur Schawlow).

Примечание: сегодня эти устройства называются лазерами; Шавлов был одним из лауреатов Нобелевской премии по физике за 1981 г.

ГЕНЫ ВИРУСОВ. «Менее десяти лет назад не было причин сомневаться в том, что генетика вирусов и генетика клеток – разные дисциплины, которые можно четко разделить. Сегодня мы видим, что провести границу между ними очень трудно – настолько, что само ее существование ставится под вопрос. Оказалось, что между "нормальной" генетической структурой бактерий и генетической структурой типичных бактериофагов существует множество промежуточных форм. Недавние исследования, проведенные в нашей лаборатории, показали, что явления, которые прежде представлялись никак не связанными между собой, могут иметь глубинное родство». – Франсуа Жакоб (Francois Jacob), Андре Львов (Andre Lwoff) и Жак Моно (Jacques Monod).

Примечание: Жакоб был одним из лауреатов Нобелевской премии по медицине за 1965 г.

ИЮНЬ 1911

НАУКА ОБ УЩЕРБНЫХ. С той поры, как сэр Фрэнсис Гальтон (Francis Galton) представил миру евгенику, ученые, директора психиатрических клиник и больниц и криминалисты всего мира собирают статистические данные с целью показать не только то, что браки с преступниками, душевнобольными и людьми с физическими недостатками сами по себе опасны, но и то, какое влияние они оказывают на человечество. К счастью, ассоциации евгеников у нас и за рубежом сделали очень многое для того, чтобы развеять предрассудки, неизбежные в этой просветительской работе, и подготовить почву для законодательных мер.

СТРАНА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ. Первые трансконтинентальные железные дороги, проходящие через западные пустыни и горы, строились скорее из пред-

почтений военных и государственных интересов, чем из финансовых соображений, предполагающих получение прибыли, которая окупит огромные вложения в их строительство. Поскольку частные владельцы капиталов не были расположены к филантропии, правительству пришлось принять меры, чтобы побудить их вкладывать деньги: были выделены земельные участки для безвозмездной передачи и предоставлены займы на пять из семи главных дорог. Сегодня конкуренция между этими семью дорогами за перевозку грузов и пассажиров очень остра.

ВСЕМИРНОЕ «ОДЕЯЛО». Сванте Аррениус (Svante Arrhenius) разрабатывает оригинальную теорию для объяснения ледниковых периодов, отмечавших ряд этапов геологической истории Земли. Согласно экспериментам Сэмюэла Лэнгли (Samuel Langley), содержащиеся в земной атмосфере углекислый газ (CO_2) и водяной пар менее прозрачны для длинноволнового теплового излучения, испускаемого поверхностью Земли, чем для солнечного излучения различных длин волн. Аррениус полагает, что любое увеличение содержания CO_2 и водяного пара в атмосфере усиливает защиту Земли от охлаждения, в результате чего температура поверхности повышается. Из этой теории можно заключить, что в ледниковые периоды атмосфера была бедна углекислым газом и водяным паром, а в теплые периоды богата.

ИЮНЬ 1861

ВОЙНА И КОРОЛЬ-ХЛОПОК. Недавно мы опубликовали статью о хлопке и войне, где высказали убеждение, что в случае, если война затянется, она положит конец господству хлопковых штатов в деле поставок этого важного продукта. За это высказывание некоторые наши подписчики в хлопковых штатах объявили нас врагами Юга. Однако со временем, когда происходящие сегодня события будут переосмыслены, станет ясно, что те, кто «сверг Юг в раскол», сделали для разрушения общественных структур гораздо больше, чем все шумные аболционисты в стране. Мы твердо верим, что постоянные интересы хлопковых штатов могут быть защищены только в союзе. ■

Рельсы, рельсы, шпалы, шпалы: строительство железных дорог для свободного перемещения товаров и людей по континенту, 1911 г.



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, кор. 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 2011 г. составит:

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

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

Стоимость одного номера журнала: за 2005–2006 гг. — **50 руб. 00 коп.**, за 2007 г. — **70 руб. 00 коп.**, за 2008 г. — **80 руб. 00 коп.**;

за 2009 г. — **100 руб. 00 коп.** — **первое полугодие, 110 руб. 00 коп.** — **второе полугодие**; за 2010 г. — **120 руб. 00 коп.**

(без учета доставки); стоимость почтовой доставки по России — **70 руб.**

Номера журнала за 2003–2004 гг. предоставляются в редакции бесплатно.

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

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

* Если ваша заявка о подписке получена до 10 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
2011 г.												
2010 г.												
2009 г.												
2008 г.												
2007 г.												
2006 г.												
2005 г.												
2004 г.												

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Кв. _____

Телефон _____

E-mail: _____

Некоммерческое партнерство
«Международное партнерство
распространения научных знаний»
Расчетный счет 40703810238180000277
В Московском банке Сбербанка
России ОАО №9038/00495 БИК 044525225
Корреспондентский счет 30101810400000000225
ИНН 7701059492; КПП 770101001

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
России ОАО №9038/00495 БИК 044525225
Корреспондентский счет 30101810400000000225
ИНН 7701059492; КПП 770101001

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;**

**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.AKS.RU**





Читайте в следующем выпуске журнала:



СЕМЬ РАДИКАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
Около 90% предлагаемых идей скорее всего потерпят поражение, но оставшихся 10% с лихвой хватит, чтобы кардинально изменить энергетическую картину мира

ПОТЕРЯННЫЕ ГАЛАКТИКИ
По самым последним подсчетам, наблюдаемая Вселенная содержит 20 млрд галактик. Астрономы удивлены: почему же так мало?

КОНТРОЛИРУЕМЫЙ ХАОС В БЕЛКОВОМ ЦАРСТВЕ
До недавнего времени считалось, что для выполнения своей миссии белки должны иметь четкую пространственную организацию. Однако реальная картина оказывается гораздо сложнее

НА ТРОПЕ ВАКЦИН
Судя по всему, биологам удалось найти способ получения эффективных вакцин от СПИДа, туберкулеза и других мало поддающихся излечению болезней

НЕЙРОНАУКИ В ЗАЛЕ СУДА
В наши дни в суде редко используются результаты сканирования мозга и других нейрофизиологических исследований. Однако когда-нибудь они смогут полностью изменить юридическую оценку правдивости и ответственности личности

ПРОДУКТОВЫЕ ВОЙНЫ
Возможно, генетически модифицированные сельскохозяйственные культуры не так страшны, как их изображают защитники окружающей среды