

СПЕЦРЕПОРТАЖ
Химия:
вчера и завтра

ЮБИЛЕЙ
20 лет
нуклотрону

СПЕЦРЕПОРТАЖ
Образование:
будущее сегодня

ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

12+

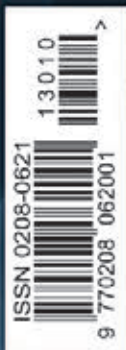
www.scientificrussia.ru
www.sci-ru.org

№10 2013



Как сон ваяет нашу память

Отсекая лишнее,
улучшаем
запоминание



РОССИЯ 24

очевидное
невероятное

ИДЕИ, МЕНЯЮЩИЕ МИР

ПРЕМЬЕРА



42



70

СОДЕРЖАНИЕ

Октябрь 2013

Главные темы номера

Идеи, меняющие мир: ПРЕМЬЕРА

ЕСТЬ ЛИ ИДЕЯ, КОТОРАЯ СТОИТ ТАКИХ ЖЕРТВ?

Эвелина Закамская, автор и ведущая новой программы «Идеи, меняющие мир», совместного проекта телекомпании «Очевидное – невероятное» и канала «Россия 24», о своих впечатлениях от беседы с историком, социологом и политологом Джинном Шарпом



НЕПОВИНОВЕНИЕ КАК ОРУЖИЕ

Джина Шарпа называют крестным отцом «цветных» революций. Мало кому из людей науки удается при жизни увидеть, как плоды их труда меняют жизнь миллионов людей по всей планете, а в случае с доктором Шарпом это именно так



Юбилей

БОГИНЯ ПОБЕДЫ В ПОДМОСКОВНОЙ ДУБНЕ

Валерий Чумаков

Одна из важнейших структур Объединенного института ядерных исследований, Лаборатория физики высоких энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина, празднует двойной юбилей. Об истории и современности лаборатории — ее директор, профессор *Владимир Кекелидзе*



Биотехнологии

ВРЕМЯ БИОТЕХНОЛОГОВ

18

4 *Алексей Торгашев*

О том, в каком положении находятся российские биотехнологии и как их развивают в Сибирском отделении РАН, рассказывает директор Института химической биологии и фундаментальной медицины академик *Валентин Власов*



8 Технологии

ПОЛЕТ В ПРОСТРАНСТВЕ ТЕХНОЛОГИЙ

24

Екатерина Головина

Новейший российский многоцелевой истребитель пятого поколения Т-50 был представлен на авиасалоне МАКС-2013



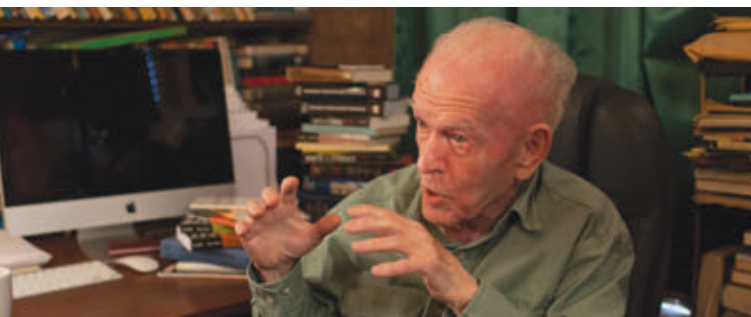
Лидеры науки

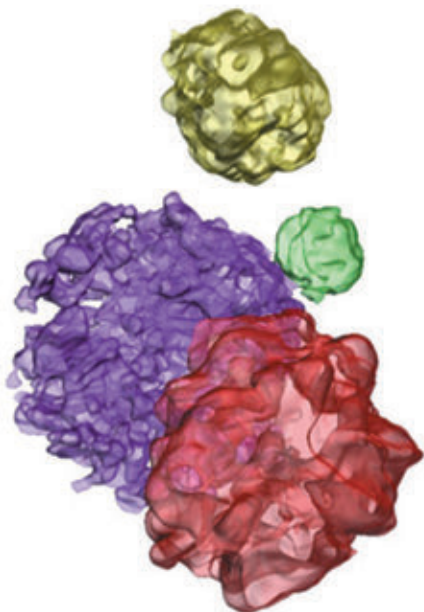
ЧТО ТАМ, В ГЛУБИНАХ ВСЕЛЕННОЙ?

28

12 *Владимир Губарев*

Для директора легендарного Института космических исследований РАН и вице-президента академии наук *Льва Зеленого* далекие и загадочные галактики — практически родной дом Микромир





34

ДО МЕЛЬЧАЙШИХ АТОМОВ

Валерий Чумаков

В наше время разглядеть даже такие крошечные кирпичики мироздания, как атомы, — дело самое рутинное, утверждает заведующий лабораторией электронной микроскопии Курчатовского института **Александр Васильев**



Нейробиология

УБИРАЯ ЛИШНЕЕ

Джулио Тонони и Кьяра Чирелли

Ослабление связей между нервными клетками в мозге во время сна необходимо, по-видимому, для сохранения энергии и, как это ни парадоксально, для содействия процессу запоминания

Специальный репортаж: химия

НОБЕЛЕВСКАЯ ЖАТВА

Лауреаты Нобелевской премии по химии и их молодые коллеги собрались этим летом вместе в немецком городе Линдау, чтобы обсудить интересные научные вопросы, завязать новые знакомства и поговорить о будущем. В ознаменование этого события мы публикуем выдержки из статей ученых, удостоенных высшей научной награды, которые были опубликованы в нашем журнале в разное время

34



50

Психология

БРОНЯ ОТ ПРЕДРАССУДКОВ

Эд Йонг

Даже слабые намеки на ущербность в том, что касается пола, расы или вероисповедания, могут повлиять на наши успехи в школе, на работе или в спорте. Ученые нашли новый способ предотвращения этой проблемы

64

42

50

Специальный репортаж: образование

ОБУЧЕНИЕ В КОМПЬЮТЕРНОМ ВЕКЕ

Интеллектуальные технологии изменяют сами основы системы образования, делая доступными для беднейших жителей планеты лучшие в мире университетские курсы и создавая новые реалии студенческой жизни

70

Разделы

От редакции

3

50, 100, 150 лет тому назад

69



ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC AMERICAN **В мире науки**



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

SCIENTIFIC AMERICAN

ESTABLISHED 1845

Senior Vice President and Editor in Chief:

Mariette DiChristina

Executive Editor:

Fred Guterl

Managing Editor:

Ricki L. Rusting

Managing Editor, Online:

Philip M. Yam

Design Director:

Michael Mrak

News Editor:

Robin Lloyd

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

Associate Editors:

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

Podcast Editor:

Steve Mirsky

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

Art director:

Ian Brown

President:

Steven Inchoombe

Executive Vice President:

Michael Floreck

Vice President and Associate Publisher, Marketing and Business Development:

Michael Voss

Vice President, Digital Solutions:

Wendy Elman

Adviser, Publishing and Business Development:

Bruce Brandon

© 2013 by Scientific American, Inc.

НАШИ ПАРТНЕРЫ:



Сибирское отделение РАН



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



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

Главный редактор: В.Е. Фортвов

Первый заместитель главного редактора: А.Л. Асеев

Заместители главного редактора: А.Ю. Мостинская

Зав. отделом естественных наук: О.И. Стрельцова

Зав. отделом российских исследований: В.Д. Ардаматская

Выпускающий редактор: Ю.Г. Юшкавичюте

Обозреватели: М.А. Янушкевич

Администратор редакции: В.С. Губарев, В.Ю. Чумаков

Научные консультанты: О.М. Горлова

кандидат физико-математических наук А.Л. Васильев;

доктор химических наук, академик РАН В.В. Власов;

доктор физико-математических наук, профессор,

вице-президент РАН Л.М. Зеленый;

доктор физико-математических наук, профессор В.Д. Кекелидзе

Над номером работали: М.С. Багоцкая, О.Л. Беленицкая, С.В. Гогин, Е.В. Головина,

Д.А. Граб, О.В. Калантарова, А.П. Кузнецов, Т.А. Митина,

А.И. Прокопенко, И.Е. Сацевич, В.Э. Скворцов,

А.Ф. Торгашев, Н.Н. Шафрановская

А.Р. Гукасян

Верстка: Я.В. Крутий

Дизайн: Я.Т. Лебедева

Корректура:

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

Ю.С. Осипов

Директор НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

С.В. Попова

Заместитель директора НП:

В.К. Рыбникова

Главный бухгалтер:

Е.А. Мещерякова

Адрес редакции: Москва, ул. Ленинские горы, 1, к. 46, офис 138; Тел./факс: (495) 939-42-66; e-mail: info@sciam.ru; www.sciam.ru

Иллюстрации предоставлены *Scientific American, Inc.*

Отпечатано: В ЗАО «ПК «ЭКСТРА М», 143400, Московская область, Красногорский р-н, п/о «Красногорск-5», а/м «Балтия», 23 км, полиграфический комплекс

Заказ №09 13-08-00204

© **В МИРЕ НАУКИ.** Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати. Свидетельство ПИ №ФС77-43636 от 18 января 2011 г.

Тираж: 12 500 экземпляров

Цена договорная.

Авторские права НП «Международное партнерство распространения научных знаний».

© Все права защищены. Некоторые из материалов данного номера были ранее опубликованы Scientific American или его аффилированными лицами и используются по лицензии Scientific American. Перепечатка текстов и иллюстраций только с письменного согласия редакции. При цитировании ссылка на «В мире науки» обязательна. Редакция не всегда разделяет точку зрения авторов и не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

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

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ МОЗГОВ

На этой открытке из серии, начавшей издаваться в конце XIX в., французский художник Жан-Марк Коте (Jean-Marc Côté) изобразил классную комнату 2000 г., как он ее себе представлял.

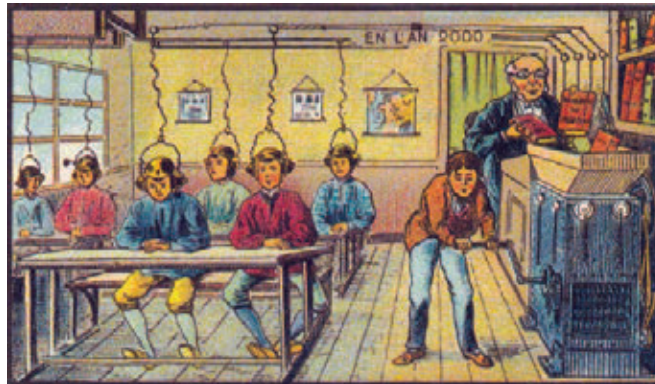
Преподаватель не излагает предмет, а вкладывает тексты в машину с ручным приводом, которая передает информацию прямо в наушники учеников

По прошествии столетия наши представления о том, как будет развиваться образование, выглядят совершенно иначе, но, возможно, не менее примечательны для нас. Будущее оказалось гораздо ближе, чем когда-либо ранее: цифровые технологии, изменившие

многие стороны нашей жизни — от быстрого поиска информации в Интернете до сбора больших объемов данных для удовлетворения потребностей общества, — сегодня проникают и в сферу образования.

Мы сталкиваемся со слиянием перемен. Поскольку фундаментальные исследования все больше воспринимаются как машина для инноваций и обеспечения благосостояния, США и другие страны делают все больший упор на науку, технику и математику (*Science, Technology, Engineering and Math, STEM*). Это требует изменений как в политике (введение научных стандартов нового поколения), так и в преподавании (предложение президента США Барака Обамы о подготовке 100 тыс. преподавателей в области *STEM* в следующем десятилетии), а также сотрудничества государства с частными лицами и организациями, примером которого может служить созданная редакцией журнала *Scientific American* некоммерческая организация *Change the Education* («Изменим образование»), ставшая частью правительственной программы *Educate to Innovate* («Учить инновациям»).

Однако учебные классы в разных школах оснащены неодинаково, и качество преподавания может быть различным. Распространение учебных материалов через

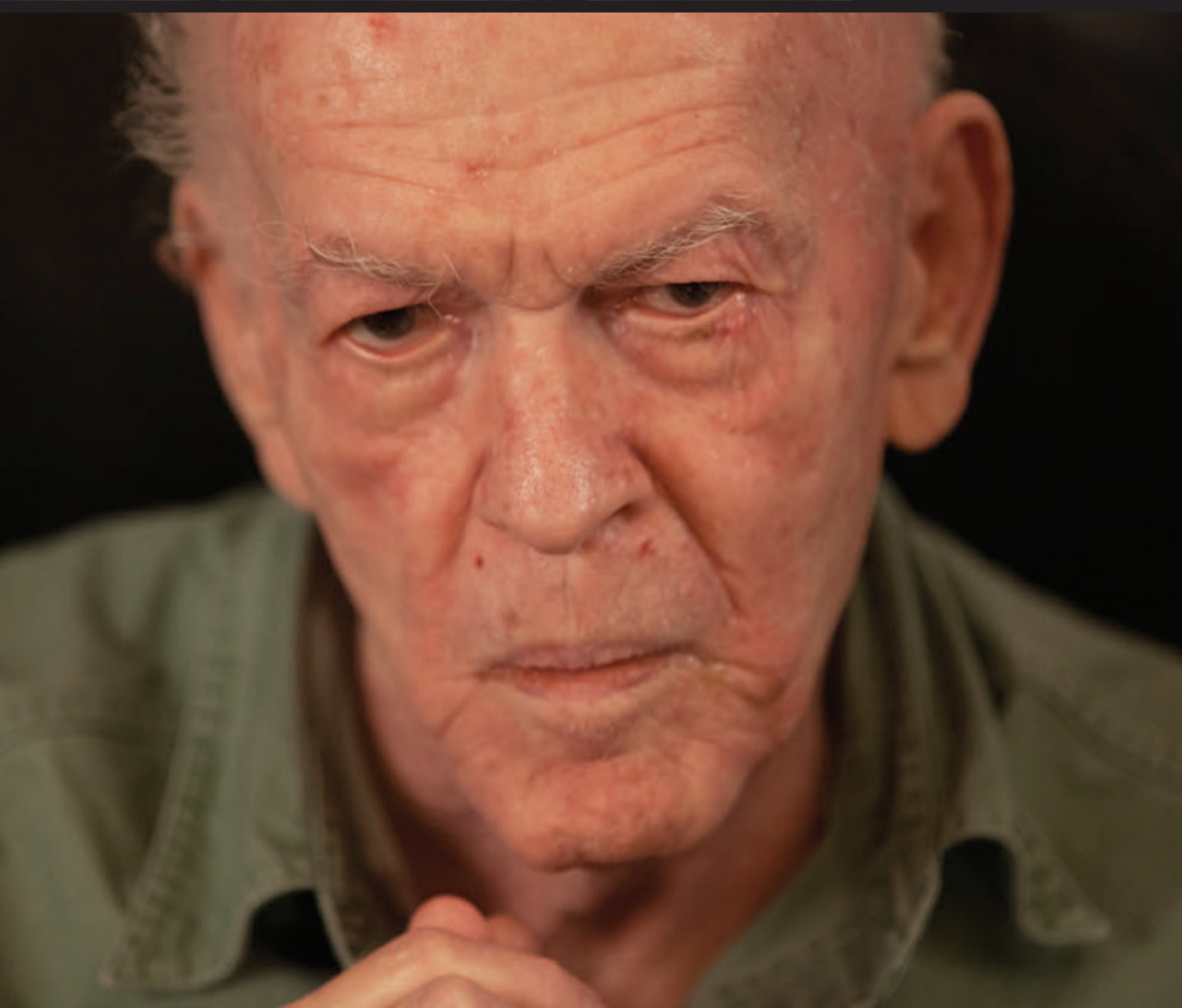


широкополосные интерактивные сети в сочетании с теми или иными адаптивными методами, позволяющими выбирать изучаемые предметы, сулит небывалые возможности доступа к знаниям. Обратной стороной могут стать ограничение наставнической роли преподавателей, всегда реализовавшейся в рамках

личного общения, а также возможное вторжение в личную жизнь и снижение эффективности обучения.

По всем этим причинам редакция решила опубликовать в этом номере специальную подборку материалов «Обучение в компьютерном веке». Иностраный корреспондент Джеффри Бартолет (Jeffrey Bartholet) в статье «Гордость и надежда», входящей в данный блок, подробно рассматривает использование масштабных открытых онлайн-курсов для расширения доступа к образованию, а старший редактор Сет Флетчер (Seth Fletcher) в статье «Машинное обучение» углубляется в перспективы адаптивного обучения, когда программа формулирует вопросы в зависимости от успехов ученика. Завершают раздел соображения специалистов, представляющих особые точки зрения, например министра образования США Арне Дункана (Arne Duncan). Наконец, в заключение мы приводим данные проведенного редакцией журнала *Nature* (журнал *Scientific American* входит в издательскую группу *Nature Publishing Group*) опроса студентов об их впечатлениях о массовых открытых онлайн-курсах (МООК). ■

Мариэтт Ди Кристина
главный редактор журнала *Scientific American*



ЕСТЬ ЛИ ИДЕЯ,
КОТОРАЯ СТОИТ
ТАКИХ ЖЕРТВ?

ИДЕИ, МЕНЯЮЩИЕ МИР



РОССИЯ 24

очевидное
невероятное



ежемесячный научно-информационный журнал

SCIENTIFIC
AMERICAN

В мире науки

Эвелина Закамская — автор и ведущая новой программы «Идеи, меняющие мир», совместного проекта телекомпании «Очевидное — невероятное» и канала «Россия 24».

Телезрители хорошо знают Эвелину как ведущую популярной общественно-политической программы «Мнение», в которой эксперты из различных сфер деятельности — от политики и экономики до культуры и искусства — обсуждают наиболее значимые проблемы в России и в мире.

*Новый проект посвящен людям науки и касается более фундаментальных, даже философских вопросов. Минувшей весной съемочная группа программы «Идеи, меняющие мир» побывала в гостях у историка, социолога и политолога **Джина Шарпа**.*

Тогда никто не мог предположить, насколько состоявшаяся между ним и Эвелиной Закамской беседа окажется злободневной и политически актуальной сегодня.

Мы попросили Эвелину Закамскую поделиться впечатлениями от личного общения с человеком, идея которого привела к тектоническим социальным сдвигам в арабском мире, а теперь — эффектом домино — грозит коснуться и всего остального человечества.

— **Эвелина, в программе доктор Джин Шарп, даже с поправкой на преклонный возраст, предстает не**

слишком эмоциональным человеком. Вежливый, но холодный, с бесстрастным взглядом... Может быть, это эффект камеры? Какие впечатления были у вас?

— У меня не было к нему предвзятого отношения. На фотографиях, которые можно найти в Интернете, особенно на тех, где он помоложе, — да, он может восприниматься как некий злобедный персонаж. А в жизни,



«Цветные» революции и протестные движения в Киргизии, на Украине и в Латвии

за кадром, это такой «дедушка». Улыбчивый, очень доброжелательный, немного застенчивый. Неожиданным было и то, насколько бедно он живет, как скромно одет. Холодный неуютный дом, аскетизм, возведенный в какую-то крайнюю степень. При этом он ухожен, в быту и в работе ему помогают студенты. Надо видеть, насколько трепетно они к нему относятся. С каким благоговением и почтением смотрит на него его ассистент, девушка из Афганистана, даже если принимать во внимание мусульманскую ментальность и традиционный пиетет к старшим. Такое красивое, искреннее, дочернее чувство, которое подкупает, создает определенное настроение: ты тоже смотришь на него другими глазами, не как на отрицательного персонажа. Кроме того, это глубоко пожилой человек. Запись заняла несколько часов, и физически господин Шарпу было нелегко. Мы делали длительный перерыв, чтобы наш герой мог отдохнуть. Безусловно, это определяло и тон беседы — просто из уважения к его возрасту.

— **То есть были какие-то жесткие вопросы, которые вы так и не решились задать?**

— Я спросила обо всем, о чем хотела. Однако все время помнила, что передо мной человек намного стар-

ше меня. Интересовалась, чувствует ли он свою ответственность за то, как его идеи меняют мир, как ими пользуются конкретные люди. Ведь ненасильственное сопротивление — по сути, близкая к христианству идея — на глазах превращается в циничную политическую технологию. Не хочется ли ему вернуть ход истории назад, когда он видит, сколько людей погибло в Сирии? К сожалению, он уходил от ответа. Но всегда очень застенчиво: «Извините меня, пожалуйста... Я не очень образован в этой области. Я могу ошибаться. Я не идеален». Не возьмусь оценивать степень его искренности, для этого мне самой надо дожить до 90 лет. Но нас учили доверять мудрости возраста, тому, что, становясь старше, человек делается лучше. Хочется верить, что он искренен.

Иногда я думаю: может быть, он просто кабинетный ученый, который придумал красивую идею, сидя в офисе, в библиотеке, глядя на прекрасный мирный Бостон, в котором ничего плохого не происходит? Как освободить людей от диктатуры и избежать кровопролития? В своих работах он говорит: попробуйте это сделать, но главное — не отвечайте насилием на насилие. Идея действительно хорошая. Он описал эти 198 методов ненасильственных

действий, а потом еще написал дополнения к ним в виде разных книг, в частности как избежать переворота и других неприятных издержек мирной революции. Только кто из большинства последователей ими заинтересуется, если есть список конкретных способов борьбы, короткая и емкая книга? У современного человека клиповое мышление, чреватое нежеланием долго думать и стремлением быстро получить результат, — поэтому только такая книга и может быть востребована сейчас.

— **В программе вы высказали мнение, что, возможно, не все люди готовы к использованию подобного инструмента, что распространять такие методики спорно с этической точки зрения. И господин Шарп довольно жестко ответил, что журналисты могут заблуждаться. Вам не показалось, что именно этот вопрос задел его за живое?**

— Видимо, он увидел во мне защитницу «режима». Честно говоря, меня его ответ тоже задел глубоко лично. У него в течение жизни было много поводов убедиться, что развитие идеи предполагает слишком идеалистичный взгляд на человеческую природу. Когда мы говорили с ним про русскую литературу, я спросила его про Солженицына, книги которо-



го стоят у него на полке (а также Достоевский, Толстой и труды по русской истории). Джин Шарп ответил, что Солженицын с его акцентом на человеке, личности ему не интересен, что он сам мыслит категориями больших групп. И я тогда подумала, что мне Солженицын ближе, просто потому что у меня есть личный опыт переживания революции, переворота. В 1990 г., во время событий в Азербайджане, когда я была еще маленькой и не очень хорошо осознавала происходящее, мы с семьей стали беженцами. Сейчас, когда я нахожусь в возрасте моих родителей и моей старшей дочке столько лет, сколько было тогда мне, я понимаю, насколько это тяжело и страшно — жить в охваченной беспорядками стране. Трагедия может разыграться в любую минуту, кто-то зайдет в твой дом, убьет тебя и твоих близких — и ты станешь одной из безымянных, случайных жертв революции, о которых очень спокойно и равнодушно говорит Джин Шарп.

— **Возможно, с его точки зрения диктатура, тирания — это гораздо большее, абсолютное зло?**

— Когда ты знаешь, что происходит в Сирии, видишь сирийских беженцев, то начинаешь задумываться, есть ли в современном мире идея,

которая вообще стоит подобных жертв. Вся русская литература задается этим вопросом, но Джин Шарп им не задается. Он говорит: я не идеален, я могу ошибаться, извините. У меня, конечно, появилось много новых вопросов к нему сейчас, когда настолько драматично стали развиваться события вокруг Сирии. Тогда я его спросила, почему после «цветных» революций к власти приходят именно дружественные США режимы. Сейчас я бы переформулировала: почему если они не приходят, демократические Соединенные Штаты считают возможным в это вмешиваться, проводить военную операцию, актуализируя тем самым дискуссии о Третьей мировой войне?

Наверное, убедить себя можно в чем угодно. Что ты живешь правильно и у тебя есть причины думать именно так, а на все остальное не обращать внимания. Благодарность повстанцев, письма украинских, грузинских, сербских активистов, которые он хранит, — это убедительно, это психологически работает. Не исключая, что на его месте мы бы делали то же самое. Мне кажется, корысти или самолюбования в его убеждениях нет. Я не знаю, что им движет, возможно, все-таки желание распространить свою научную идею и доказать ее эффективность.

Он довольно быстро откликнулся и на нашу просьбу об интервью, а при своем скромном достатке мог бы запросто брать за это деньги. Да, в последнее время он стал чаще пиарить себя. Но и мир становится более турбулентным, информационно насыщенным, время сжимается, перемены происходят гораздо быстрее. Возможно, он использует этот шанс для того, чтобы успеть что-то рассказать и самому увидеть результат.

— **Получается, у вас была нелегкая авторская задача: примирить свое человеческое отношение и эмпатию к герою с неоднозначной оценкой практического применения его идей, причем тоже подкрепленной личным опытом. Как вы думаете, удалось сохранить объективность?**

— Да, было сложно оставаться в этом смысле честными, не впасть в штампы. Но я все-таки испытываю моральные обязательства перед этим человеком, который принимал нас у себя дома. Необходимо дать ему шанс быть услышанным именно так, как он сам хотел высказаться, и чтобы зрители тоже почувствовали его двойственность. В этом смысле для нас, съемочной группы «Идей, меняющих мир», это пока что был самый сложный, противоречивый герой. ■



НЕПОВИНОВЕНИЕ КАК ОРУЖИЕ

Шарп Аравийский

Съемки интервью для программы «Идеи, меняющие мир» происходили у профессора дома. Здесь же, в таунхаусе в Восточном Бостоне базируется и его Институт Альберта Эйнштейна. Никакой таблички на фасаде, никаких сотрудников. В штате только сам доктор Шарп и исполнительный директор Джамия Ракиб, почти ребенком приехавшая в США из Афганистана.

В этом году Институту Альберта Эйнштейна исполняется уже 30 лет. Единственное, чем занимается данная некоммерческая организация, — это пропаганда идей самого Шарпа о стратегии ненасильственного политического сопротивления и, главное, распространение более прикладных, понятных потенциальным борцам с диктатурой статей и методик, которые написаны им же на основе его теоретических трудов. «Как вести ненасильственную борьбу? Это книга на 900 страниц. Однако мы ужали ее до 100 страниц, и это будет пособие», — поясняет российской

съемочной группе автор. В результате ученые знают господина Шарпа как автора фундаментального трехтомника «Политика ненасильственной деятельности», а борцы с тираниями уважают за выжимку из этой работы, коротенькую брошюру «От диктатуры к демократии». Последняя не без помощи волонтеров переведена уже на три десятка языков, включая русский, и свободно распространяется в Интернете.

Теоретик ненасильственной революции никогда не был женат и не сожалеет об этом. В различных интервью он говорил, что семья и дети помешали бы ему осуществить тот труд, которому он посвятил более половины своей жизни. По его же словам, у него нет близких друзей, причем так повелось с детства. Семья Шарпов часто переезжала, и единственными собеседниками маленького Джина были собака и книги. Примерно тот же круг повседневного общения у 85-летнего профессора и сейчас: верная помощница, которая с ним уже более десяти лет, сту-

денты, пес и комнатные растения (он разводит орхидеи). Зато его компьютер переполнен письмами от политических активистов и диссидентов со всего мира. Они в основном молоды, пассионарны и испытывают восхищение их адресатом, который годится им в отцы и даже в дедушки. Те, кто имеет такую возможность, навещают его в Бостоне лично.

Ведущая «Идей» Эвелина Закамская поинтересовалась, много ли у господина Шарпа подобных последователей. «Я надеюсь, что нет. Я не верю в последователей и не верю в мессию. Я гораздо больше верю в мыслителей — людей, которые оценивают идеи. Они сами решают, что делать и какие идеи использовать». В ходе беседы профессор и дальше был столь же тверд в формулировках, а о себе и своих заслугах в деле переустройства мира говорил в неизменно самоуничижительной манере.

Сам Шарп долгое время не относился к числу ученых-звезд. В отличие от других героев нашей программы (например, лингвиста Ноама

Джина Шарпа называют крестным отцом «цветных» революций. Почетный профессор политологии, глава Института Альберта Эйнштейна был первым ученым, с которым встретила в США съемочная группа программы «Идеи, меняющие мир». И это символично. Мало кому из людей науки удастся при жизни увидеть, как плоды их кабинетного труда меняют жизнь миллионов людей по всей планете. А в случае с доктором Шарпом это именно так — его идеи трансформируют реальность буквально в прямом эфире.

Хомского), он до последнего времени был более популярен за пределами США, нежели на родине. Эффективная стратегия свержения диктатур прославила его имя среди оппозиционеров самых разных стран на самых экзотических языках. Но собственно в демократическом мире Джин Шарп при этом не был важной общественной фигурой, лидером мнений. Все изменилось в 2000-х гг., на волне «цветных» революций в Грузии, Киргизии, на Украине и особенно с наступлением «арабской весны». Стремительный успех протестных уличных движений в Тунисе и Египте заворожил западный мир. Как выразился кто-то из американских журналистов, англосаксы восприняли Шарпа как современного Лоуренса Аравийского, только с поправкой на возраст и дистанционные технологии.

Тем более что основания для этого были. Во время событий в Киеве Институт Альберта Эйнштейна профинансировал тираж бумажного издания упомянутой методички на

украинском языке (общий тираж тогда составил 12 тыс. экз.). Еще раньше, когда позволяло здоровье, Джин Шарп лично консультировал в 1990 г. борцов за независимость в Литве, а в 2001 г. вместе с экс-министром обороны этой страны Аудрюсом Буткявичюсом проводил в Вильнюсе семинары для представителей белорусской оппозиции. Общеизвестно, что Тахир также готовился активистами по упомянутой книге, pdf-версия которой задолго до основных событий распространялась движением «Братья-мусульмане» через их сайт. В результате за последние пять лет Джина Шарпа трижды номинировали на Нобелевскую премию мира, а сам он постепенно оказался политической звездой, в не очень привычной и комфортной для себя роли.

Побеждают прагматики

Джин Шарп изучал общественные науки в Университете штата Огайо, где в 1951 г. получил степень магистра социологии. Однако прежде чем начать научную деятельность,

он успел проявить себя в качестве практика политической борьбы. В возрасте 25 лет он в течение нескольких месяцев находился в заключении за уклонение от призыва и протест против участия США в Корейской войне. Как рассказывал сам Шарп «Идеям», в тюрьме он, в частности, познакомился с творчеством Ф.М. Достоевского. После освобождения работал секретарем у Абрахама Масте, самого известного пацифиста Америки, идеями которого Шарп вдохновлялся в дальнейшем и на которого ссылался в своей докторской диссертации и фундаментальных трудах по теории ненасильственной борьбы. Затем он долгое время жил за границей: сначала в Лондоне, сотрудничая в еженедельной пацифистской газете, где писал заметки, в том числе про Суэцкий кризис в Египте, затем работал в Институте философии и истории идей Университета Осло с профессором Арне Нессом, крупнейшим норвежским философом и экологом.



«Арабская весна» потрясла западный мир

Впрочем, свою первую книгу он посвятил другому великому современнику — Махатме Ганди. Именно борца за независимость Индии Шарп считает вдохновителем своих научных исследований. Как описывал он позднее, в 1950-е гг. воспоминания о войне еще были свежи, колониальная система только начинала разрушаться, а адекватной научной литературы по интересующему его вопросу не было. Сами ненасильственные методы использовались столетиями в разных странах мира, но бессистемно. И только Ганди первым совершил прорыв. С точки зрения Шарпа, «махатма» был не просто философом ненасилия («сатьяграхи»), но и одним из величайших в истории политических стратегов. Его фигуру в этом смысле он считал недопонятой современниками, и именно акцент на стратегии сопротивления стал важной темой работ Джина Шарпа в дальнейшем. «Мне его идеи очень помогли и в личном смысле, и в моей работе», — признался он нам. Книга Шарпа о Ганди была замечательна еще и тем, что предисловие к ней написал Альберт Эйнштейн. Автор обратился к великому физика в Принстон с письменной просьбой и, к своего огромному

удивлению, получил положительный ответ. Когда вышла эта книга, Шарпу было 32 года.

После этого были исследовательская работа в Оксфорде, докторская степень по политологии и параллельное участие в работе Центра международных отношений Гарвардского университета, которой он посвятил более 30 лет жизни. Кроме того, Джин Шарп уже много лет почетный профессор политологии Массачусетского университета в Дартмуте. Однако в разговоре с Эвелиной Закамской ученый признался, что начал свой научный путь без четкой цели. «Я хотел делать что-то, что изменит этот мир к лучшему. Мне хватило мудрости не выбирать определенное занятие. Это меня бы ограничило. Иногда я думал, что нужно стать, например, адвокатом со специализацией по законодательству о труде или присоединиться к религиозной организации. Но я просто стал учиться, шаг за шагом, заниматься всем понемногу. Появились новые запросы, и постепенно все кусочки головоломки собрались воедино. Я понял: я должен делать то, что умею, — заниматься анализом».

Всю жизнь он старался понять и объяснить природу политической

власти. По теории Шарпа, ни одно правительство — каким бы совершенным карательным и пропагандистским аппаратом оно ни обладало — не в состоянии удерживать власть без согласия членов общества. Простые люди могут объединиться, чтобы лишить тирана источников силы. Системное политическое неповиновение способно привести диктатуру в замешательство, за которым последуют ее ослабление, паралич и развал. Практиковать ненасилие, по Шарпу, стоит из прагматических соображений, и это стало его важным теоретическим прорывом. Вначале, как и все пацифисты, он считал, что ненасильственная борьба — это «непротивление» из моральных и религиозных соображений. Но однажды, изучая в библиотеке газетные сообщения о борьбе за независимость Индии, он «испытал психологический шок». Позднее в одном из телеинтервью Шарп говорил: «Я понял, что эти люди вовсе не придерживаются тех взглядов, что мы им приписываем». Индусы использовали ненасилие, потому что оно было эффективно, и Шарп увидел в этом огромное преимущество. Во всем не нужно быть пацифистом, толстовцем или

хиппи, чтобы участвовать в ненасильственной борьбе, нужно быть просто прагматиком. «Можно верить в моральность ненасилия. Однако можно решить, что мы не будем прибегать к насилию, потому что это глупо. Мы можем добиться гораздо большего успеха и большей эффективности, если откажемся от него», — пояснил он на камеру «Идей».

И, конечно, самая известная заслуга Шарпа в области политической теории и практики состоит в том, что он произвел своего рода инвентаризацию способов ненасильственного сопротивления. На основе масштабнейшего исторического анализа событий второй половины XX в. он создал типологию методов таких действий. Составленный им список «Методы ненасильственных действий», состоящий из 198 пунктов, — самый читаемый текст Шарпа. В переводе на русский он уместается всего на семи страницах. Это тоже оружие: социальное, эко-

номическое, политическое и психологическое. Какие-то из этих методов активно используются и хорошо известны (марши, пикеты, письма поддержки и т.д.), другие стали очень популярны именно в последнее время (например, публичное раздевание в знак протеста). Марши пустых кастрюль, нелепые костюмы, интернет-демотиваторы, протестные молебны — все это современные творческие вариации того, что еще 40 лет назад было систематизировано Шарпом и оформлено в доступной для прочтения дилетантами форме.

Эскалация свободы

Так сам Шарп назвал одну из глав своей знаменитой брошюры. Его институт долгие годы занимался подобной «эскалацией» через исследовательские проекты и консультирование продемократических групп в самых разных странах мира: Бирме (ныне Мьянме),

Таиланде, Сербии, Литве, Украине, Египте и многих других. На ход «арабской весны» сочинения Джина Шарпа повлияли как ни один другой труд. Известно, что протестные движения, свергнувшие режим Хосни Мубарака, широко использовали его концепции и их активисты обучались на семинарах, которые проводили структуры, давно сотрудничающие с Шарпом (например, Центр прикладных ненасильственных акций и стратегий в Белграде — CANVAS). Хотя сам профессор в прямом наставническом контакте с публичными лидерами арабских революций не состоял, он следит за событиями по телевизору и оказывает влияние опосредованно — своими работами, поощрительными комментариями и письмами поддерж-

ки (в частности, сирийским повстанцам). «Я не идеолог того, что происходит в Сирии, вовсе нет, — говорит он. — Но в Египте организация “Братья-мусульмане” сделала нечто замечательное. Они перевели мою книгу на арабский язык, и она была использована также в других странах. Она может быть прочитана и в Иране, например... Я не авторитет в критическом осмыслении ислама. Но если они хотят придать полномочия власти с религиозной точки зрения, такое бывает. В Испании, например, многие политические партии — христианские. И вполне возможно, что возникнет демократическое правительство, которое будет вдохновлено исламскими идеями».

Сползание в гражданскую войну, наступление еще худшей формы

диктатуры, иностранная интервенция — обо всех этих весьма вероятных последствиях успеха ненасильственной борьбы с государством Джин Шарп честно предупреждает в своих книгах: «Политические, экономические и социальные проблемы будут возникать многие годы». Но, с его точки зрения, это не повод отказываться от борьбы. На вопрос Эвелины Закамской о том, не жалеет ли он в некоторых случаях о разрушительной силе своих идей, Шарп ответил: «Я не политическая гадалка, я не могу предсказывать будущее. Я допускаю ошибки. Может быть, я мог бы сделать что-то и лучше, но этого понимания недостаточно, чтобы сожалеть о содеянном». ■

Подготовила Ольга Платицина

ИДЕИ, МЕНЯЮЩИЕ МИР







БОГИНЯ ПОБЕДЫ В ПОДМОСКОВНОЙ Дубне

*У одной из важнейших структур Объединенного института ядерных исследований — **Лаборатории физики высоких энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина** — юбилей.*

И не один: 60 лет самой лаборатории и 20 лет ее основному инструменту — нуклотрону.

*История, сегодняшние достижения и перспективные проекты стали темой нашего разговора с директором лаборатории доктором физико-математических наук, профессором **Владимиром Димитриевичем Кекелидзе***

Владимир Димитриевич, расскажите о вашей лаборатории.

— Я начну с истории: с чего она начиналась в те годы, когда институт мог по праву гордиться своими достижениями в области физики высоких энергий, и не в союзном, а в мировом масштабе, когда мы были признанными лидерами. Лаборатория была создана как филиал Академии наук в 1953 г., 60 лет назад, на этой площадке. Называлась она Электрофизическая лаборатория Академии наук СССР (ЭФЛАН). В структуру Объединенного института ядерных исследо-

ваний (ОИЯИ) она тогда не входила, потому что и самого института еще не было. Он появился лишь 26 марта 1956 г., после того как нас объединили с Институтом ядерных проблем АН СССР, который тоже работал в Дубне и до 1953 г. был настолько засекречен, что носил имя «Гидротехническая лаборатория». Там по требованию Игоря Курчатова, которому для работ по созданию атомного оружия требовался большой ускоритель элементарных частиц, еще в конце 1940-х гг. был построен крупнейший в мире синхротрон — протонный ускоритель на 500 МэВ. Здесь же, в нашей лаборатории, ров-

но 60 лет назад были заложены основы развития физики высоких энергий. В 1957 г. у нас был запущен самый «энергичный» в мире ускоритель — синхрофазотрон, который разгонял протоны до энергии 10 ГэВ. Здесь была колыбель физики высоких энергий, т.к. впервые энергия ускоренных протонов в десять раз превысила их массу, а это значит, что их скорость вплотную подошла к скорости света. Именно на этом рубеже и начинается релятивизм. Это была на то время самая большая научная мегаустановка, по своему значению она даже превосходила сегодняшний Большой адронный



Физик-экспериментатор Александр Коваленко может рассказывать о своем детище нуклотроне бесконечно



Эту детектирующую камеру для детектора MPD подарил CERN

коллайдер (БАК). Нашим синхрофазотроном восхищался весь мир, он несколько десятилетий оставался символом высокой науки, о нем говорили и писали не только ученые.

— Да, помню, что у Аллы Пугачевой в одной из первых песен бедный, замученный школой первоклассник жалуется, что нигде не бывает, не дышит озонем и занимается на груди синхрофазотроном.

— Не только у Пугачевой. У Высоцкого тоже в известной песне колхозники зовут ученых убирать картофель, особо упирая на то, что «вы ж там задохнетесь за синхрофазотронами, а здесь места воздушные — отличные места».

Не догнать, но перегнать

— Кстати, у вас здесь тоже места воздушные. На территории института — настоящий лес.

— Да, наши отцы-основатели заботились о том, чтобы ученым в Дубне было хорошо и комфортно. В 1960–1970-е гг. работать здесь было чрезвычайно престижно, поскольку Дубна была столицей физики высоких энергий. С тех пор прошло много времени и в силу разных

всем известных обстоятельств мы утратили лидирующую позицию в этой области. Догнать и перегнать Большой адронный коллайдер у нас не получится. Не хватит ни технологий, ни сил, ни ресурсов, ни опыта. Да и смысла особого нет. Однако в науке можно обогнать не догнав. Для этого надо начать работу в новой области, еще никем не занятой. Случилось так, что чуть больше 20 лет назад в физике высоких энергий появилась интересная ниша. Она возникла, когда физики поставили задачу понять природу фазовых переходов между различными состояниями материи. По современным представлениям, наша материя может находиться в нескольких состояниях.

— Твердое, жидкое, газообразное и плазма.

— Не совсем так. В физике микромира твердое, жидкое и газообразное можно объединить в одно «адронное» вещество, т.е. состоящее из адронов, элементарных частиц, самые тяжелые из которых — нуклоны (нейтроны и протоны). Адронное вещество — это почти весь окружающий нас мир. Второе состояние — кварк-глюонная плазма, где кварки,

кирпичики мироздания, из которых состоят нуклоны, пребывают в свободном состоянии. Есть еще переходный процесс, «смешанная фаза». Ученым сейчас совершенно непонятно, как кварки объединяются в нуклоны и что их удерживает. Это одна из стоящих перед нами загадок мироздания. Ее решение требует особых условий — мощных ускорителей, специальных установок. Впервые серьезно на эту задачу нацелились 15 лет назад в Брукхейвенской национальной лаборатории, одной из 16 национальных лабораторий Министерства энергетики США. Там был построен коллайдер, разгоняющий тяжелые ядра, вплоть до золота, до энергии около 200 ГэВ. Но оказалось, что энергия слишком велика и на этом коллайдере.

— Перескочили американцы?

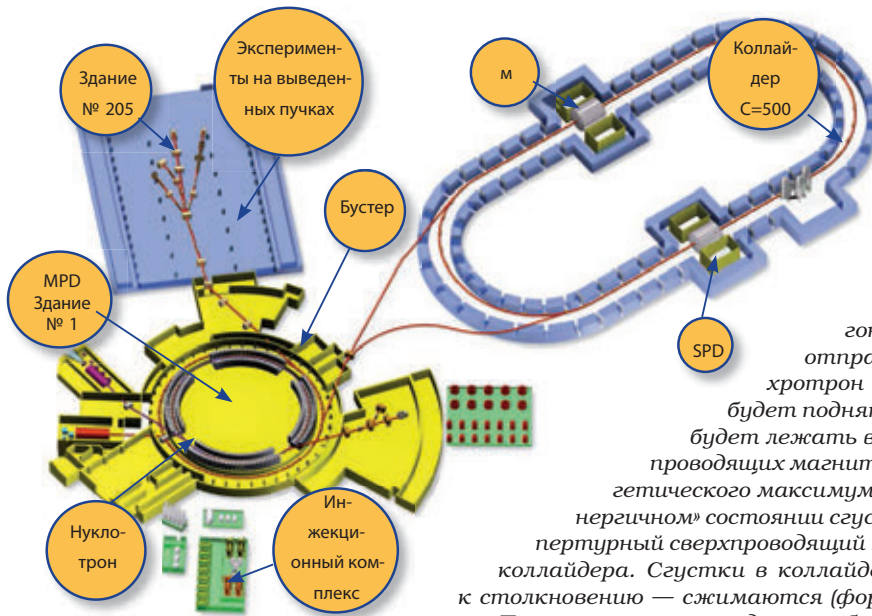
— Перескочили, да. Теоретики посчитали, сделали коррекцию, и оказалось, что энергия должна быть на порядок ниже. Но в этом диапазоне к тому времени уже работал наш нуклотрон, давший первый пучок 20 лет назад — в 1993 г., так что у нас сейчас двойной юбилей: 60 лет лаборатории и 20 лет нуклотрону. Это был первый в нашей

В тело железной змеи нуклотрона встроены приборы с очень чувствительной душой, хоть выглядят они вполне мужественно

Две половинки корпуса детектора приготовились стать одним целым



КАК БУДЕТ РАБОТАТЬ NICA



Пучок ядер тяжелых ионов будет поступать из источника в линейный ускоритель. Оттуда после разгона до 6 млн эВ сгустки ядер будут отправляться в сверхпроводящий синхротрон — «бустер». В нем энергия ионов будет поднята на два порядка. Далее их путь будет лежать в нуклотрон (ускоритель из сверхпроводящих магнитов), где ионы «раскрутят» до энергетического максимума — 4,5 млрд эВ. В таком «сверхэнергичном» состоянии сгусток будет пропущен через двухпертурный сверхпроводящий магнит, расположенный в кольце коллайдера. Сгустки в коллайдере некоторое время готовятся к столкновению — сжимаются (формируются), если нужно, поляризуются. При этом энергия соударения банчей ионов будет вполне обычной для сегодняшней физики высоких энергий — 11 ГэВ. Достижение коллайдера NICA —

в создании именно высокоинтенсивных пучков, поскольку изучаемые процессы требуют очень высокой статистики. При таком столкновении разрушаются не только ядра, но и составляющие их нейтроны и протоны. В результате должна возникнуть кварк-глюонная плазма, из которой состоял наш мир в первые минуты своего существования (будет происходить взаимодействие/соударение кварков с кварками). Наличие плазмы и рождение из нее, по мере «успокоения», новых частиц будет фиксироваться специальным многоцелевым детектором MPD (MultiPurpose Detector).

стране ускоритель на основе сверхпроводящих технологий и первый в мире ускоритель, который разогнал тяжелые ионы, используя эту технологию XXI в. Сами технологии тоже были разработаны у нас в Дубне. Построили нуклотрон в том же здании, где находился синхрофазотрон, прямо под ним. Имея такую базу, надо было понять, как ее развить и можно ли на самом деле с ее помощью решить поставленную задачу. После тщательной проработки проекта оказалось, что коллайдер на базе нуклотрона отвечает тем условиям, которые необходимы для решения. Был произведен мирового масштаба мозговой штурм теоретиков. В результате вынесли предварительное положительное заключение, а нам предложили проработать проект. После первой проработки были определены необходимые ресурсы. Дело оставалось за политическим решением. Его приняли в 2009 г. в Астане, на выездной сессии Комитета полномочных представителей — высшего органа управления Объединенного института ядерных исследований. Тогда впервые в истории была обозначена перспектива развития инсти-

тута на семилетку, принят бюджет и утвержден проект создания коллайдера тяжелых ионов NICA и связанного с ним ускорительного экспериментального комплекса.

— **NICA — красивая аббревиатура. Сразу на ум приходит греческая богиня победы. Но что она обозначает?**

— *Nuclotron-based Ion Collider Facility*, т.е. ионный коллайдер на базе нуклотрона. Из последнего слова для красоты взята вторая буква.

5 июля 2011 г. в Дубне Владимир Путин, тогда председатель Правительства РФ, на заседании правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям, утвердил список из шести мегапроектов — уникальных исследовательских комплексов мирового уровня, обеспечивающих достижение принципиально новых рубежей в фундаментальной науке и дающих толчок развитию новых технологий. Одним из первых стала наша NICA.

— **То есть государство признало важность проекта и обязалось его финансировать?**

— Совершенно верно. Сейчас идет модернизация нуклотрона, под-

стройка его под идею проекта. Проходят испытание сверхпроводящие магниты для бустера и коллайдера. Предположительно комплекс будет запущен в 2017 г., а его стоимость составит 15 млрд руб.

— **И все — из бюджета Российской Федерации?**

— Не совсем. Не зря же наш институт называется объединенным. В состав его соучредителей входят сегодня 18 государств. Из взносов этих стран формируется консолидированный бюджет института, часть из которого, равную примерно половине полной стоимости создаваемого комплекса, решено направить на этот проект. Кроме того, пять стран выразили намерение принять участие непосредственно в мегапроекте, а значит — в его софинансировании. Первой меморандум о намерениях в августе этого года подписала Беларусь, за ней последовали Болгария, Германия, Казахстан и Украина.

Крутится нуклон

— **Одну задачу вы обозначили — исследования базовых переходов материи. Другие глобальные задачи перед установкой не ставятся?**



Вот такой он — компактный и яркий: сверхпроводящий магнит, разработанный в Дубне

ОТКУДА ЧТО БЕРЕТСЯ

Считается, что для науки запуск проекта NICA станет большим шагом вперед. Хотя можно сказать и иначе: это будет огромным шагом назад, и не огромным, а гигантским — аж на 14 млрд лет. На комплексе будет смоделирован в миниатюре Большой взрыв, с которого когда-то началась наша Вселенная. В те далекие времена вся материя была сконцентрирована в малом объеме, давление и температура в котором были невероятно высоки. Ни атомов, ни молекул не было, они смогли образоваться лишь через 300 тыс. лет. Протоны и нейтроны слились в ядра спустя несколько минут после взрыва, а до того кварки и глюоны, из которых состоят элементарные частицы, находились в свободном состоянии. Первые минуты вся Вселенная представляла собой сгусток плазмы — кварк-глюонной материи, из которой потом и начали «слипаться» элементарные частицы. Эту первородную кварк-глюонную смесь, из которой все вышло и без которой не было бы ничего, и собираются получить на NICA, а потом проследить, что и как из нее будет «выдуляться». Роль высокой температуры в комплексе будет выполнять энергия частиц, а давления — плотность ядерной материи (энергия и температура здесь синонимы, то же с давлением и плотностью). Проект этот настолько интересен, что страны-участницы ОИЯИ согласились на 20% увеличить взносы, чтобы собрать на него необходимую сумму.

— В современной науке крайне рискованно делать ставку, хотя и масштабную, на одну задачу. Создатели БАК, безусловно, делали ставку на поиск бозона Хиггса как на главную задачу, но параллельно была поставлена задача поиска новой физики за пределами Стандартной модели.

— **Нашли?**

— Нет. Поиск продолжается, хотя надежд на успех уже не так много. Любая такая крупная установка требует, чтобы перед ней была поставлена не одна, а несколько глобальных задач, как минимум две. В качестве второй мы выбрали ту, которая тоже нам должна быть по силам, учитывая инструментальную базу будущего комплекса. Это задача изучения спиновой структуры нуклонов, природы спина.

— **Про спин помню еще со школы. Кажется, это момент вращения элементарной частицы. В одну сторону вращается — спин положительный, в другую — отрицательный.**

— Это очень грубое определение. На самом деле, мир квантов и элементарных частиц настолько отличается от нашего привычного мира, что говорить о каком-то вращении можно только с огромной долей условности. Само слово «спин» действительно происходит от английского *spin*, что значит «вращение». Но вообще этим термином называется собственный момент импульса элементарных частиц, имеющий квантовую природу и не связанный с перемещением частицы как целого. Задача определения его природы очень актуальна. Сегодня международное научное сообщество активно нацелено на ее решение. Для этого существует достаточно развитая база, но она неполная, и мы имеем возможность ее дополнить. Это с одной стороны. С другой, у нас есть технологические возможности создавать пучки протонов и дейтронов (ядра дейтерия — изотопа водорода, в состав которых кроме одного протона входит еще и один нейтрон. — *Примеч. ред.*), как продольно, так и поперечно поляризованных. Если в коллайдере будут сталкиваться такие протоны и дейтроны в любой комбинации, это обеспечит привлекательные условия для изучения именно задачи спиновой структуры нуклонов.

— **В чем конкретнее заключается сама задача?**

— Спин — это угловой момент, присущий любой элементарной частице, которая называется фермионом или бозоном, если она имеет спин, отличный от нуля. Ранее теоретики и экспериментаторы наивно предполагали, что спин любого нуклона состоит из векторной суммы спинов составляющих его кварков. Кварки имеют полуцелый спин, поэтому они так или иначе вносят вклад в формирование спина нуклона, в который они входят как составляющие элементы. Но тщательные исследования спиновой структуры показали, что спин нуклона только на 30% определяется спинами кварков. Дальше стали говорить о так называемых морских кварках (поле, которое определяет среду в нуклонах), о глюонах, об орбитальных моментах. Эти исследования и теоретические наработки проводятся сегодня достаточно глубоко и интенсивно, но, тем не менее, проблема спина не изучена, и достаточно большая часть ее представляется эдаким «темным спином», «темной материей» в том смысле, что полного понимания его природы нет. Внести вклад в решение этой задачи достаточно престижно, очень интересно и привлекает довольно большую группу мирового научного сообщества, желающую принять участие в этих работах. Это тоже важно для успешного развития проекта, поэтому вторая точка пересечения пучков будет нацелена на решение спиновой проблемы нуклонов.

— **Если в проекте будут исследоваться фазовые переходы, можно ли сказать, что в коллайдере NICA будут созданы условия, примерно соответствующие условиям Большого взрыва, моменту, когда наша материя как раз и рождалась из сгустка кварков?**

— Да. Большой взрыв развивался, как известно, поэтапно и достаточно интересно. В первый момент были образованы те кирпичики мироздания — кварки, из которых выстраиваются все остальные известные нам элементарные частицы. В какой-то момент происходило формирование нуклонов, когда они образовывались из кварков. Этот временной срез — этап перехода из кварк-глюонной материи в нуклоны — и будет изучаться на коллайдере *NICA*.

— На БАК тоже моделировались условия Большого взрыва?

— Там был другой этап: чуть более раннее состояние Вселенной. Каждый проект имеет свою задачу и свое время для изучения, поэтому никто не знает, где будет больше открытий, где будет больше нового и интересного, пока это «новое и интересное» экспериментаторы не получают в своих исследованиях.

Лечим, проверяем, превращаем

— То, о чем мы говорили сейчас, это все фундаментальная наука. А есть ли у строящегося комплекса какие-то прикладные применения?

— Вопрос очень интересный. Простой ответ — да, есть. Любой ускоритель сегодня настолько востребован и создает такие широкие возможности для прикладных исследований, что все их даже не охватить — нам не хватит времени рассказывать. Но мы для себя определяем в рамках проекта три главных направления. Первое — использование развитых в Дубне технологий, связанных со сверхпроводящими магнитами, в медицинских отраслях, связан-

ных с лучевой терапией. На базе существующего нуклотрона исследования в этой области ведутся уже давно. Созданные с их помощью медицинские системы будут более компактны, более экономичны и мобильны, чем сегодняшние громоздкие приборы. Второе применение — то, что мы называем «космическими технологиями». С этим связаны две проблемы: проблема электроники в космосе и проблема живых, биологических организмов в космосе. И те и другие испытывают на разных этапах космического полета поражающее воздействие высокоэнергетического космического излучения, состоящего из тяжелых ионов, в основном ионов железа. Более адекватную базу для проведения таких исследований, чем наш комплекс *NICA*, найти трудно. Необходимые условия — область энергии больше 1 ГэВ и тяжелые ионы, которые представляют собой наибольший поражающий фактор как для электроники, так и для биологических объектов. Сейчас считается, что причиной провала миссии «Фобос-Грунт» стало то, что жесткое излучение «пробило» защиту и вывело из строя систему управления комплексом. Если бы наша электроника, которую устанавливают на космических аппаратах, прежде проходила бы проверку на нуклотроне, «Фобос-Грунт» не остался бы на околоземной орбите, а давно долетел бы до спутника Марса, взял образец почвы и вернул его на Землю. На сегодня единственное место в мире, где подобные исследования ведутся достаточно интенсивно, — уже упомянутая Брукхейвенская лаборатория. Там есть кол-

лайдер тяжелых ионов, на котором решаются фундаментальные задачи. И третье направление, которое мы тоже считаем очень важным, — это энергетика и трансмутация.

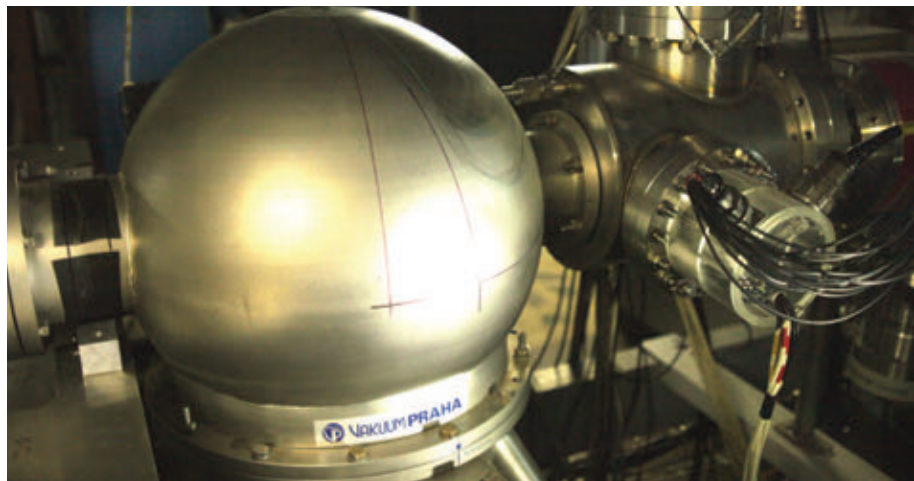
— Свинец в золото хотите превращать?

— Эта задача алхимиков сейчас не актуальна. Мы ставим перед собой более важные цели. У нас развивается ядерная энергетика, одна из неприятных особенностей которой — высокоактивное отработанное ядерное топливо (ОЯТ). Захоронение проблемы не решает, а только отодвигает ее на более дальний срок. Правда, сейчас считается, что в будущем ОЯТ станет топливом для реакторов на быстрых нейтронах, но это только в будущем, а опасность эта субстанция представляет уже сегодня. Один из способов утилизации — облучение разными частицами или ядрами при разных энергиях, в результате которого ОЯТ «трансмутирует» — переходит из активно излучающего вещества в пассивно излучающее или вообще не излучающее (в изотопы с малым временем жизни). В результате мы можем определить оптимальные способы деактивации ядерных отходов. Все эти работы активно ведутся с привлечением большого числа партнеров. Но для масштабного продолжения необходимо развитие этой базы, каковым и станет проект *NICA*. Он будет достойным продолжением цепочки «синхрофазатрон — нуклотрон — *NICA*», начало которой было положено советскими учеными еще 60 лет назад. Лучший подарок к юбилею трудно представить. ■

Беседовал Валерий Чумаков

Владимир Кекелидзе: в науке можно обогнать не догоняя

Вакуумная система, сделанная в Чехии, не дает ускоренным в нуклотроне частицам остановиться





*академик
Валентин
Викторович
Власов*



Алтайские горы известны своими растениями, содержащими биологически активные вещества





ВРЕМЯ биотехнологов

*О том, в каком положении находятся российские биотехнологии и как их развивают в Сибирском отделении РАН, нам рассказал директор Института химической биологии и фундаментальной медицины академик **Валентин Викторович Власов***

Валентин Викторович, что такое биохимия, молекулярная биология и биотехнологии в современной Сибири?

— Сейчас в Сибири 12 биологических институтов в различных центрах Сибирского отделения Российской академии наук. Когда был построен Новосибирский Академгородок, приехали ученые из Москвы, основой всему стал наш Новосибирский государственный университет. Академики Дмитрий Кнорре и Рудольф Салганик — два человека, которые возродили там современную биологию. На конгрессе выпускников обсуждалось, как нам развиваться дальше. После дискуссий все пришли к выводу, что мы придерживаемся правильной модели, которую, по-видимому, следует применять и в других регионах страны. В НГУ, как известно, физтеховская система — студенты учатся на первых двух курсах в университете, потом работают в лабораториях институтов. Фактически Академгородок устроен как американский университетский кампус. Примерно то же самое сделано в Обществе им. Макса Планка в Германии, во французском Страсбурге.

По данным некоторых рейтингов наш университет занимает третье место в России, первые два — Московский и Санкт-Петербургский. Это по абсолютным показателям, а если учесть, что мы по размеру в десять раз меньше МГУ, то мы выходим на лидирующую позицию. И выпускникам есть, где работать.

— **Какие направления развивают в Сибири?**

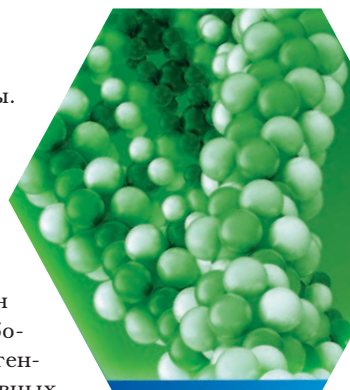
— Я не буду говорить о таких классических вещах, как генетические исследования,

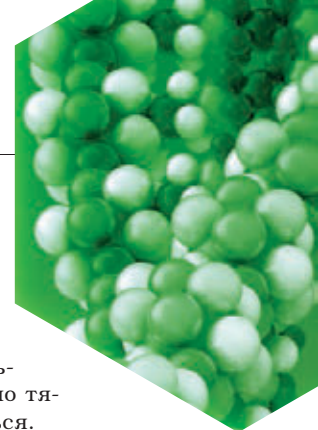
селекция, — они давно известны. Расскажу о тех работах, которые сейчас активно развиваются.

— **Вы возглавляете Институт химической биологии и фундаментальной медицины. Каковы ваши планы?**

— Наш институт известен тем, что мы первые начали работу по созданию так называемых геннаправленных биологически активных веществ. Это вещества, которые позволяют манипулировать геномом. Перед нами стояла задача научиться воздействовать на генетический материал, вносить изменения. Во-первых, множество болезней возникают из-за генетических мутаций, и их нужно пытаться исправить. Во-вторых, если научиться повреждать генетические программы наших врагов — патогенных вирусов или бактерий, то можно их избирательно уничтожить, не нанося вреда человеческому организму. И мы первыми в мире начали такие работы под руководством Дмитрия Георгиевича Кнорре.

История была романтическая. Это были 1960-е гг., молодые химики приехали в Новосибирск. Тогда была полная свобода с выбором тематики. Сегодня существует система грантов, когда можно планировать работу на год, два и три. А тогда была возможность замахиваться на большие проекты, и люди не боялись строить планы на пятилетку и на десятилетия. Группа химиков под руководством Нины Ивановны Гриневой предложила: почему бы не нацелиться на гены? Тогда этого практически никто в мире не умел. Первая наша работа в этом направлении была опубликована в 1967 г. Американцы сделали что-то похожее только через десять лет.





— Что именно ?

— Необходимо было найти такие фрагменты нуклеиновых кислот, которые целенаправленно свяжутся, например, с РНК вируса гриппа. И на эти фрагменты можно химически «посадить» реагент, который расщепляет вирусную РНК. Что и было сделано.

Не то чтобы мы были тогда умнее других, но мы были более смелыми, поскольку нам это позволила система. Вскоре после публикации первой нашей статьи мы получили письмо из США от молодого ученого Джеймса Саммертона. Он писал, что у него были аналогичные мысли, он много раз подавал на гранты, но никто не выделил средства на исследования. Тем не менее он и дальше занимался этой тематикой, стал бизнесменом, основал фирму — и сейчас он богатый человек. Сегодня это огромная область медицины и технологий.

— А работа ваших коллег получила какой-то выход на фармакологию?

— У нас есть два препарата, которые выходят на доклинические испытания. Один из них — это препарат, которые подавляет функции онкогенов, а второй — иммуностимулирующий. Получилось так, что теория немного опередила экспериментальные исследования: через 20 лет после работ Гриневой оказалось, что природа использует эту технологию. Были открыты интерферирующие РНК, о которых много говорят, сегодня это одна из наиболее модных тематик в фармакологии.

Мы были лидерами, первое в мире совещание по геннаправленным биологически активным веществам было проведено в Новосибирске, все приезжали к нам учиться. Потом наступили 1990-е гг., период выживания. Но в последнее десятилетие мы снова выходим на лидирующие позиции. Очень важный момент: мы получи-

ли так называемый мегагрант, по которому у нас будет лаборатория, где будет работать нобелевский лауреат Сидней Алтман. Он планирует создавать ген-направленные противобактериальные препараты. Задача трудная, т.к. в бактериальную клетку такие вещества довольно тяжело доставить, но мы будем стараться.

Секвенирование генов

— Какая тематика ближе всего именно вам?

Сейчас в институте СО РАН ведется расшифровка геномов древних животных, останки которых обнаружены в пещерах на Алтае

— Та, о которой я только что говорил. И еще биотехнологические работы. Мы первые начали заниматься в Сибири (и одни из первых в России) секвенированием нуклеиновых кислот, расшифровкой генов. Гены научились читать относительно недавно, в 1980-е гг. Тогда мы первые расшифровали геном вируса клещевого энцефалита. Это было международное соревнование, австрийцы дышали нам в спину, но наш институт выиграл гонку.

Для секвенирования использовавшихся тогда методами были нужны меченные радиоактивными изотопами трифосфаты, а в России их не было. Чтобы решить проблему, мы послали 15 выпускников НГУ в Ташкент, в Институт ядерной физики, где они быстро организовали производство радиоактивной серы, фосфора и йода. Предприятие снабжало всю страну продукцией для секвенирования.

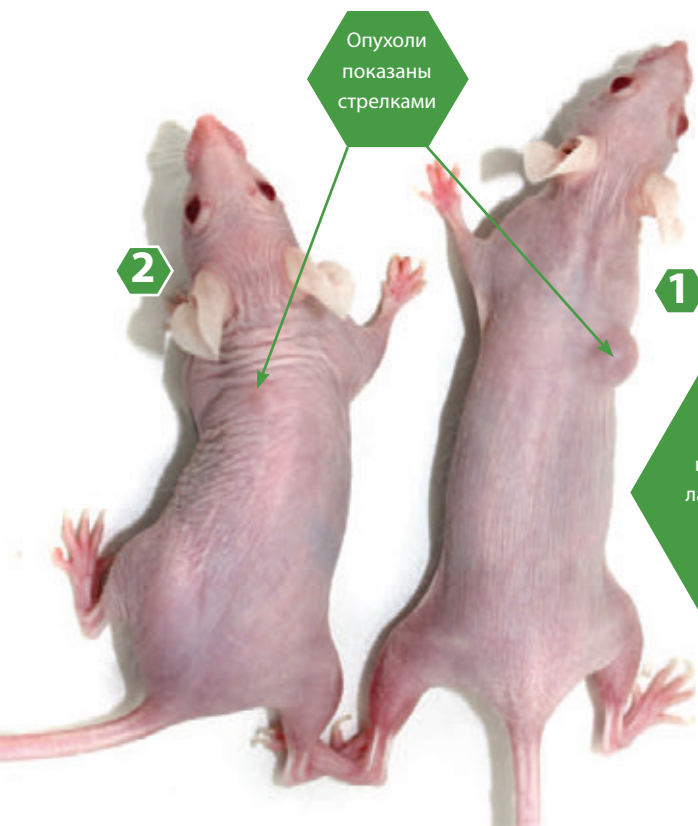
Это и позволило расшифровать геном вируса клещевого энцефалита и на основании полученных знаний разработать чувствительные методы обнаружения этого вируса. Кстати, в прошлом году мы расшифровали геном бактерии, переносимой сибирскими клещами, — возбудителя клещевого боррелиоза (болезни Лайма).

— Сколько времени сейчас занимает прочтение генома бактерии?

— Это делается за день. Сегодня у нас проблема в обработке данных, а не собственно в секвенировании.

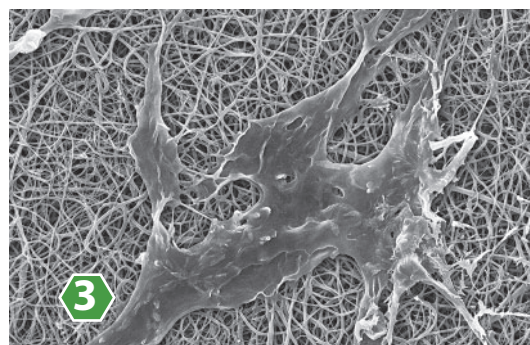
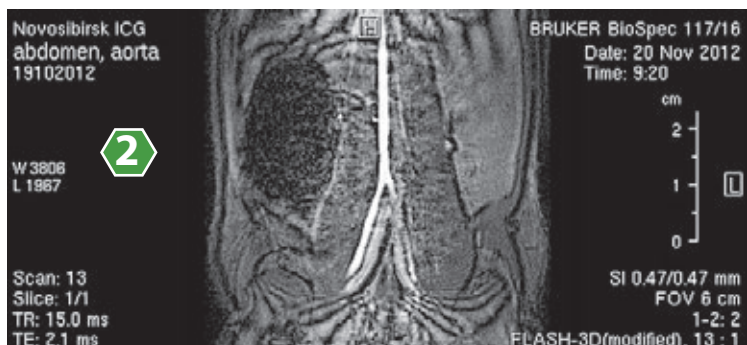
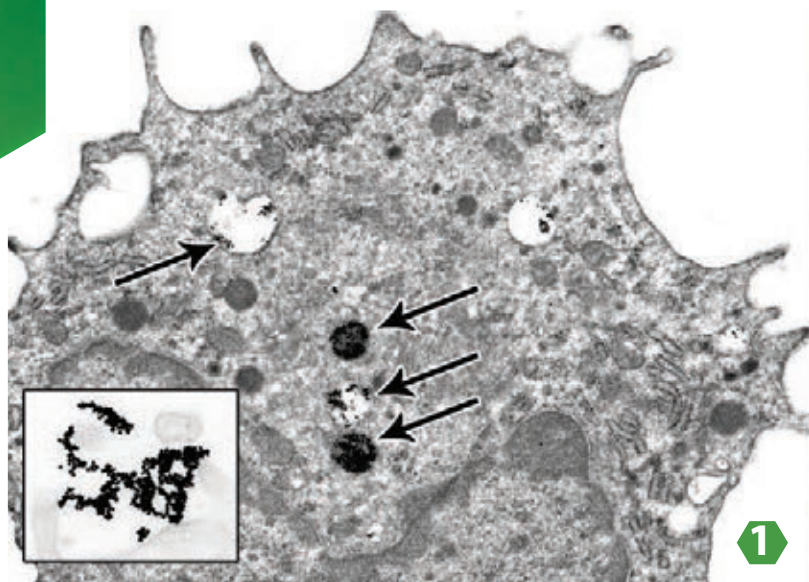
— Если у вас так все налажено, такие современные приборы, почему тогда геном знаменитой денисовской девочки — древнего человека — секвенировали немцы?

— Работа с денисовским человеком требовала извлечения ДНК из очень малого количества материала. Там же был только фрагмент косточки из кисти, и ДНК была сильно повреждена. Работа с ней требовала большого искусства. Есть ряд специальных процедур, которые придумали германские коллеги. Сейчас эти технологии осваиваются в Институте цитологии и генетики СО РАН и в Институте



Опухоли показаны стрелками

Мышам SCID были трансплантированы под кожу клетки аденокарциномы молочной железы человека MDA-MB-231. Лечение препаратом лактапин (40 мг/кг) проводили курсом из трех внутривенных инъекций через день. Торможение роста опухоли в группе, получавшей лечение (2), по сравнению с контролем (1) составило 43%.



1. Наночастицы золота — средство направленной доставки лекарственных препаратов для противоопухолевой терапии. На снимке: участок клетки гепатомы А-1, в которую проникли наночастицы золота (показаны стрелками), на вставке показана адсорбция наночастиц (размером 14-15 нм) на поверхности клетки. Электронная микроскопия — мощный инструмент исследования клеток, вирусов, макромолекулярных структур и бактерий. Приводимые фотографии выполнены с ультратонких срезов на просвечивающем электронном микроскопе JEM 1400 (Jeol, Япония).
2. На МРТ-изображении брюшной аорты крысы, сделанном в SPF-виварии ИЦиГ СО РАН, виден участок с шитым протезом.
3. На поверхности матриц, приготовленных из разных полимерных материалов методом электроспиннинга, успешно культивируются фибробласты человека. Матрикс из полилактид-коггликолида. Сканирующая электронная микроскопия.

молекулярной и клеточной биологии СО РАН. Сванте Паабе неоднократно приезжал сюда, он друг наших археологов.

Сегодня в институтах СО РАН ведется расшифровка геномов древних животных, останки которых обнаружены в пещерах на Алтае.

— Среди тематик новосибирцев есть модная клеточная биология: стволовые клетки и все, с ними связанное. Считается, что Россия очень отстает и здесь. Вы далеко продвинулись в этой области?

— Сразу скажу, что у нас в стране биология в целом отстает, и, конечно, в наибольшей степени она отстает там, где появляется что-то новое.

А клеточная биология — это самое последнее.

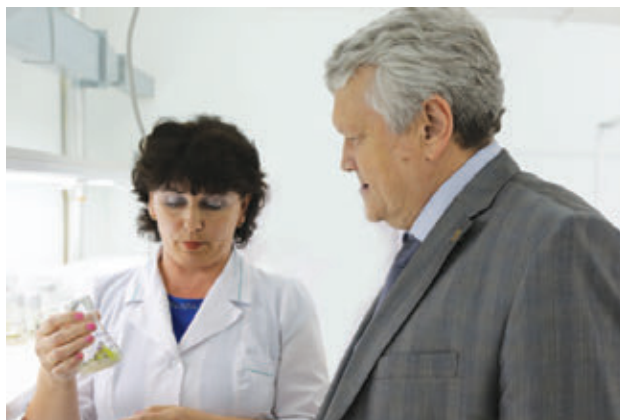
Что нас отличает от американцев? Они чрезвычайно мобильны. У нас же система крайне застойная. Мы не можем даже оперативно купить реактивы. На это могут уйти полгода или год. За это время американцы уже заканчивают исследования. Конкурировать в таких условиях очень тяжело, поэтому, если никто не работает в какой-то области, мы можем там найти что-то новое и рвануть вперед, какое-то время оставаясь лидерами. Но как только наши западные коллеги поймут, что направление перспективно, они начинают заниматься этим же, вкладывают средств в два

раза больше, чем можем мы, и нас обходят.

Однако работать со стволовыми клетками нужно обязательно — это направление на сегодня важнейшее. В СО РАН есть выдающийся коллектив клеточных технологов, которым руководит доктор биологических наук Сурен Закиян, — он работает с индуцированными стволовыми клетками. Это самое последнее, что сделано в данной области. Причем работает он настолько продуктивно, что на его исследования недавно сослался основатель данной области Шинья Яманака.



Председатель СО РАН Александр Асеев и ректор АлтГУ Сергей Землюков подписывают соглашение о создании совместного биотехнологического центра



Ведущий биотехнолог АлтГУ Людмила Тихомирова рассказывает академику Александру Асееву о растениях, полученных методом клональной селекции

Работы со стволовыми клетками ориентированы на возможные применения, поэтому Сурен Закиян ведет свои исследования совместно с Новосибирским кардиологическим центром МЗ РФ (центр, в котором работают хирурги международного класса и где успешно развиваются научные исследования). В кардиоцентре стволовые клетки вводят в пораженную зону сердца по протоколу, одобренному международным сообществом специалистов. Полученные результаты весьма обнадеживают.

Наш институт тоже участвует в развитии медицинских клеточных технологий, но немного по другой проблематике. Для того чтобы использовать стволовые клетки в восстановительной медицине, необходимо, чтобы они формировали трехмерные структуры, а для этого нужны соответствующие матрицы. Если необходимо заменить кусок кровеносного сосуда, например артерии или вены, то должна быть некая трубочка, на которой клетки могли бы жить. Такие структуры делаются у нас в лаборатории Павла Лактионова, работа ведется совместно с кардиологическим центром.

— Есть ли запрос от государства или от бизнеса на ваши медицинские технологии и биотехнологии?

— В последние годы ситуация с развитием биологических работ в стране улучшалась. Хотелось бы большего и хотелось бы верить, что в результате обсуждаемых сейчас реформ наука не проиграет, а выиграет. Ситуация такова, что если у исследователя действительно есть перспективный препарат, то совершенно реально получить финансирование для доклинических и для клинических испытаний.

Я говорил о совсем новых разработках, но у нас есть два других примера, где ситуация более продвинутая. Первый: у нас сделано антитело, которое защищает от вируса клещевого энцефалита. Этот препарат сейчас проходит доклинические испытания, потенциальный производитель — известная российская компания «Микроген». Второй пример: противоопухолевый белок, ко-

торый был обнаружен в женском молоке. Его изучили, сделали генноинженерный аналог. И приятно то, что препарат совершенно безвреден.

Про успехи биотехнологии в Сибири можно рассказывать долго. Например, такой малоизвестный факт: в районе Академгородка производится более 50% российских диагностикумов. Если говорить о нашем институте, есть примеры успешных фирм, созданных его сотрудниками, которые сейчас располагаются в технопарке Академгородка. Например, фирма «Биосан» полностью покрывает потребности российского рынка в компонентах для ПЦР-анализа и успешно экспортирует эти препараты в страны Западной Европы и Соединенные Штаты Америки. Что касается синтеза нуклеиновых кислот, то фирма «Биоссет», которая производит синтезаторы олигонуклеотидов, обеспечивает все российские организации и экспортирует эти приборы в 25 стран мира.

Блестящий пример реализации биотехнологического проекта — в Институте биофизики СО РАН в Красноярске, где были созданы технологии производства биодеградируемых пластиков для медицины. Начинали с нуля — сделали бактерии-продуценты, создали материал, проверили, а сейчас производят различные медицинские изделия из нового материала — биопластотана.

Организовано производство терапевтических медицинских препаратов на основе ягеля в Якутске. У наших коллег в Бурятии есть наработки по тибетской медицине — они изучили старинные буддистские рукописи, перевели, расшифровали их, выяснили состав этих волшебных таблеток и занимаются тем, что внедряют растительные препараты в медицину.

— Насколько готова законодательная база? Вы делаете какой-то новый препарат — что получаете изобретатели и что получает институт за эту работу?

— Система у нас не готова, даже с патентованием не ясно. Когда-то с этой ситуацией пытался разбираться академик Николай Леонтьевич

Алтайцы хотят защититься от подделок — найти специфические компоненты меда или их характерную комбинацию, чтобы сертифицировать и обезопасить свою продукцию

Добрецов. Когда он был избран председателем Сибирского отделения РАН, он с группой ученых поехал в Германию, чтобы ознакомиться с известным опытом Общества научных исследований им. Макса Планка. Там все оказалось просто и прозрачно. У общества есть договор с фирмой, которая следит за тем, что делается в институтах общества, выбирает наиболее интересное и берет на себя все заботы о внедрении и патентовании. Доходы, получаемые от внедрения конкретного изобретения, делятся на три части: изобретателям, фирме и Обществу Макса Планка. Добрецов от такой простоты и ясности пришел в восторг, пригласил немцев к нам в Академгородок с тем, чтобы они нас обучили и адаптировали эту простую систему к российской действительности. Команда юристов и специалистов этой фирмы приехала в Академгородок, две недели работала и после этого вынесла заключение, что с нашим законодательством ничего сделать вообще невозможно. Они извинились, собрались и уехали. Этой истории десять лет. Сейчас ситуация такая же.

Алтай — как много в этом слове

— Я знаю, что сейчас вы еще создаете Алтайский центр прикладной биотехнологии.

— Алтай — это уникальное место, красивое, замечательное, с очень чистой природой. Там самый большой процент сельского населения: около 40% живет в деревнях. Алтай занимает первое место в стране по производству сыра и муки, хорошо развиты пчеловодство, растениеводство. Люди хотят продвигать сельское хозяйство на современном уровне, что невозможно без применения новых биотехнологий, в первую очередь для переработки продукции. Существуют и ряд других проблем, например проблема сертификации продукции. Вот, скажем, алтайский мед. Некоторые стараются его фальсифицировать, в этой сфере существует определенный бизнес. Алтайцы хотят защититься от подделки — найти специфические компоненты своего меда или их характерную комбинацию, чтобы сертифицировать и обезопасить свою продукцию. По сырам то же самое: чтобы выходить на экспорт, нужна характеристика товара. Необходимо знать бак-

В черте
Академгород-
ка производится
больше 50% россий-
ских диагности-
кумов

терии, которые применялись при производстве сыра, они должны быть охарактеризованы.

В совместных работах нашего института и Алтайского госуниверситета применяемые алтайскими сыроделами бактерии охарактеризованы, геном одной из них полностью расшифрован, с другими ведется работа.

Еще их интересуют лекарственные травы: берется несколько десятков растений, извлекается все, что в них есть, и тестируется на противобактериальную активность, иммуностимуляцию и т.д.

В перспективе — технологии для получения растений с улучшенными свойствами.

— Желание сделать центр на Алтае родилось в Новосибирске?

— Нет, на Алтае. В этом направлении активно работает руководство Алтайского университета, им помогает администрация края. В университете они оборудовали современную лабораторию, вложив в это серьезные средства. СО РАН и университет подписали соглашение о сотрудничестве и развивают совместный биотехнологический центр, начата работа по подготовке специалистов-биотехнологов. Уже есть хорошие совместные публикации. Они понимают, что для края нужны биотехнологии, они сознательно взяли на это курс. Наши специалисты пытались обсудить с алтайскими коллегами другие возможные сценарии развития края, например поискать полезные ископаемые. Но все просчитали и сделали упор на биотехнологию, на сельскохозяйственное производство. И, я считаю, очень правильно сделали.

— Скажите, вы системно развиваете биотехнологии в Сибирском отделении? Это сознательная задача?

— Это общая тенденция. Дело в том, что биотехнология — наиболее быстро развивающееся сейчас направление. В мире идет стремительный рост — по 10–15% в год, в ближайшее время рынок биотехнологий в мире составит около \$2 трлн, а у России пока никакого вклада: мы занимаем около 0,1%. Мы отстаем стремительно, и нужно развивать эти направления изо всех сил. ■

Беседовал Алексей Торгашев



! Грани личности

Валентин Викторович Власов — академик РАН с 2000 г., директор Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (ранее Новосибирского института биоорганической химии), основатель Центра новых медицинских технологий в Академгородке. Председатель Объединенного ученого совета СО РАН по биологическим наукам.

Родился в Новосибирске. В 1969 г. окончил Новосибирский государственный университет по специальности «Химия». Фактически всю жизнь проработал в одном институте, который сейчас и возглавляет. Автор более 240 работ по проблемам исследования нуклеиновых кислот. Лауреат Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники 1999 г. за работу «Производные олигонуклеотидов — биологически активные вещества и инструменты исследования белково-нуклеиновых взаимодействий».



Истребитель Т-50 в ангаре авиасалона МАКС



ПОЛЕТ

В ПРОСТРАНСТВЕ ТЕХНОЛОГИЙ

Самолет стоял в просторном ангаре. Он не подавлял своими размерами, к облику этой машины более всего подходило определение «элегантный». Каждая линия его, все пропорции напоминали о золотом сечении. Он казался легким и мощным одновременно, и при этом как-то забывалось, что перед нами — не что иное, как новейший российский многоцелевой истребитель пятого поколения Т-50, военная машина, совершенная в своем грозном предназначении. В ее создании объединились усилия самых опытных авиаконструкторов ОКБ «Сухой» и передовые разработки институтов Российской академии наук.

Большая часть информации об этом самолете — не для широкой публики. Известно, что машина относится к классу тяжелых истребителей, многофункциональна, развивает сверхзвуковую скорость без использования форсажа. Самолет построен с применением технологий малозаметности, весьма маневрен. Повышенная сила тяги двигателя, турбина нового типа, сложная система автоматизации, полностью цифровая система управления и многие другие важнейшие характеристики делают его одним из совершенных в своем классе. Самолет прошел первые летные испытания, его важнейшие узлы и агрегаты продолжают дорабатываться инженерами и учеными.

На авиасалоне МАКС-2013 истребитель представили собравшимся глава Объединенной авиастроительной корпорации Михаил Погосян, президент РАН Владимир Фортов и директор Института теоретической и прикладной электродинамики академик РАН Андрей Лагарьков. «Отцы» самолета не скрывали своей гордости: дальнейшая совместная работа сулит поистине грандиозные перспективы.

«Мы уже получили вполне конкретные результаты, которые по своему уровню соответствуют, с нашей точки зрения, лучшим мировым стандартам. Я думаю, что такое тесное взаимодействие фундаментальной науки с теми прикладными задачами, которые предстоит нам решать в создании перспективных авиационных комплексов, позволит в самые короткие сроки выйти



Соглашение между РАН и ОАК подписали глава ОАК Михаил Погосян и президент РАН Владимир Фортов

Серийное производство самолета Т-50 начнется в 2015 г.

на следующий уровень по ключевым направлениям, определяющим конкурентоспособность нашей продукции на мировом рынке», — сказал Михаил Погосян. Он также подчеркнул, что авиастроение во всем мире выступает движущей силой инновационного развития, поскольку конкурентоспособность на рынке в данной области обеспечивается успешными разработками и достижениями в целом ряде направлений. Считается, что один рубль, вложенный в технологии авиастроения, возвращается потом в семикратном размере через реализацию в других отраслях. Например, композиционные материалы, разрабатываемые специально для авиации, используются затем в судостроении, строительстве, т.е. тех областях широкого применения, которые позволяют возвращать инвестиции и получать прибыль.

Владимир Фортов отметил, что сотрудничество науки и авиастроения в нашей стране традиционно приносит плоды уже многие годы. Сегодня это крайне важный момент востребованности фундаментальных исследований, фактически заказ на них, подчеркнул академик. С одной стороны, необходимо как мож-

но скорее передать авиаконструкторам уже существующие разработки, с другой — направить усилия институтов на нужды отрасли. Ведь мы стараемся не просто проводить фундаментальные исследования, но ориентировать их на то, что понадобится сегодня и завтра. Кроме того, важно показать молодым ученым и обществу в целом, что наука востребована. Когда есть такие результаты, как самолет пятого поколения Т-50, это очевидно для всех. Это прекрасный пример того, как фундаментальные исследования становятся прикладными.

Директор ИТПЭ РАН Андрей Лагарьков рассказал, что совместно с ОКБ «Сухой» в институте проведены фундаментальные и прикладные исследования по природе рассеивания электромагнитных волн, созданию новых материалов и отработке средств обеспечения электромагнитной совместимости на фрагментах конструкции аппаратов, испытания деталей со специальными композиционными покрытиями в безэховых камерах. Летом этого года завершена сертификация нового лабораторного комплекса, где созданы, в числе прочего, радиоизмерительные поли-

гоны на базе безэховых камер. Усовершенствованы и оснащены новым оборудованием лаборатории нанотехнологий композиционных материалов и тонкопленочных структур и покрытий, лаборатория электрофизики композиционных материалов, опытные производства композиционных материалов и др. Объем инвестиций в создание и ввод в эксплуатацию нового лабораторно-исследовательского комплекса превысил 500 млн рублей.

В рамках авиасалона Владимир Фортов и Михаил Погосян подписали соглашение о сотрудничестве. ОАК стал первым отечественным холдингом, с которым РАН планирует столь масштабную совместную работу. Участники соглашения сформулировали задачи для пяти ведущих отделений академии наук, в том числе энергетики, химии материалов и математики, всего более чем по 20 направлениям исследований. Это сулит переход на новые источники энергии, появление новых «интеллектуальных» конструкций и материалов, повышение безопасности и экологичности самолетов, оптимизацию расходов топлива и многие другие передовые новшества.



Владимир Фортвов, Михаил Погосян и Андрей Лагарьков дают интервью о перспективах сотрудничества

Владимир Каргопольцев, директор Научно-технического центра ОАК, рассказал о современных мировых тенденциях в авиастроении. Одно из ключевых современных требований к созданию авиационной техники — существенное сокращение цикла строительства самолета: с семи-восьми лет до двух-трех, самое большое четырех. А это требует максимального сближения фундаментальной науки и специалистов, которые реализуют полученные знания уже в конкретном продукте. Соглашение как раз направлено на решение этой задачи.

Среди безусловных приоритетов развития авиационных технологий, особенно гражданской авиации — обеспечение надежности и безопасности. При современном уровне постановки задачи требуется переход на авиационные конструкции нового типа, которые сами себя контролируют, могут диагностировать свое состояние. Это так называемые системы внутреннего мониторинга, самозалечивающиеся и интеллектуальные конструкции. Над решением этих задач научно-технический центр и академия наук ведут совместную работу.

Крайне важная тема — создание процессных моделей функционирования самолетов: требования как к самолету в целом, так и к каждому его узлу, агрегату, формируются исходя не из какого-то одного режима, а из всего полетного цикла начиная от запуска двигателя и кончая приземлением, и даже после этого — обслуживанием. В конечном итоге необходимо создать процессную модель самолета, в которой каждый агрегат представлен процессной моделью своего жизненного цикла, основанной на физических моделях.

Еще один пример. Все слышали о проблеме обледенения самолета. В мире она не решена. Поэтому сейчас НТЦ ОАК и РАН изучают вопрос использования супергидрофобных покрытий, которые замедляют скорость кристаллизации воды в десять раз. Капелька при температуре -15°C не замерзает 175 минут. Это первый плюс, второй — отсутствие смачива-

ния: вода не задерживается на поверхности, а просто слетает с нее.

«Вместе с академией наук мы, если можно так выразиться, сформировали сейчас ту размерность пространства технологий, в которой нам видится будущее самолетов. Сотрудничество с РАН у нас было всегда, — подчеркнул Владимир Каргопольцев. — Без ее помощи мы не в состоянии поднять те научные проблемы, которые необходимы для развития авиации».

Несмотря на плохую погоду, на авиасалоне МАКС-2013 самолет Т-50 поднялся в небо. Его стремительный полет, виртуозные пилотажные пируэты заставили остановиться и залюбоваться им всех, кто был на земле.

Будущее летательных аппаратов в руках людей, воплощающих в них свои лучшие идеи. ■

Подготовила Екатерина Головина





Что там, в глубинах ВСЕЛЕННОЙ?

Прослушав однажды лекцию о внеземных цивилизациях, я удивился, с какой легкостью академик **Лев Зеленый** путешествует по Вселенной. Создавалось впечатление, будто для него далекие и загадочные галактики — дом родной.

А может быть, так и есть? **Лев Матвеевич** — не только директор легендарного Института космических исследований РАН, но теперь и вице-президент академии наук, где курирует космические исследования: от околоземных орбит до марсианских песков, от полярных сияний и до взрывов в глубинах галактик. «Преувеличиваю?» — спрашиваю ученого. — «Безусловно», — улыбается он.

Мечтали ли вы полететь в космос?
— Конечно. Причем с самого детства. Еще до полета Гагарина, с запуска первого спутника Земли.

— Но вам тогда не было и десяти лет?

— Тем не менее... Мне казалось, что человек полетит лет через 20. У меня как раз будет хороший возраст, поэтому я начал готовиться к такому полету. Стал делать зарядку, обливаться холодной водой, закалять свой организм. Оказалось весьма полезным для здоровья. Но Гагарин полетел очень скоро. Я понял, что мой поезд уходит, посмотрел на себя в зеркало, увидел, что очки становятся все толще. Решил стать теоретиком. О «теоретике космонавтики» тогда тоже много писали. Это был Мстислав Всеволодович Келдыш. Он был одной из трех легендарных фигур космонавтики: Главный конструктор, Главный теоретик и Первый космонавт. И для меня жизненным образцом стал Келдыш.

— В этом мире многое символично: теперь работаете на площади имени академика Келдыша?

— Вы затронули больной вопрос. Я считаю, что роль Мстислава Всеволодовича сейчас недооценена. Недавно мы отмечали 100-летие со дня его рождения. Наша молодежь провела такой эксперимент: они останавливали людей на площади и спрашивали, в честь кого она получила свое название. Ни один из сотни не ответил. Мы обратились в правительство Москвы с просьбой поставить здесь памятник Келдышу. Но комиссия, которая этим занимается, сказала, что есть уже два памятника: один на Аллее Космонавтов, второй возле института, а больше одного памятника ставить не положено. Юбилей прошел, и теперь уже надо следующую попытку делать, наверное, к 150-летию. Но уже не нам...

— А с самим Мстиславом Всеволодовичем встречались?

— Не довелось.

— Жаль... Но вернемся в прошлое. Как вы могли понять значение запуска первого спутника, если были совсем юным?



Служу Советскому Союзу: Л.М. Зеленый принимает присягу в военно-космических войсках



На стройках коммунизма: строительство бассейна МФТИ



На российско-болгарской рабочей группе

— Понимание случившегося произошло не сразу. Впрочем, не только ко мне. В первые дни даже Н.С. Хрущев не полностью понимал величие события. Только когда на Западе поднялась буря откликов, началось политическое осмысление произошедшего. Второй спутник с Лайкой — это уже планируемый успех. За очень короткое время Хрущев понял, насколько велико пропагандистское значение прорыва в космос.

— Итак, школа, а потом?

— Физтех.

— Космический факультет?

— Конечно. Поступить было трудно. Конкурс был громадный — 15 человек на место. Многие мои товарищи дрогнули, не пошли, а я все-таки решил: школа № 444, математическая, была очень хорошей. Кстати, мы до сих пор регулярно встречаемся с одноклассниками.

— Правда, что в Физтехе тяжело учиться?

— Первые два курса мне было легко, школьная математическая подготовка сказывалась. Я расслабился, а на третьем курсе пошла квантовая механика и пришлось изменить свои привычки — начал заниматься много. В это время я познакомился с Владимиром Фортковым — он учился на том же факультете, но старше. На пятом и шестом курсах мы уже активно занимались научной работой на базе Института космических исследований.

— То есть получается, что вся жизнь связана с ИКИ?

— Не совсем. Свою роль сыграли некоторые политические события.

Вначале я был в Институте тепловых процессов, в Центре им. М.В. Келдыша. Моя курсовая работа — ядерные космические двигатели. Бытовала парадигма, что до Марса на обычных двигателях не долететь.

— Все тот же Марс?

— Мне это нравилось — «Аэлиты» и прочее. Работа была увлекательная, физика очень интересная: ракетный двигатель, ядерный реактор. Но здесь вмешалась судьба. В 1968 г. — «чехословацкая весна» — началось закручивание гаек. Естественно, у студентов было брожение: разбрасывали листовки, образовывались разные организации. Я в этом не участвовал, но под общую гребенку попал. 14 апреля нас задержали на площади Маяковского. В день его смерти там проводили поэтический вечер, но всех разогнали. Нас арестовали. Однако инкриминировать нам было нечего, поэтому отпустили. Однако в Физтехе пришло письмо о том, что у них учатся хулиганы и антисоветчики. Доказательств не было, но некоторые меры на всякий случай были приняты. Нас от секретных работ отстранили. Я был направлен сюда в ИКИ, тогда институт только создавался. Честно говоря, я не хотел идти, ядерные двигатели казались более увлекательными, но меня «выпили». Как позже оказалось — к счастью, поскольку здесь я начал заниматься очень интересными делами, а направление, связанное с ядерными двигателями, заглохло на 40 лет. И только сейчас оно возрождается.

— Вы занимались спутниками — образно говоря, околоземным про-

странством. Все, что тогда намечалось, реализовано. Что из этого наиболее интересно?

— К 50-летию со дня запуска первого спутника я подготовил доклад о том, как выход в космос изменил жизнь человечества. Можно рассказывать подробно о каждом направлении, их множество. Начну с научного. Мы живем на Земле, и нам повезло, что у нее мощная атмосфера и достаточно сильное магнитное поле. Мы существуем под двойным зонтиком, и именно благодаря этому Земля, по образному выражению К.Э. Циолковского, стала «колыбелью человечества». Но для ученых это плохо: мы экранированы от космического и солнечного излучения, небо открыто для нас в двух очень узких диапазонах — видимый свет и длинные радиоволны, где работает радиоастрономия. До 1957 г. мы смотрели во Вселенную только через эти два окошка. В астрономии, начиная с Галилея, сделано множество открытий, и это, бесспорно, великое достижение человечества. Но выход в космос показал, что мы знаем крайне мало, даже Солнце предстало другим. Оно казалось обычным огненным шаром с пятнами, но на самом деле это кипящий котел, откуда вырываются потоки плазмы, где вскипают протуберанцы и т.д. Мы знали, что у Земли есть магнитная оболочка, но как она взаимодействует с Солнцем, было непонятно. Были выдающиеся предшественники: Александр Чижевский, недооцененный человек. О нем могу долго рассказывать. Он угадал, что между Солнцем



Запуск проекта «Интербол-1» (космодром Плесецк)



Исследования места гибели капитана Джеймса Кука на Гавайских островах

и Землей есть еще один «агент», некий посредник. Чижевского считали сумасшедшим — ведь он устанавливал связь солнечных пятен со вспышками популяций саранчи. Разве такое возможно? Оказалось, Чижевский прав. Одно из крупных открытий, сделанных после запуска спутника, — это солнечный ветер. Красивое название, которое подчеркивает, что мы живем в короне Солнца, в потоке вещества, которое идет от него. Это и есть тот «агент», который переносит солнечное влияние на земную жизнь. Мы поняли, откуда берутся полярные сияния, магнитные бури. Теперь связь Земли и Солнца мы осмысливаем по-другому, чем раньше. Я не говорю о таких открытиях, как черные дыры, другие удивительные явления во Вселенной. Вся рентгеновская астрономия, которой много занимаются в нашем институте, — это спутниковые вещи. С выходом в космос мы многое начинали видеть иначе. С помощью глобальных спутниковых наблюдений мы лучше понимаем климатические изменения, парниковый эффект и многое другое. Спутники тянут за собой цепочку практических применений — телевидение, связь, системы спасения, навигации и т.д. За полвека жизнь людей сильно изменилась под влиянием космических достижений.

— **От Вселенной до тефлоновых сковородок — везде космос оказывает свое влияние.**

— Это так. За последние 50 лет мы узнали об окружающем мире больше, чем за всю предыдущую историю человечества.

— **Мы говорим о спутниках, о технике. А пилотируемая космонавтика — какова ее роль? Может быть, летать теперь и не нужно? Такое впечатление, что особых открытий нет?**

— Вопрос скользкий, но я попробую ответить корректно. Человеку, а не приборам, им созданным, свойственно все открывать самому, поэтому возник, например, тот же экстремальный туризм. Подъем на Эверест, спуск в Марианскую впадину, походы на Северный и Южный полюс и т.п. В какой-то степени полеты в космос — еще один ареал для проверки человеком его возможностей. Я не исключал бы этот фактор. Если не летать в космос, то жизнь на Земле станет скучной. У многих фантастов есть размышления на эту тему. Человеку очень нужно побывать там, где до него никто не был. Такая психология необычайно важна и для отдельного человека, и для человечества в целом.

— **Неожиданный аспект!**

— Но он реален. С точки зрения науки в пилотируемой космонавтике результаты скромнее. Международная космическая станция существует, она летает, там работают экипажи. МКС дала многое для медицины. Я говорю не об экстремальной медицине, а о практической, земной. Это различные средства, препараты, тренажеры. У нас в институте несколько лет назад состоялась большая выставка, посвященная пилотируемой космонавтике. Я сам очень удивился, увидев, как много из космической медицины перешло в земную.

— **К сожалению, пока мало что используется.**

— Внедрение — наша общая проблема, не только в этой области. Инновации, полученные наукой, большей частью остаются «в портфеле». Теперь о другой стороне работы на МКС. Там есть научные модули, где мы стараемся ставить эксперименты. Роль космонавтов в этом чрезвычайно важна. Я отношусь к подобным работам прагматически. Считаю, что в таких длительных экспедициях полезна отработка новых технологий, приборов, которые потом могут использоваться в автоматическом режиме. Например, на МКС летал прибор «Русалка», предназначенный для исследования парниковых газов. Это очень тонкие специальные измерения. Во время пробного полета отработывалась методика наблюдений. Прибор мы планировали использовать в автоматическом режиме, но космонавты выявили отдельные погрешности, поэтому прибор нужно было доработать. Польза несомненная. И таких отработочных экспериментов много. В них роль человека важна, никакой робот его заменить не может. Кроме того, микрогравитация, вакуум, излучения, которые есть на МКС, могут сыграть важную роль для науки, просто надо научиться их использовать. Вот, например, мы провели эксперимент вместе со швейцарцами. Были выставлены коллекторы, с помощью которых исследовались нейтральные частицы, способные проникать сквозь магнитное поле. Коллекто-



Дни космической науки 2007 г., Л.М. Зеленый с председателем Совета Федераций РФ С.М. Мироновым у макета космического аппарата «Фобос-Грунт»



Институт космических исследований им. Годдарда NASA, Л.М. Зеленый со своей ученицей М.М. Кузнецовой

ры экспонировались несколько месяцев, затем космонавты их сняли и привезли на Землю. Были получены интересные результаты. Хочу вспомнить и уникальные эксперименты, которые проводились вместе с немецкими учеными под руководством Владимира Фортова, — проект «Плазменный кристалл». На МКС их начал Сергей Крикалев. Кроме того, на международной станции мы занимаемся изучением нейтронного поля. Ни преувеличивать, ни принижать работы на МКС не следует — они занимают свою нишу в космической науке.

— **Вы не упомянули о «птичках», которые вылетают с борта МКС.**

— Об этом я часто говорил. Безусловно, при запусках малых спутников МКС необходима. «Колибри» и «Чибиc» сначала были доставлены на МКС, летали там, а затем космонавты провели предполетную подготовку и отправили спутники в самостоятельный полет. «Чибиc», изучающий молнии, работает до сих пор. Использование структуры МКС — удобный и эффективный способ запуска подобных систем, так что наши «птички», надеюсь, и в будущем смогут начинать свои полеты со станции.

— **Я ехал на нашу встречу и думал об МКС. Мне кажется, что у нее есть и глобальная задача. Первый этап проникновения в космос — запуск спутника, потом полет Юрия Гагарина, следующий шаг — высадка на Луне, а теперь следующий этап — пилотируемый полет на Марс. Экспедиции на МКС — это, на мой взгляд, подготовка к нему. Разве не так?**

— Это один из очень многих элементов полета на Марс. Кроме медико-биологических проблем есть множество других, которые пока непонятно, как преодолеть. Был проведен эксперимент «Марс-500», где были изучены факторы одиночества, изолированности, психологической совместимости, что тоже представляет собой препятствие для полета. Наши приборы участвовали в этом эксперименте. Ими космонавты пользовались, когда вышли на поверхность. Была короткая имитация

настоящего полета, посадки и возврата. Но, повторяю, это один из факторов. Есть еще невесомость. Мы научились летать долго, без видимых повреждений и последствий для здоровья человека. Это заслуга нашей космонавтики. Полтора-два года в космосе — это уже долго, и этого достаточно для полета на Марс. С радиацией сложнее. Для полета на Луну требуется шесть дней, и можно выбрать «окно», когда Солнце спокойное, нет мощных вспышек. Но двухлетнего периода «спокойного Солнца» не будет, на нем что-то обязательно произойдет. Риск радиационного поражения или повреждения велик. Как защититься? С.П. Королев думал о полете на Марс, рассматривалось предложение о защите водой — из нее получается хороший экран. Однако это можно использовать при полете туда, а обратно? К сожалению, такого рода проблемы пока не решены. В аппарате «Фобос», который сейчас лежит где-то на дне Тихого океана, были радиационные приборы-дозиметры, которые должны были работать до Марса, покрутиться там полгода, а затем передать информацию о накопленной дозе. Кроме того, было несколько колоний микроорганизмов, которые должны были долететь до Марса и вернуться обратно, и мы смогли бы увидеть, как воздействует радиация на них. Эксперименты интересные, но пока они не получились, однако мы планируем продолжать такие радиационные биологические исследования в будущих проектах.

— **Вопрос как к вице-президенту РАН, которому предстоит курировать в академии космическое направление: что с астероидной опасностью, о которой сегодня модно говорить? Что вы о ней думаете?**

— К этой проблеме отношусь философски. Без падения астероидов жизни на Земле не было бы. Во-первых, кометы принесли на планету воду. Во-вторых, если бы по Земле не ударил астероид и динозавры не погибли бы, то человек мог бы и не появиться.

— **Это 65 млн лет назад?**

— Да. Та катастрофа фактически «очистила место» для нового биологического вида, к которому мы с вами принадлежим. Мы постоянно живем в «астероидном страхе», а это неверно. Нет ни одного задокументированного факта гибели человека от метеорита, т.е. люди гибнут от всего, кроме астероидов. Их нужно изучать, но не защи-



В Институте космических исследований Академии наук Саудовской Аравии: вместе к астероиду «Апофис»



Дни космической науки в ИКИ РАН, слева направо — академик Р.З. Сагдеев, академик Л.М. Зеленый и профессор Л.А. Горшков (РКК «Энергия»)

щаться, т.к. человечество пока не может этого сделать. Есть множество фантастических сценариев, прекрасных фильмов, где люди предотвращают все катастрофы, идущие из космоса, и спасают Землю. Но пока это возможно лишь в кино. Думаю, что это не самая большая опасность, которая грозит человечеству.

— **Пожалуй. Есть бедствия сугубо «земные», которые постоянно нас преследуют. Но вернемся к космосу. Меня поражает ваша увлеченность глубинами Вселенной, процессами, которые там происходят. Я сужу по тем лекциям, которые вы читаете студентам.**

— Раньше я в основном занимался Солнцем, магнитным полем Земли, однако в последнее десятилетие, когда я стал директором института, надо было посмотреть шире. Существует три загадки: как образовались Вселенная, Солнечная система и как возникла жизнь. Эти вопросы интересуют каждого человека. Есть ответ в религиозной плоскости, и какая-то правда в этом ответе заключена, однако наличествует и научная точка зрения. Многие ученые исследуют первое мгновение образования Вселенной, но меня больше интересует, что произошло дальше. Поскольку я занимаюсь планетами, Марсом, Луной, то мне интересно, как они возникли. Имея данные только о Солнечной системе, мы этого не поймем. Открытие других планетных систем во Вселенной — это заслуга нашего времени. К сожалению, такие чрезвычайно тонкие измерения мы проводить не можем — в этой области мы отстали от западных стран очень сильно; но это не мешает нам анализировать получаемые данные, а они крайне интересны. Раньше можно было на-

блюдать планеты размером с Юпитер, некоторые из них находились близко к своей звезде, и это говорило о том, что такие системы образовались как-то иначе, чем наша. Сегодня мы можем наблюдать планеты, соизмеримые с Землей и находящиеся на таком же расстоянии от своих звезд, удастся также получить информацию об атмосферах этих планет, поэтому можно утверждать, что там не исключена жизнь, аналогичная нашей. Буквально не по дням, а по часам мы накапливаем информацию о сотнях таких планет. Изучая их, мы лучше понимаем, что происходило с Солнечной системой и какие условия на первом этапе ее возникновения помогли образоваться нашим планетам.

— **Можно ли утверждать, что во второй половине XX в. и в наше время произошел взрыв открытий в астрофизике — и случилось это благодаря единению наземных и космических исследований?**

— Безусловно. Многие проблемы можно решать с Земли, но астрономией лучше заниматься в космосе. Выводить на орбиты крупные инструменты тяжело, но это делать нужно. Стратегическое направление в пилотируемой космонавтике — создание базы на Луне.

— **Это фантастика!**

— Почему же? Это уже реальность. ■

Беседовал Владимир Губарев



! Грани личности

Лев Матвеевич Зеленый — академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор, директор Института космических исследований РАН, один из ведущих специалистов в области космических исследований в нашей стране. С его именем связаны не только глубокое изучение солнечно-земных связей, космической плазмы, планетные исследования, но и научное руководство крупнейшими проектами, в частности «Луна-Глоб», «Луна-Ресурс», «Резонанс», международной программой *ExoMars* (с российской стороны) и научной программой академического микроспутника «Чибис» (соруководитель). Благодаря его энергии и авторитету Российская академия наук поддерживает тесные связи с международным научным сообществом и участвует практически во всех крупных инициативах в исследовании околоземного пространства и планетных систем. 1 июня 2013 г. Л.М. Зеленый был избран на пост вице-президента РАН.



ДО МЕЛЬЧАЙШИХ АТОМОВ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Человек — существо визуальное. Большую часть информации мы получаем с помощью зрения, обозревая предметы. Некоторые из них еще совсем недавно были в силу своих малых размеров недоступны для нашего глаза. Однако сейчас разглядеть даже такие крошечные кирпичики мироздания, как атомы, — дело самое рутинное, утверждает заведующий лабораторией электронной микроскопии Курчатовского института кандидат физико-математических наук

Александр Леонидович Васильев

— Ваша лаборатория, насколько я знаю, одна из самых молодых в Курчатовском институте?

— Пожалуй, не самая, но молодая. Лаборатория электронной микроскопии была создана в 2008 г. Я тогда вернулся из Америки, где проработал 12 лет, и Михаил Валентинович Ковальчук, директор института, предложил мне заняться электронной микроскопией в только создава-

емом им в то время Курчатовском НБИКС-центре. Я предложение принял, хотя у меня была возможность продолжить работу в США.

— Почему вы согласились?

— По ряду причин. На первом месте, конечно, были чисто научный интерес и большие перспективы, которые здесь открывались. Уже тогда М.В. Ковальчук

формировал новую научную идеологию конвергенции нано-, био-, инфо- и когнитивных наук и технологий для создания принципиально новых гибридных элементов и систем бионического типа. Я также понимал, что у меня здесь будет большая свобода творчества и возможность работать на самом современном научном оборудовании.

— То есть не по патриотическим причинам?

— Патриотические причины, разумеется, тоже присутствовали. Каждому нормальному человеку хочется работать на родине, приносить ей пользу, тем более в таком знаменитом институте. Сейчас немало из тех, кто уехал в 1990-е гг., возвращаются; здесь, в Курчатнике, таких около двух десятков. И это, поверьте, не какие-то средней руки научные сотрудники, которые не нашли себя на Западе, а вполне состоявшиеся и уважаемые ученые.

— Лабораторию начинали с нуля?

— Здесь да, с нуля, но не на пустом месте. И это была третья важная причина, по которой я согласился на предложение. Лаборатория на-

чала развиваться во взаимосвязи с мощными школами электронной микроскопии и рентгеновской дифракции, которые долгое время существуют в Институте кристаллографии им. А.В. Шубникова. В этот институт я пришел в начале 1980-х гг. Школы начали развиваться еще в 1960-е гг. тогдашний директор института академик Б.К. Вайнштейн и заведующий лабораторией, в которой я работал, член-корреспондент РАН Н.А. Киселев, а при следующем директоре, члене-корреспонденте РАН М.В. Ковальчуке они вышли уже на качественно новый уровень (так сказать, на наноуровень). Надо отдать ему должное: благодаря его усилиям даже в тяжелый период для российской науки работы в этой области в институте не только не угасли, как во многих других российских научных заведениях, но и успешно развивались. Так что стартовали мы именно опираясь на опыт Института кристаллографии, на помощь моих друзей и коллег оттуда. И вот через пять лет я могу уверенно сказать, что сегодня наша лаборатория — одна из лучших в России, и она конкурентоспособна по отношению к ведущим мировым лабораториям.

— Сколько у вас здесь работает специалистов?

— В настоящее время — пять человек. В основном это молодые ребята, которые пришли к нам совсем недавно. Но они уже сейчас фактически профессионалы международного уровня.

— Не бойтесь, что они окончательно выйдут на этот международный уровень и уедут из России?

— С моей точки зрения, в этом нет ничего страшного, это естественный процесс — люди уезжают и приезжают. Ученому необходимо поработать за границей, чтобы иметь широкий кругозор, понимать, как функционируют лаборатории и институты в других странах. Любой наш ученый, работающий за границей, во-первых, пропагандирует уровень нашей науки. Во-вторых, возвращаясь в Россию, он привозит с собой полученный за рубежом научный опыт. Наука от такого обмена умами и знаниями крепнет значительно быстрее, чем в условиях железного занавеса. Это естественный процесс, он происходит во всем мире, люди ездят и знакомятся с разными работами, общаются и взаимообогащаются.

Предельное разрешение

— Какая задача была поставлена перед вами профессором М.В. Ковальчуком в 2008 г.?

— Первая — конечно, научная: создание современного центра электронной микроскопии, нацеленного на изучение биоорганических и гибридных материалов. Другая задача — организационная: подбор специалистов, определение планов закупок оборудования. В микроскопии «приборный» фактор важен, как нигде. Сегодня наша лаборатория оснащена на уровне, как говорится, лучших мировых стандартов.

— Микроскопия — одна из наиболее технологичных областей науки. Какой же техникой вы вооружены?

— Наша основа — два больших, сложнейших прибора. Первый — электронно-ионный растровый микроскоп «Ге-



лиос». Это настоящий многофункциональный комбайн. С его помощью можно не только исследовать материалы в широком диапазоне увеличения, включая нанометровый, но и создавать конструкции и приборы, перемещать отдельные части, формируя микро- и наномеханические устройства.

— Перемещать атомы?

— Перемещать атомы на этом приборе нельзя. Зато можно напылять пленки, делать трехмерные структуры. Можно выполнять достаточно рутинную, но важную работу — изготавливать образцы для просвечивающей электронной микроскопии, подводить электроды к наноструктурам, нанотрубкам и измерять их электрические характеристики. Второй прибор — единственный в России просвечивающий растровый электронный микроскоп «Титан» с разрешением 0,79 ангстрем. Вы, конечно, знаете, что 1 ангстрем — примерный диаметр орбиты электрона атома водорода в невозбужденном состоянии. Таким образом, наш «Титан» имеет субатомное разрешение. С его помощью можно легко изучать отдельные атомы, молекулы, нанокристаллические структуры. Это тоже научно-технологический комбайн. Он оборудован двумя системами микроанализа, посредством которых можно не только визуализировать атомы, но и получать спектроскопические данные о материалах, в том числе исследовать их химические свойства. Для обоих микроскопов нужна почти абсолютная стабильность температуры, иначе начинается дрейф, падение разрешения. Установка приборов требует развязанных фундаментов, что также было у нас сделано.

— Поэтому ваша лаборатория находится в подвале?

— Конечно, здесь меньше вибраций, электрических полей, стабильнее температурный режим. Все это входит в инфраструктуру современной лаборатории, и затраты на нее сравнимы со стоимостью приборов. Кроме того, у нас в лаборатории один из лучших в мире наборов оборудования по приготовлению образцов. Здесь есть все, что нужно для того, чтобы приготовить любой материал, на-



чиная от мягких материалов, например полимеров, и заканчивая сверхпроводниками.

— Вся эта аппаратура делается на заказ?

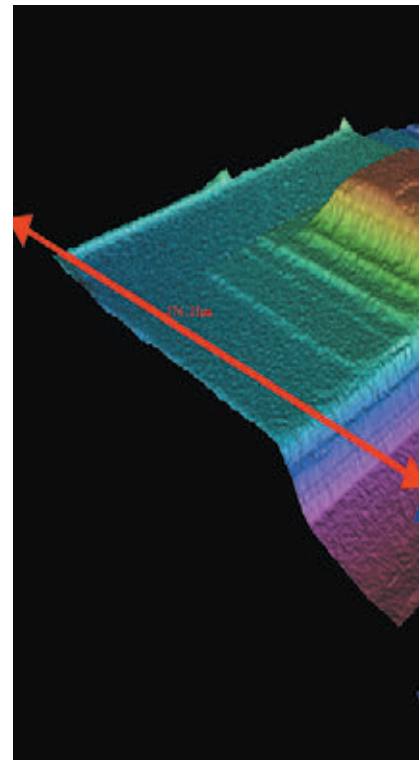
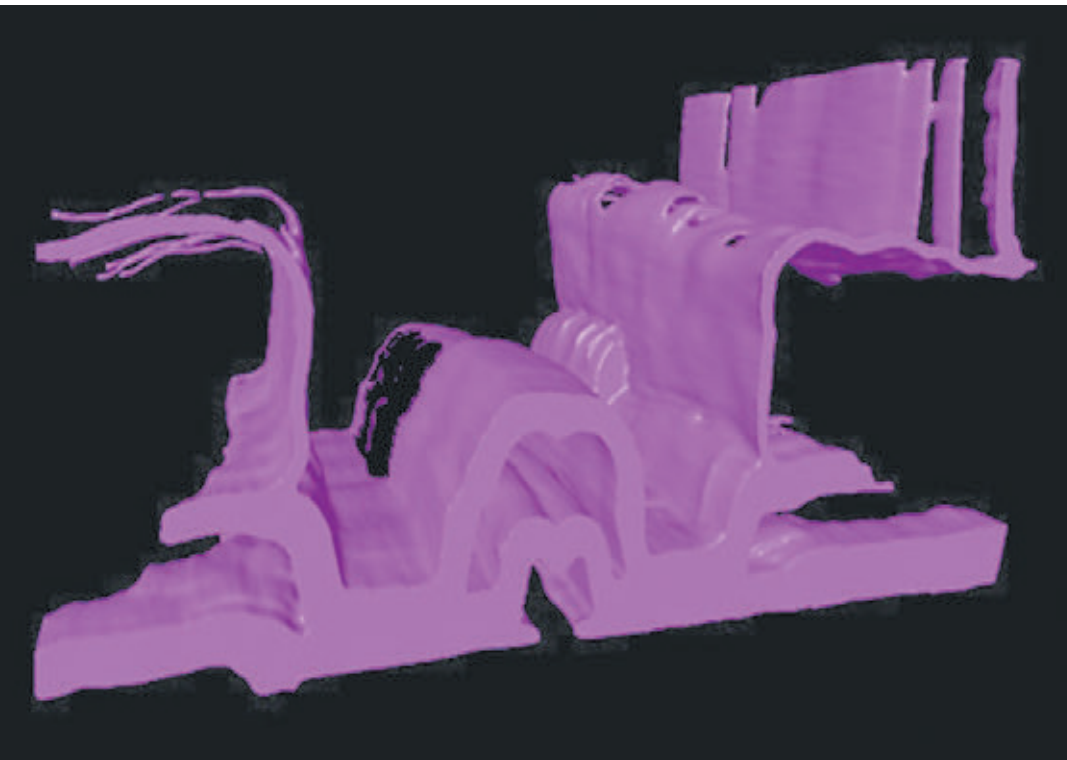
— Практически вся. «Гелиос» в меньшей степени, потому что этот прибор проще. То есть он собирается на заказ, но из готовых блоков и сравнительно быстро. А просвечивающий микроскоп, безусловно, полностью на заказ — и его изготовление занимает в зависимости от комплектации от полугода.

— Почему так долго?

— Это очень сложная высоковакуумная система, причем для каждого прибора она специализированная. В «Титане» около шести различных насосов — для высокого вакуума, среднего, низкого. Электронный микроскоп фактически содержит линейный ускоритель: он включает генератор высокого напряжения и собственно ускоритель, затем в нем стоит мощнейшая электронно-оптическая система. Сейчас начали использовать корректор aberrаций, который как раз и позволяет работать с субангстремным разрешением. Это не просто сложнейшие электронно-оптический и электронный блоки, по сути, это отдельный микроскоп. Различных детекторов в современном микроскопе может быть около восьми. Системы пневматики, охлаждения — и все надо не просто собрать воедино, но еще и наладить, и настроить. Так что полгода для прибора такого класса — совсем не так уж много.

— 0,79 ангстрема — это предел, или в мире есть еще более мощные микроскопы?

— Достигнутый на сегодня максимум — 0,5 ангстрема, что позволяет исследовать любые материалы с атомарным разрешением во множестве проекций. Раньше это было существенной проблемой. Возьмем кремний — материал, который, пожалуй, наиболее широко ис-



Трехмерное изображение элементов транзистора, полученное в растровом электронно-ионном микроскопе «Гелиос» с использованием программ трехмерной реконструкции



Просвечивающий растровый электронный микроскоп «Титан 80-300»

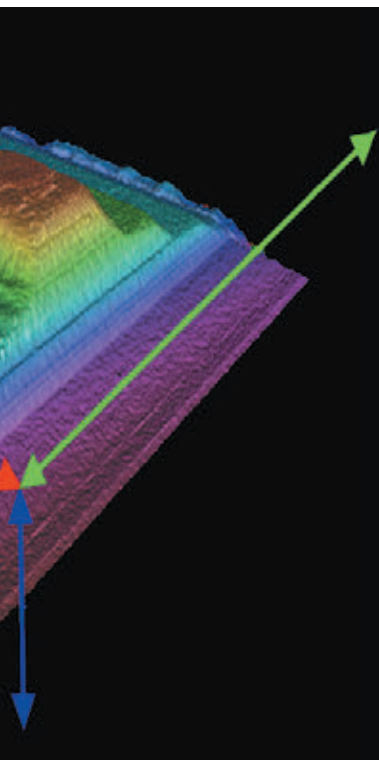
пользуется в производстве полупроводниковых приборов. Его в свое время могли изучать с атомным разрешением только в одной проекции, по одному направлению. При повороте подобное разрешение было уже не доступно. Теперь эта проблема решена.

— Зачем?

— Если вы исследуете дефект, наиболее точно определить его структуру возможно только изучая его в трех измерениях. Структура дефектов влияет на свойства приборов. Уточнение дефектной структуры материалов и, в частности, кремния, основы для полупроводников, было напрямую связано с развитием микроскопии. Сейчас практически все материалы уже можно исследовать в разных проекциях, и большее разрешение пока не нужно. Но ведь нет пределов совершенству. Предложение всегда диктуется спросом. Сейчас нет ни практического, ни экономического смысла создавать приборы с большим разрешением. Даже с сегодняшними технологиями, по моим представлениям, можно достичь 0,1 ангстрема, но это будет дорого и невостребованно. С существующей техникой мы сегодня видим все, что хотим.

— Аппаратура аппаратурой, но, как известно, все решают кадры. Без хороших специалистов вся эта техника — не более чем грудa железа.

— Вы даже не представляете, насколько вы правы. Без хорошего специалиста аппаратура не просто фигурально превращается в грудa железа, но становится ею фактически. Средний срок подготовки, скажем так, хотя бы наполовину



Изображение поверхности монокристалла сверхпроводника FeTeS, полученное в растровом электронно-ионном микроскопе «Гелиос» (образец предоставлен физическим факультетом МГУ)

специалиста — это год. Год нужно просто сидеть рядом с человеком, рассказывать и показывать. Потому что сломать прибор очень просто, а вот чтобы отремонтировать, требуются очень серьезные временные и финансовые затраты. Правда, когда у нас вышел из строя блок питания, наши ребята разобрались в нем и починили сами. Три месяца соображали, но сумели, теперь он работает нормально, и если с ним что-то опять случится, справиться будет на порядок проще.

— Где готовят таких специалистов?

— В МГУ, меньше — в МИФИ и МИСиС. Очень хорошие, сильные ребята выпускаются сейчас факультетом НБИК-технологий, созданным М.В. Ковальчуком на базе Курчатковского института при знаменитом Физтехе. Из прошлого выпуска двое пришли к нам, в нашу лабораторию. Могу уже сейчас сказать, что уровень этих молодых сотрудников очень высокий, им интересно у нас работать, да и престижно.

Три четверти ангстрема

— База у вас серьезная. Какие интересные исследования на ней проводились?

— У нас все исследования интересные. Кроме того, они очень разные. Наряду с изучением биоорганических объектов активно развивается большая программа по исследованию низкотемпературных сверхпроводников, в том числе в рамках проекта *ITER*.

— С высокотемпературными работаете?

— Конечно, с лентами высокотемпературных сверхпроводников второго поколения тоже очень интересная работа. Мы в этом направлении продвигаемся довольно успешно. Ведутся исследования полупроводников, но это вообще классическая тематика для микроскопии. Изучаем гетеро-

структуры, изолирующие слои, пористые структуры. Сравнительно недавно начали очень интересную тематику — исследование полимеров, в которые внедрены различные материалы, например глины, а в частности монтмориллониты — сорт глинистых минералов, представляющих собой фактически листы атомарной толщины, которые, будучи вставленными в полимер, существенно меняют его свойства. Мы участвуем в разработке нанокапсул для адресной доставки лекарств, у нас проведена их трехмерная реконструкция. Занимаемся полимерными матриксами, которые делаются для последующего заражения их биологическими тканями, работаем с мембранами для приготовления лекарств.

— Сейчас модно говорить о 3D-технологиях.

— Не просто модно, это важно, в особенности для нанообъектов. Мы уже два месяца работаем как раз над 3D с атомным разрешением в просвечивающей микроскопии. Это непростая задача, которая требует очень больших вычислительных ресурсов. К счастью, у нас в Курчатковском институте есть суперкомпьютер, который позволяет достаточно быстро просчитывать трехмерную структуру. На других приборах, например на растровом электронно-ионном микроскопе, можно получать трехмерные изображения, среза образцы слой за слоем и «склеивая» изображения срезов. Методики трехмерной конструкции очень разные. То, что я сейчас говорил про 3D атомарного разрешения, — это одно, обычная томография, когда мы поворачиваем образец, как делается в медицине, это другое, нарезание и «склейка» — это третье.

— Курчатковский институт сегодня известен кроме прочего своим НБИКС-центром. Какое место зани-



! Грани личности

Александр Леонидович Васильев — кандидат физико-математических наук, начальник Лаборатории электронной микроскопии Курчатовского НБИКС-центра НИЦ «Курчатовский институт». Родился в Москве. В 1979 г. окончил МИФИ. Работает в Курчатовском институте с 2008 г. Преподает в МФТИ и на физическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова.

Научные интересы — области исследований структуры материалов, электронной и ионной микроскопии и микроанализа.

Известность в электронно-микроскопическом сообществе принесли работы по исследованию полу- и сверхпроводников, структуры керамик и аморфных сплавов.

мает ваша лаборатория в конвергенции нано-, био-, инфо-, когно- и социотехнологий и наук?

— Я думаю, вполне достойное. Мы уже начали работать не просто в сфере биологии, о чем я уже сказал, но именно с биоорганическими объектами. Для нас эта тематика достаточно новая, она требует и новых методов, и новых подходов, и новых инструментов, которые мы в настоящее время активно развиваем. Например, вместе с Институтом морфологии человека мы недавно исследовали камни из эпифиза головного мозга. Эта работа, возможно, позволит понять причину шизофрении.

— Каким образом?

— Эпифиз, или шишковидное тело, располагается между полушариями головного мозга. У здоровых людей начиная с младенчества в нем формируются мельчайшие камушки. А вот у больных шизофренией их практически нет. Возможно, если удастся понять, почему это происходит, станет возможным и установить причину этого тяжелого психического заболевания.

— Все, о чем вы сейчас говорили, — чистая практика. А как обстоят дела с фундаментальной частью?

— Доля фундаментальной науки в работе нашей лаборатории невелика. У нас очень много чисто прикладных исследований. Практически вся микроэлектроника полупроводников, сверхпроводимость, полимеры и т.д., все эти направления по большей части имеют прикладное значение. Хотя мы надеемся, что исследования структуры новых сверхпроводников на основе железа позволят решить некоторые фундаментальные вопросы.

Дело государственное

— Вы сказали, что ваша лаборатория — одна из лучших в России. В то же время вы можете сравнивать с тем, что есть за рубежом. Как мы выглядим на фоне мировой науки?

— Мы вполне сравнимы с крупнейшими национальными лабораториями, особенно если рассматривать нашу лабораторию и Институт кристаллографии совместно, то и по количеству приборов, и по уровню сотрудников мы абсолютно конкурентоспособны. При этом важно, что мы сейчас находимся в стадии роста, чего не скажешь о европейских лабораториях, и экспонента роста у нас достаточно круто уходит вверх. Вы сами видите, что наша приборная база полностью соответствует мировому уровню. Мы активно участвуем в зарубежных конференциях, молодые сотрудники делают там достойные доклады. Так что на международном фоне мы выглядим неплохо.

— Многие аппараты у вас уже есть. А какие вам еще хотелось бы иметь — для полного удовлетворения?

— Планов-то много. Хотелось бы, чтобы в нашем центре появились приборы для работы в новых направлениях, позволяющие решать все задачи НБИКС-центра. В частности, Оже-микроскопия.

— Я с таким термином не знаком.

— Это метод, также использующий для микроанализа электронный пучок. Электроны, попадая в образец, генерируют рентгеновские кванты и Оже-электроны. И те и другие детектируются, и от каждого материала возможно получить спектр, который, как отпечатки пальцев, характеризует образец. Рентгеновское излучение генерируется из достаточно большого объема, а это уменьшает пространственное разрешение. Оже-электроны позволяют получать поверхностную информацию фактически от монослоя, т.е. мы можем легко определить состав нанослоев на поверхности образцов, а это бывает крайне важно. В области Оже-микроскопии Россия пока отстает. Мы участвуем в разных программах, в рамках которых получаем субсидии на покупку запчастей и небольших приборов. Но большие приборы требуют больших вложений. Это прерогатива государства. Микроскопия, особенно просвечивающая, не может быть доходной, это затратная часть. Есть, конечно, коммерческие лаборатории...

— И в России такие существуют?

— Уже появились. Все они в основном используют растровые приборы и микроанализ. Работая в Соединенных Штатах, я участвовал в совместной программе — исследования материалов для различных расположенных рядом промышленных и научных учреждений. Я отвечал за всю микроскопию, и за оптическую, и за электронную. За пять лет моего участия в этой программе для просвечивающей микроскопии у нас было буквально три задачи. Основной объем работ требовал применения простейшей растровой микроскопии и рентгеновского микроанализа. У субангстремной микроскопии сейчас коммерческое применение крайне ограничено, поэтому она требует существенной поддержки, иначе не выживет. Сегодня в российских институтах, и академических, и учебных, современной просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения практически нет.

— Только что вы говорили, что в институте кристаллографии она хорошо развита.

— Это особое место, там микроскопия традиционно поддерживалась и потому пребывает на высочайшем уровне. В первую очередь это заслуга М.В. Ковальчука, благодаря которому в этом институте рентгеновские методы электронной микроскопии развивались и использовались одновременно и комбинированно. Сегодня эту же идеологию мы развиваем в Курчатовском институте, в качестве рентгеновского источника используя синхротрон. ■

Беседовал Валерий Чумаков

ОБ АВТОРАХ

Джулио Тонони (Giulio Tononi) и **Кьяра Чирелли** (Chiara Cirelli) — профессора, психиатры Висконсинского университета в Мадисоне. Изучение функции сна — часть более общего исследования, посвященного сознанию человека. На эту тему у Тонони недавно вышла книга «Путешествие от мозга к душе» (*Phi: A Voyage from the Brain to the Soul*, 2012).



Джулио Тонони и Кьяра Чирелли

Убирая лишнее

Ослабление связей между нервными клетками в мозге во время сна необходимо, по-видимому, для сохранения энергии и, как это ни парадоксально, для содействия процессу запоминания

Каждую ночь во время сна человек становится слепым, немым и почти неподвижным. Но в мозге спящего кипит работа: нейроны разряжаются не менее часто, чем в состоянии бодрствования, и потребляют при этом почти столько же энергии. В чем смысл этой непрерывной активности в то время, когда мы якобы отдыхаем? Почему так получается, что сознание полностью отключилось от внешней

среды, а в мозге в это время продолжается разговор между нейронами? Вероятно, активность мозга во время сна обусловлена выполнением какой-то важной функции. настолько важной, что сон есть у всех животных, хотя в бессознательном состоянии значительно повышается риск быть съеденным. Спят птицы и пчелы, игуаны и крокодилы, даже мушки дрозофилы спят. Это более десяти лет назад доказали мы и другие ученые.

Более того, эволюция разработала несколько необычных приспособлений для обеспечения сна. Например, у дельфинов и некоторых других морских млекопитающих, которым надо часто всплывать на поверхность, чтобы сделать вдох, полушария мозга спят по очереди, так что одно всегда остается бодрствующим.

Как и многие другие ученые, мы давно интересуемся, что делает сон настолько важным для живых организмов. Более 20 лет назад, во время совместной работы в Высшей школе св. Анны в Пизе, мы начали подозревать, что активность мозга во время сна может каким-то образом восстанавливать до исходного состояния миллиарды нервных связей, которые ежедневно изменяются под воздействием текущих событий. Таким образом, сон позволяет

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Поскольку сон есть у всех животных, он должен выполнять какие-то жизненно важные функции.
- Факты свидетельствуют о том, что во время сна ослабляются связи между нервными клетками, что удивительно, поскольку во время бодрствования обучение и память обеспечиваются за счет усиления этих связей.
- Однако, ослабляя связи, сон может предохранять клетки от перенасыщения ежедневными событиями и потребления чрезмерного количества энергии.



Почему мы спим

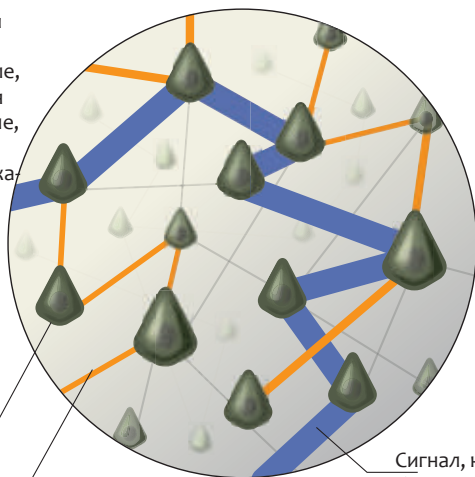
Когда мы бодрствуем, запоминание происходит за счет того, что между одновременно активирующимися нейронами усиливаются связи (внизу слева). Ученые предполагали, что повторная активация этих нейронных цепей во время сна укрепляет связи. Но может быть как раз наоборот (справа): растет количество данных, свидетельствующих, что спонтанная активация во время сна может ослаблять синапсы (места контактов между нейронами) во многих активирующихся нейронных сетях. Авторы предполагают, что такое ослабление возвращает силу синаптической передачи на исходный уровень, таким образом экономится энергия и уменьшается нагрузка на нервные клетки. Это возвращение к исходному уровню, называемое синаптическим гомеостазом, может быть основной целью сна.

Во время бодрствования Нервные клетки активируются в ответ на важные, достойные запоминания (синие линии) и неважные, случайные (оранжевые линии) сигналы от окружающей среды. При этом усиливается синаптическая передача в тех нейронных цепях, которые были активированы.

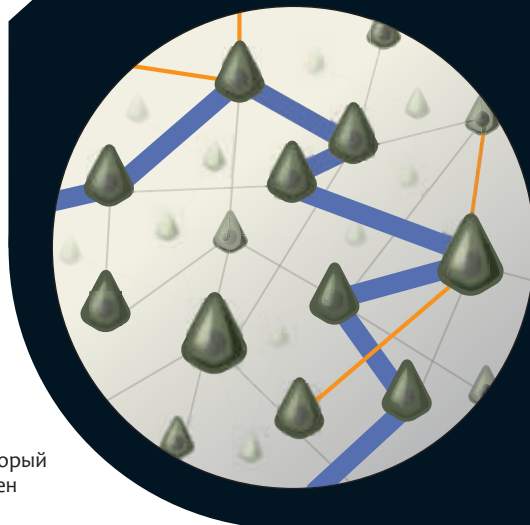
Нервная клетка

Неважный сигнал

Сигнал, который будет выучен



Во сне
Спонтанно возникающая активность избирательно удаляет или ослабляет (более тонкие линии) нервные связи. Менее важные связи ослабляются сильнее, чем более важные, что позволяет сохранять значимые воспоминания в нетронутом виде.



мозгу в течение жизни непрерывно сохранять способность формировать новые воспоминания, избегая перенасыщения или уничтожения старых воспоминаний.

Кроме того, у нас есть соображения о том, почему во время сна сознание должно быть закрыто для воздействий внешней среды. Мы полагаем, что необходим перерыв в сознательном восприятии происходящего здесь и сейчас, чтобы иметь возможность объединить старые и новые воспоминания, и этот перерыв как раз обеспечивается сном.

Наше предположение в некотором роде противоречит тому, чем занимаются наши коллеги, изучающие роль сна в процессах обучения и памяти, поскольку мы считаем, что восстановление исходного состояния происходит за счет *ослабления* связей между нейронами, которые проявляют активность во время сна. Однако, согласно общеприня-

той точке зрения, активность мозга во время сна *усиливает* нервные связи, участвующие в хранении свежесформированных воспоминаний. Тем не менее результаты многолетних исследований, проведенных на разных животных, от мухи до человека, говорят в пользу нашей точки зрения.

Учимся во сне

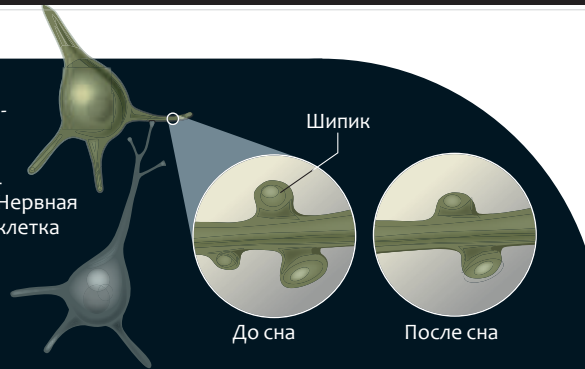
Примерно 100 лет назад ученые впервые предположили, что сон важен для памяти, и с тех пор многочисленные эксперименты показали, что после ночного сна, а иногда хотя бы короткой дремоты, свежесформированные воспоминания «закрепляются» лучше, чем после такого же времени бодрствования. Эта закономерность справедлива для декларативной памяти, например запоминания списков слов или изображений различных мест, и для процедурной памяти, которая

лежит в основе двигательных навыков, таких как игра на музыкальном инструменте.

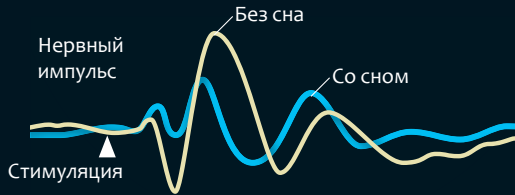
Поскольку было доказано, что сон положительно влияет на память, ученые начали искать свидетельства того, что мозг перерабатывает вновь полученный материал по ночам. И доказательства были найдены: исследования, проведенные в последние 20 лет сначала на грызунах, а потом на людях, показывают, что характер нейронной активности во время сна иногда похож на тот, который наблюдается при бодрствовании. Например, когда крыса учится ориентироваться в лабиринте, конкретные нейроны в участке мозга, называемом гиппокамп, активируются в определенной последовательности. Во время последующего сна гиппокамп крысы воспроизводит эту последовательность явно чаще, чем если бы это происходило случайно.

Доказательство ослабления

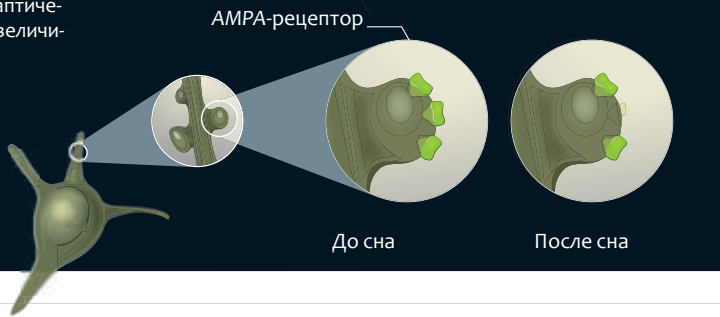
У дрозофил и мышей число дендритных шипиков — частей нейрона, которые принимают сигналы, — возрастает на протяжении дня, когда происходит стимуляция (слева), но снижается после сна. При лишении сна нервные клетки и у крыс и у людей дают более сильный ответ на



электрическую или магнитную стимуляцию, чем после сна; значит, сон снижает силу синаптической передачи. У взрослых грызунов число молекул AMPA-рецепторов, от которых



зависит сила синаптической передачи, увеличивается во время бодрствования, но снижается после сна.



потребности в энергии к массе мозга это самый энергозатратный орган, и как минимум две трети этого топлива уходят на поддержание синаптической активности. Создание и усиление синапсов — основной источник нагрузки на клетки, при этом в клетках должны создаваться или высвобождаться различные компоненты, начиная от митохондрий (клеточные энергоблоки) и синаптических пузырьков (в которых переносятся сигнальные молекулы) и заканчивая разными белками и липидами, которые нужны для осуществления взаимодействия через синапс.

Очевидно, что ресурсы истощаются. Мозг не может продолжать усиливать и укреплять синапсы днем и ночью на протяжении всей жизни. Мы не спорим с тем, что обучение происходит в основном за счет синаптической потенциации. Мы просто сомневаемся, что усиление продолжается во сне.

Наоборот, во время сна ослабление синаптической передачи восстанавливает ее исходный уровень в нервных цепях, что позволяет избежать чрезмерного потребления энергии и снизить нагрузку на отдельные нейроны. Мы считаем, что восстановление исходного уровня во сне нужно для сохранения синаптического гомеостаза, и назвали нашу общую гипотезу о роли сна гипотезой синаптического гомеостаза. Она объясняет необходимость и универсальность сна для всех организмов, у которых он есть. Сон восстанавливает мозг до состояния, при котором можно учиться и приспосабливаться к окружающим условиям в периоды бодрствования. Риск, который возникает из-за того, что мы на несколько часов отключаемся от окружающей действительности, — плата за восстановление нервной системы. Говоря более обобщенно, сном мы вынуждены расплачиваться за пластичность мозга — его способность изменять нейронные сети под воздействием опыта.

Но каким образом наша гипотеза может объяснить благотворное влияние сна на обучение и память? Как

На основе этих открытий многие ученые стали считать, что такое «воспроизведение» во сне укрепляет память за счет усиления синаптической передачи т.к. по сравнению с бодрствованием во сне контакт между нейронами улучшается. Идея заключается в том, что если связанные между собой нейроны многократно активируются, то облегчается передача сигнала по синапсам от одного нейрона к другому и таким образом воспоминания хранятся в мозге в виде нейронных цепей. Этот процесс избирательного усиления передачи известен как синаптическая потенциация, и считается, что именно так обеспечиваются обучение и запоминание.

Воспроизведение и потенциация происходят и во время бодрствования, и ученые до сих пор не нашли прямых доказательств того, что во время сна имеет место усиление синаптической передачи в нейрон-

ных цепях. Это нас не удивляет. Отсутствие доказательств согласуется с нашим предположением, что пока спящий лежит в бессознательном состоянии, вся деятельность мозга, в том числе «воспроизведение» и другая, казалось бы, неупорядоченная активность, может на самом деле *ослаблять* нейронные связи, а не усиливать их.

Цена пластичности

Можно привести много хороших доводов в пользу того, что для нормальной работы мозга должно происходить не только усиление, но и ослабление синаптических связей. С одной стороны, синапсы с усиленной передачей нуждаются в большем количестве энергии, чем синапсы со слабой, а энергетические запасы мозга не бесконечны. Мозг человека потребляет примерно 20% всей энергии, получаемой организмом, по соотношению

Волны сна

По записям электрической активности мозга видно, что характер волн меняется, у спящего чередуются стадии быстрого и медленного сна. В течение ночи снижается амплитуда волн медленного сна, что означает ослабление синапсов, задействованных в формировании этих волн. Авторы предполагают, что это ослабление происходит отчасти потому, что значительно снижается концентрация определенных химических веществ, необходимых для усиления синаптической передачи.



ослабление синаптической передачи может улучшить общее запоминание навыков и фактов? Считается, что почти все, что вы испытываете в течение дня, оставляет след в нейронах мозга и что значимые события, такие как встреча с новым человеком или разучивание музыкального фрагмента на гитаре, составляют ничтожную часть того, что было закодировано за день. Для улучшения памяти спящий мозг должен каким-то образом отличить незначимый информационный «шум» от «сигнала» (важного события).

Мы полагаем, что во время сна спонтанная активация клеток в различных нейронных цепях и в разнообразных комбинациях охватывает следы как свежеприобретенных воспоминаний, так и более старых. Все это беспорядочно мелькает в сновидениях. Спонтанная активность позволяет мозгу проверить, какие из новых воспоминаний лучше сочетаются с хранящимися, уже доказавшими свою важность, и ослабить те синаптические связи, которые не укладываются в общую картину. Мы, как и другие исследователи, изучаем возможные механизмы, посредством которых мозг может избирательно ослаблять синаптические связи, кодирующие «шум», сохраняя те, которые кодируют «сигнал».

Пока мозг проверяет эти комбинации и избавляется от ненужных, нам лучше бы отключиться от окру-

жающей действительности и не заниматься какой бы то ни было деятельностью, т.е. желательно в это время спать. Кроме того, восстановление синаптического гомеостаза не должно происходить во время бодрствования, потому что тогда доминантную роль будут играть текущие события, а не опыт, приобретенный в течение жизни. Во сне мозг избавляется от тирании текущих событий и создаются идеальные условия для объединения и консолидации воспоминаний.

Слабые связи

Наше предположение о том, что мозг использует нейронную активность во время сна, чтобы ослабить, а не усилить синаптические связи, отчасти подтверждается внимательным анализом данных, полученных с помощью стандартного метода исследования сна — электроэнцефалограммы (ЭЭГ, записи электрической активности коры головного мозга с помощью электродов, размещенных на коже головы). Несколько десятилетий назад по записям ЭЭГ спящих людей были выявлены две основные фазы сна — быстрый сон (стадия быстрого движения глаз, или БДГ-сон) и медленный сон, чередующиеся в течение ночи. ЭЭГ каждой фазы имеет свои частотные характеристики. Помимо движений глазных яблок под сомкнутыми веками, которые и стали причиной названия БДГ-сна, во время этой фазы преоблада-

ют относительно быстрые колебания на кривой ЭЭГ, похожие на те, что наблюдаются в состоянии бодрствования. И наоборот, медленные колебания с частотой до одного в секунду — наиболее характерная особенность медленного сна.

Лет десять назад ныне покойный Мирча Стериате (Mircea Steriade) из Университета Лавала в Квебеке, Канада, обнаружил, что низкочастотные колебания при медленном сне возникают, когда группы нейронов одновременно активируются на непродолжительное время (*on*-период), затем на долю секунды замолкают (*off*-период), а затем возобновляют синхронную активность. Это было важное открытие в исследовании сна. С тех пор ученые показали, что у птиц и млекопитающих медленноволновая активность выражена сильнее, если ей предшествовал длительный период бодрствования, а к концу периода сна уменьшается.

Мы пришли к выводу, что если синаптические связи сильные, то активность нейронов будет более синхронизирована и медленные волны будут лучше выражены; если же синаптические связи слабые, то нейроны будут менее синхронизированы и медленные волны будут менее выражены. На основе результатов компьютерного моделирования и экспериментов на людях и животных мы заключили, что большие, ярко выраженные медленные волны в начале ночи означают, что синаптические связи были усилены во время предыдущего бодрствования, и наоборот, слабо выраженные медленные волны ранним утром свидетельствуют об ослаблении синаптической передачи в течение ночи.

Прямые подтверждения ослабления и иногда даже полного отключения синаптической передачи во время сна были получены в работах на животных. Например, мы обнаружили, что у дрозофил сон восстанавливает количество и размер синапсов, которое прогрессирующее увеличивается в течение дня, особенно если муха находится в обогащенной среде. Дендритные шипики — специальные выросты на вос-

принимаящих сигналы отростках (дендритах) нейрона. Если в течение дня дрозофила взаимодействует с сородичами, к вечеру у нее на дендритах образуется больше шипиков, чем было утром. Стоит отметить также, что число шипиков снижается до исходного уровня на следующее утро, если у мухи была возможность поспать. Мы наблюдали то же самое в коре головного мозга неполовозрелых мышей: число дендритных шипиков увеличивалось во время бодрствования и уменьшалось, когда животные спали. У взрослых грызунов сходным образом изменяется количество AMPA-рецепторов, которые участвуют в усилении синаптической передачи. Отслеживая эти AMPA-рецепторы, мы обнаружили, что их количество в синапсе возрастает после периода бодрствования и снижается после сна. Чем больше рецепторов, тем сильнее передача, при снижении числа рецепторов синапс ослабляется.

Силу синаптической передачи можно измерить напрямую, используя электрод для стимуляции нервных волокон в коре головного мозга. Ответ нейрона на электрическую стимуляцию будет выше при сильной синаптической передаче и ниже при слабой. В исследованиях на крысах мы продемонстрировали, что постсинаптические нейроны в ответ на стимуляцию сильнее активировались после нескольких часов бодрствования и слабее после сна. Марчелло Массимини (Marcello Massimini) из Миланского университета и Рето Хубер (Reto Huber), работающий сейчас в Цюрихском университете, провели такой же эксперимент на людях. Вместо стимулирующего электрода они использовали транскраниальную магнитную стимуляцию — короткие магнитные импульсы, которые подаются через кожу головы и стимулируют нейроны, расположенные в этом месте под черепом. Затем с помощью ЭЭГ высокой плотности исследователи регистрировали силу ответа со стороны коры. Были получены однозначные результаты: чем больше времени

бодрствовал испытуемый, тем сильнее был ответ на ЭЭГ. После ночного сна сила ответа снижалась до исходного уровня.

Лучше меньше, да лучше

Основной вывод из этих экспериментов, над которыми мы работали более 20 лет, таков: спонтанная корковая активность во время сна действительно ослабляет синаптические связи в нервных цепях, уменьшая способность передавать сигнал или даже напрямую ликвидируя связь.

Этот процесс, который мы назвали отбором, обеспечивает выживание «наиболее приспособленных» нервных связей, которые либо сильнее и чаще активировались во время бодрствования (например, проигрывание правильных нот на гитаре в процессе разучивания нового произведения), либо лучше укладывались в уже существующие, более старые воспоминания (например, новое слово, попавшееся в языке, который вы знаете). В то же время синапсы в цепях, которые лишь умеренно активировались во время бодрствования (неумело взятая нота на гитаре) или плохо укладываются в прошлые воспоминания (новое слово из фразы на неизвестном языке), будут ослаблены.

на обучение и память, сон помогает дальнейшему приобретению новых воспоминаний (о том, что случилось до следующего периода сна). Во многих исследованиях показано, что ночной сон способствует усвоению нового материала значительно лучше, чем целый день бодрствования. (Студенты, возьмите это на заметку!)

Хотя у нас пока еще нет прямых доказательств того, как осуществляется избирательное ослабление синаптической передачи, у нас есть некоторое представление о том, как это может происходить. Мы предполагаем, что у млекопитающих важную роль играют медленные волны на соответствующей стадии сна. В лабораторных исследованиях на культуре нейронов крыс показано снижение способности клеток передавать сигнал друг другу после искусственной стимуляции, имитирующей периоды медленноволнового сна.

Кроме того, во время этой фазы происходят химические изменения в мозге, которые также могут приводить к ослаблению синаптической передачи. В состоянии бодрствования смесь сигнальных молекул, включая ацетилхолин, норадреналин, дофамин, серотонин, гистамин и орексин, омывает мозг

Во многих исследованиях показано, что ночной сон способствует усвоению нового материала значительно лучше, чем целый день бодрствования

Благодаря отбору незначимые события не оставляют следа в наших нейронных цепях, а важные воспоминания сохраняются. Дополнительная польза такого отбора в том, что он освобождает место для формирования во время бодрствования других нейронных связей с усиленной синаптической передачей. И действительно, некоторые данные свидетельствуют, что наряду с другим положительным влиянием

и способствует усилению синапсов, когда через них проходит сигнал. Во время сна, особенно медленноволнового, концентрация этих веществ значительно снижается. Разбавленная среда может влиять на нейронные цепи так, что при прохождении по ним сигнала синаптическая передача ослабляется, а не усиливается. В процесс может вовлекаться также нейротрофический фактор мозга (BDNF),

вещество, которое, как известно, способствует укреплению синаптической передачи и участвует в запоминании. Его концентрация высока при бодрствовании и минимальна во время сна.

Локальный сон

Независимо от конкретных механизмов и процессов отбора воспоминаний для некоторых видов доказано, что в целом сила синаптической передачи повышается во время бодрствования и снижается во сне, что и предсказывалось гипотезой синаптического гомеостаза. Мы можем ее проверить, изучая некоторые интересные следствия.

Например, если гипотеза верна, то чем большим изменениям подвергался участок мозга в процессе бодрствования, тем сильнее ему нужен сон. Потребность во сне, в свою очередь, можно определить по усилению величины и продолжительности медленных волн во время сна. Чтобы изучить этот вопрос, мы предложили людям обучиться новой задаче: достичь цели на экране монитора, если курсор (управляемый мышью) постоянно вращается. Во время такого обучения задействуется теменная область коры правого полушария. И действительно, когда испытуемые спали, медленные волны в этой области были сильнее выражены по сравнению с тем, что наблюдалось ночью перед обучением. Как и положено, в течение ночи эти большие волны постепенно выровнялись до нормального уровня. Но наличие таких сильно выраженных волн в конкретной области коры в начале ночи свидетельствует о том, что при выполнении нашего задания была утомлена определенная часть мозга.

Многочисленные эксперименты, которые проводили и мы и другие исследователи, подтвердили, что обучение и даже, в более общем виде, активация синапсов в цепи вызывают местное увеличение потребности во сне. Не так давно нам даже удалось обнаружить, что длительное или интенсивное использование определенной цепи может привести отдельную группу ней-

ронов к «засыпанию», даже если остальной мозг (и сам организм) остаются в состоянии бодрствования. Так, если крыса бодрствует дольше, чем обычно, у некоторых корковых нейронов появляются периоды молчания, которые по своей сути неотличимы от *off*-периодов медленного сна. При этом животные бегают с открытыми глазами и занимаются своими делами, как обычно в состоянии бодрствования.

Это явление называется локальный сон. Оно привлекает внимание и других специалистов. В наших последних исследованиях мы показали, что такие локальные *off*-периоды присутствуют и в мозге лишенных сна людей и учащаются после интенсивного обучения. По-видимому, если мы слишком долго не спали или перенапрягли определенные нервные цепи, небольшие участки мозга могут ненадолго вздремнуть, так что мы и не заметим. Можно только гадать, сколько нелепых ошибок, раздраженных ответов и испорченного настроения происходит из-за локального сна в мозге уставших людей, которые думают, что целиком находятся в состоянии бодрствования и полностью себя контролируют.

Из гипотезы синаптического гомеостаза следует, что сон особенно важен в детском и подростковом возрасте, поскольку во многих исследованиях показано, что в это время происходят активное обучение и интенсивные синаптические изменения. В молодости формирование, усиление и ослабление синапсов осуществляются

с поистине взрывной скоростью, которой никогда не бывает во взрослом организме. Логично предположить, что отбор во время сна может быть критично необходим для снижения энергетических расходов на эти бурные перестройки и для обеспечения выживания адаптивных нервных цепей на этом этапе жизни. Интересно, что происходит при нарушении сна или его недостатке в критические периоды развития. Может ли в результате нарушиться правильная настройка нервных цепей? В этом случае отсутствие сна приведет не просто к случайной забывчивости или редким ошибкам, а к устойчивым изменениям нейронных цепей в мозге.

Мы планируем проверить предсказания, полученные с помощью гипотезы синаптического гомеостаза, и продолжить изучение возможностей ее применения. Например, мы надеемся выяснить, действительно ли лишение сна во время развития нервной системы приводит к изменениям в организации нейронных цепей. Кроме того, нам хотелось бы больше узнать о влиянии сна на глубокие области мозга, такие как таламус, мозжечок, гипоталамус и ствол мозга, и о роли БДГ-сна в синаптическом гомеостазе. Возможно, тогда нам удалось бы узнать, действительно ли сон — та цена, которую каждый мозг и каждый нейрон вынуждены платить за пластичность в период бодрствования. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Is Sleep Essential? Chiara Cirelli and Giulio Tononi in PLOS Biology, Vol. 6, No. 8, pages 1605–1611; August 2008.
- The Memory Function of Sleep. Susanne Diekelmann and Jan Born in Nature Reviews Neuroscience, Vol. 11, No. 2, pages 114–126; February 2010.
- Local Sleep in Awake Rats. Vladyslav V. Vyazovskiy, Umberto Olcese, Erin C. Hanlon, Yuval Nir, Chiara Cirelli and Giulio Tononi in Nature, Vol. 472, pages 443–447; April 28, 2011.
- Sleep and Synaptic Homeostasis: Structural Evidence in Drosophila. Daniel Bushey, Giulio Tononi and Chiara Cirelli in Science, Vol. 332, pages 1576–1581; June 24, 2011.
- Рассказ Джулио Тонони о функциях сна см. по адресу: ScientificAmerican.com/aug2013/sleep

12+



НОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ



ОТКРЫТЫЙ КОСМОС



НА ПОЛНУЮ МОЩНОСТЬ



ЭКСПЕРИМЕНТ

На правах рекламы



Научно-развлекательный телеканал о технике, технологиях и невероятных экспериментах

www.24techno.ru fb.com/24techno.ru vk.com/24techno 24techno.livejournal.com twitter.com/#1/24techno

Телеканал «24 Техно» доступен всем жителям

С.-Петербурга*

* в пакете общедоступного кабельного телевидения ОАО «ТКТ»

и Москвы**

** в пакете общедоступного кабельного телевидения ОАО «НКС»

Спрашивайте у вашего оператора платного телевидения

НОБЕЛЕВСКАЯ ЖАТВА

Лауреаты Нобелевской премии по химии и их молодые коллеги собрались этим летом вместе, чтобы обсудить наиболее интересные научные вопросы, завязать новые знакомства и поговорить о будущем. В ознаменование этого события мы публикуем выдержки из статей ученых, удостоенных высшей научной награды, которые были опубликованы в нашем журнале в разное время

Когда химиков спрашивают, каков предмет их исследований, они чаще всего отвечают, что занимаются изучением свойств вещества на атомном и молекулярном уровнях. Вы подумаете, что это определение слишком узко, — и ошибетесь. Именно такой подход позволяет познавать природу многих явлений и процессов окружающего мира — происхождения жизни, функционирования человеческого организма, изменения земной атмосферы под влиянием крошечных молекул — и, конечно, создавать новые вещества, которых нет в природе.

Цепь открытий и достижений на этом поприще протянулась на столетие слишком, о чем свидетельствует длинная череда нобелевских лауреатов, получивших высшую научную награду за химические исследования. Этим летом обладатели премии собрались вместе с уже известными учеными и только начинающими свой путь в науке молодыми людьми в Линдау (Германия) на очередную, 63-ю конференцию, с тем чтобы поделиться последними достижениями, вспомнить прошлое и обсудить перспективы на будущее. В ознаменование этого события мы публикуем выдержки из наиболее интересных статей, написанных когда-то для нашего журнала некоторыми лауреатами Нобелевской премии по химии. Многие затронутые в статьях вопросы актуальны и сегодня.

Не удивляйтесь, что иногда рассуждения об атомах и молекулах имеют спекулятивный характер и не располагают строгой экспериментальной базой под собой. Эту базу удалось создать лишь в начале XX в. Статья, написанная Теодором Сведбергом (Theodor (The) Svedberg) в 1913 г., повествует о работе Эрне-

ста Резерфорда по изучению альфа-частиц (ядер атома гелия), которая наряду с другими исследованиями поставила точку в дискуссиях о существовании атомов и молекул. Прошло 100 лет, и новые методы — прежде всего силовая атомная спектроскопия — позволили получить изображения молекул и атомов, из которых они состоят, а также связей между ними. Такие картинки не могли не убедить последнего скептика.

Но вернемся к началу XX в. Разработанный к этому времени метод рентгеновской кристаллографии впервые дал возможность увидеть пространственное расположение атомов в молекулах различных веществ. В статье, опубликованной в нашем журнале в 1961 г., английский биохимик Джон Кендрю (John C. Kendrew) сравнивает получение трехмерного изображения молекулы миоглобина, белка, который участвует в переносе кислорода в организме живых существ, с открытием Америки европейцами. Рентгеноструктурный анализ и сегодня служит одним из основных инструментов в определении структуры белков и других биологических молекул. Два из четырех нобелевских лауреатов по химии за 2009 и 2012 гг. получили высшую награду за исследование этим методом целых ансамблей молекул внутри клетки: речь идет о рибосомах и рецепторах G-белка (GPCR). Что касается рибосом, то рентгеноструктурный анализ не только позволил увидеть, как работает эта «фабрика» по сборке белков, но и помог найти эффективные антибиотики, которые воздействуют на бактериальные рибосомы. Детальное изучение свойств GPCR может способствовать созданию лекарственных препаратов новых поколений: известно, что треть использу-



мых ныне лекарственных веществ функционируют при участии этих вездесущих мембранных белков. В 2011 г. с помощью рентгеноструктурного анализа удалось впервые наблюдать, как именно работает GPCR, какие перестройки, отточенные до хореографического совершенства, происходят в этой молекуле при передаче ею сигнала через клеточную мембрану.

Итак, рентгеноструктурные и другие исследования во многом приблизили биологов к пониманию биохимии живых организмов. В то же время происхождение самой жизни оставалось загадкой. В 1952 г. американский физхимик Гарольд Юри (Harold C. Urey) и его студент Стэнли Миллер (Stanley Miller) провели эксперимент по воссозданию в лабораторных условиях атмосферы, близкой к таковой на первобытной Земле, и показали, что аминокислоты — «строительные кирпичики» белков — могут образовываться из простых соединений. Исследования, посвященные раскрытию тайны зарождения жизни, продолжают по сей день. Согласно сторонникам одной из точек зрения, на первобытной Земле царствовала РНК, а не ДНК, как сегодня. Она служила матрицей для воспроизводства самой себя, и она же выполняла каталитическую функцию при синтезе белков.

В том же году, когда Юри провел эксперимент, имитирующий возникновение простейших биологических молекул, он опубликовал в *Scientific American* статью о происхождении земной атмосферы. Со временем становилось все более ясно, что человек своей деятельностью вносит существенный вклад в ее изменение, «обогащая» не существовавшими ранее веществами. Так, хлорфторуглероды (ХФУ) причастны к истончению озонового слоя атмосферы, который защищает живые организмы от жесткого УФ-излучения. Сложность земной атмосферы не перестает удивлять ученых. Так, в одной из работ, опубликованных в прошлом году, сообщается об открытии содержащихся в ней ранее неизвестных веществ, которые способны превращать диоксид серы в серную кислоту — основной компонент кислотных дождей. Обнаружение подобных соединений в атмосфере помогает ученым уточнять модели, которые описывают протекающие в ней процессы, и предвидеть будущие изменения.

Нашу повседневную жизнь уже невозможно представить без искусственно созданных веществ и материалов. Усилиями химиков-синтетиков их разработано в XX в. огромное количество. Прежде всего это синтетические полимеры. Названия многих из них у всех на слуху: полиэтилен, тефлон, пенопласт, кевлар и др. За разработку стереоспецифических методов полимеризации из простых асимметричных молекул углеводородов, например пропилена, Карл Циглер (Karl W. Ziegler) (Германия) и Джулио Натта (Giulio Natta) (Италия) были удостоены в 1963 г. Нобелевской премии по химии. Пластмассы, получаемые с использованием их метода, производят в промышленном масштабе и сегодня.

Химия — настолько широкая наука, что будущие нобелевские лауреаты могут быть специалистами в самых разных областях. Возможно, это будут биохимики, создавшие искусственную живую клетку либо материал, использующий энергию солнечного света более эффективно, чем растения, или фармацевты, нашедшие чудодейственное лекарство против рака, или химики других специальностей. В любом случае их открытия позволят создавать нечто новое, столь необходимое нам, людям.

**Стюарт Кантрилл (Stuart Cantrill),
главный редактор журнала *Natural Chemistry***

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Каждое лето нобелевские лауреаты приглашают молодых перспективных ученых из разных стран в немецкий город Линдау для совместного обсуждения наиболее интересных научных вопросов. В этом году предметом дискуссий была химия.
- По случаю этой встречи *Scientific American* публикует выдержки из статей, написанных для нашего журнала в разное время 11 лауреатами Нобелевской премии.
- Спектр тем, обсуждаемых в статьях, удивительно широк: от поведения атомов и молекул до химии земной атмосферы. В одних поднимаются фундаментальные научные проблемы, в других — вопросы прикладного характера.
- Некоторые проблемы, интересовавшие ученых много лет назад, остаются невыясненными до сих пор, а вещества и материалы, когда-то созданные руками химиков и считавшиеся ни на что не годной экзотикой, сегодня прочно вошли в нашу жизнь.



СОВРЕМЕННЫЕ ТЕОРИИ ПРИРОДЫ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА И ВЕЩЕСТВА



МАРИЯ КЮРИ (MARIE CURIE)
ОПУБЛИКОВАНО
В ИЮНЕ 1908 Г.
НОБЕЛЕВСКАЯ
ПРЕМИЯ 1911 Г.

Окидывая взором последние десять лет развития физики, поражаешься, какие колоссальные изменения произошли в таких фундаментальных представлениях, как природа электричества и вещества. Эти изменения обязаны в первую очередь исследованиям электропроводности газов и открытию феномена радиоактивности. Они, я полагаю, далеки от завершения и еще преподнесут множество сюрпризов. На сегодня же можно считать твердо установленным, что электричество имеет атомистический характер, а это в свою очередь полностью подтверждает так долго обсуждаемую идею атомистической природы вещества — основу многих химических теорий.



Не менее важным, чем убежденность в существовании «атомов электричества», которые невозможно уловить ни одним из нынешних методов, представляется установление их основных свойств. Эти «атомы», получившие название электронов, могут находиться в свободном состоянии; в этом случае они не зависят от реальных атомов и не имеют с ними никаких общих свойств. Они обладают определенным размером и некоторой инерцией, что наводит на мысль о наличии у них массы.

Эксперименты показывают, что размеры электронов ничтожно

малы по сравнению с размерами молекул, а их масса составляет малую часть — не более одной тысячной — массы атома водорода. Но если эти «атомы электричества» существуют в свободном состоянии, они могут также входить в состав всех обычных веществ, а в некоторых случаях испускаться, например, металлами без изменения свойств последних в привычном для нас смысле.

Приняв, что электроны — это одна из форм вещества, мы неизбежно приходим к выводу об их ограниченности от атомов и о существовании особых, чрезвычайно малых частиц, способных

«включаться» в атомы без нарушения их структуры. В таком случае мы можем рассматривать каждый атом как некую сложную систему, и это предположение согласуется со сложностью спектров испускания атомов. Итак, мы имеем достаточно четкую концепцию относительно носителей «отрицательного» электричества.

Другое дело — электричество «положительное». Оно всегда связано с реальными атомами, и пока у нас нет никаких оснований считать его носителей отличными от них. Наши представления о природе вещества значительно обогатились благодаря открытию еще одного феномена — радиоактивности, способности атомов некоторых веществ испускать частицы. В одних случаях это частицы с массой, сравнимой с массой самих атомов, в других — электроны. Благодаря этому свойству, не очень выраженному у урана и тория, был открыт новый химический элемент, радий, обладающий высокой радиоактивностью. Некоторые частицы, испускаемые радием, обладают очень высокой скоростью, а их высвобождение сопровождается выделением значительного количества тепла. Таким образом, радиоактивный материал представляет собой источник энергии.

Согласно теории, лучше других описывающей процесс радиоактивного распада, за данное время распадается определенное число атомов радиоактивного вещества с образованием атомов с меньшей массой, а в некоторых случаях — с испусканием электронов. По сути дела, это одна из теорий трансмутации элементов, не имеющая, однако, ничего общего со спекуляциями алхимиков в том смысле, что мы — по крайней мере сейчас — не можем повлиять на этот процесс или инициировать его. Появляются некоторые указания на то, что радиоактивность присуща в какой-то степени всем веществам. Это означает, что вещество, возможно, далеко не так стабильно или инертно, как это представляется сейчас. Напротив, оно постоянно трансформируется, хотя это скрытая, очень медленная трансформация, и мы ее не замечаем.

МОЛЕКУЛЫ – ЭТО РЕАЛЬНОСТЬ



**ТЕОДОР СВЕДБЕРГ
(THEODOR (THE)
SVEDBERG)**

ОПУБЛИКОВАНО
В ФЕВРАЛЕ 1913 Г.

НОБЕЛЕВСКАЯ
ПРЕМИЯ 1926 Г.

Перелистывая учебник по химии или физике, написанный в конце XIX в., вы обнаружите, что в те времена само существование молекул подвергалось сомнению. Говорилось даже о том, что решить этот вопрос на экспериментальном уровне вообще никогда не удастся. Но как все изменилось за последние десять лет! Теперь в реальности молекул не сомневается никто, и обязаны мы этим именно экспериментам, проведенным в начале XX в. Блестящие исследования Эрнеста Резерфорда, открывшего α -частицы, многочисленные опыты по изучению поведения малых частиц в суспензиях и другие работы подвели экспериментальную базу под атомистическую теорию.

Современные доказательства реальности молекул основаны, во-первых, на изучении явления, напрямую иллюстрирующего дискретность структуры вещества, во-вторых — на построении «рабочей модели» кинетической теории, которая согласуется с результатами исследований коллоидных растворов (последние отличаются от обычных растворов только тем, что частицы растворенного вещества гораздо крупнее; коллоидные растворы ведут себя точно так же, как истинные растворы, и подчиняются тем же законам), и, в третьих, на полученном недавно прямом доказательстве существования невидимых элементарных электрических зарядов.

К доказательствам, о которых я упомянул в первую очередь, относится революционное открытие Резерфордом (1902–1909) способности некоторых веществ испускать малые частицы, которые, потеряв скорость (например, в результате столкновения со стенками сосуда, в который

помещено вещество), проявляют свойства атомов газообразного гелия. Это открытие стало прямым экспериментальным доказательством того, что гелий состоит из дискретных частиц. Резерфорд даже подсчитал число α -частиц, или атомов гелия, в одном кубическом сантиметре газа при 0° С и единичном атмосферном давлении (1908).

Доказательства другого рода основаны на результатах целого ряда экспериментов, в которых исследовалось изменение концентрации частиц коллоидных растворов с изменением высоты столба жидкости, а также сходные процессы, наблюдаемые при диффузии, броуновском движении и поглощении света такими системами.

Последующие измерения электропроводности газов и изучение поведения так называемых α -частиц с несомненностью показали, что электрические заряды — это элементарные неделимые частицы с массой, равной $1/700$ массы атома водорода. Совсем недавно Роберт Милликен (Robert Andrews Millikan) и Эрих Регенер (Erich Regener) совершенно другими методами получили свободные электроны и исследовали их свойства.

Таким образом, в течение последних десяти лет окончательно доказано существование молекул. Это не только рассеяло все сомнения относительно атомистической природы вещества, но и проиллюстрировало, что можно изучать отдельные атомы. Мы можем теперь сосчитать их и определить массу. Что вы скажете на это, скептики?

ХИМИЯ «ГОРЯЧИХ АТОМОВ»



**УИЛЛАРД ЛИББИ
(WILLARD F. LIBBY)**

ОПУБЛИКОВАНО
В МАРТЕ 1950 Г.

НОБЕЛЕВСКАЯ
ПРЕМИЯ 1960 Г.

Первое, о чем узнают начинающие студенты-химики, заключается в том, что химические свойства атомов целиком определяются электронами,

обращающимися вокруг ядра, и совершенно не зависят от самого ядра. Согласно классическим представлениям, все изотопы данного элемента химически идентичны, хотя их ядра различаются по массе. Как и всякое обобщение, это верно лишь отчасти. Правда же состоит в том, что поведение атомов некоторых элементов как раз существенно образом зависит от того, что происходит в их ядре. Речь идет о радиоактивных элементах. Странные эффекты, связанные с радиоактивными атомами, дали начало новой области исследований — химии «горячих атомов».

На необычность химических реакций с участием таких атомов обратили внимание вскоре после открытия радиоактивности. Серьезные их исследования начались в 1936 г., когда Лео Силард (Leo Szilard) и Т.А. Чалмерс (T.A. Chalmers) создали метод получения высококонцентрированных препаратов радиоизотопов в исследовательских целях. Но вплоть до окончания Второй мировой войны, когда химики стали работать с большими количествами радиоактивных материалов, метод Силарда — Чалмерса широко не применялся. Зато затем интригующие сообщения о его использовании стали приходить из лабораторий всех ведущих научных институтов.

Мы начнем наш рассказ с того, что рассмотрим превращения йодорганического соединения $I-CH_3CH_2$, находящегося в жидком состоянии, при облучении его нейтронами. У нейтронов нет никаких химических свойств, поскольку они входят в состав ядра и не имеют внешних электронов. Это — в сочетании с электронейтральностью — обуславливает их поразительно высокую проникающую способность. Нейтроны легко проходят сквозь слой твердых материалов толщиной в несколько дюймов, лишь иногда сталкиваясь с ядрами их атомов.

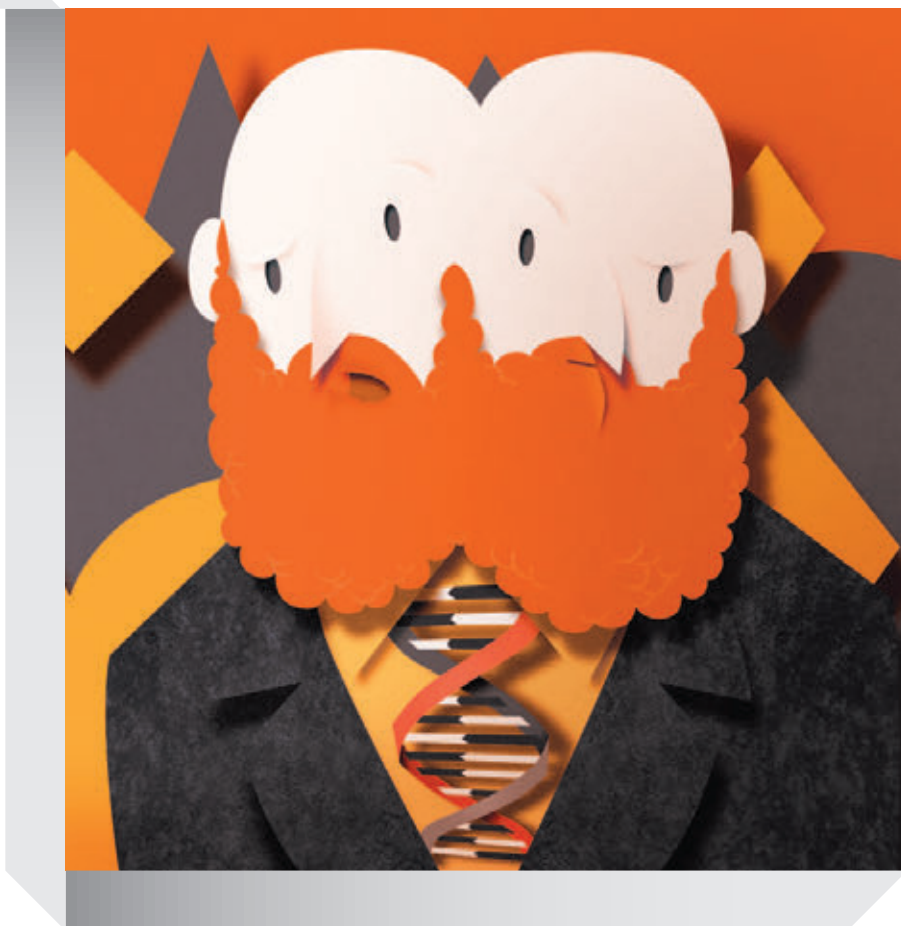
Предположим, что мы облучаем нейтронами стеклянный сосуд с жидким $I-CH_3CH_2$. Нейтроны проходят сквозь стекло, попадают внутрь сосуда, и некоторая их часть захватывается атомами йода. В результате обычные атомы йода, $I-127$,

Полученное нами изображение было достаточно четким, чтобы определить положение всех 2,6 тыс. атомов молекулы миоглобина

Джон Кендрю (1961)

превращаются в радиоактивные изотопы $I-128$. Последние крайне нестабильны: менее чем за миллионную миллионной доли секунды они испускают γ -лучи громадной энергии — несколько миллионов электронвольт — и переходят в состояние с меньшей энергией. Продолжая распадаться, они превращаются в $He-128$ с испусканием β -частиц. В ходе этого процесса атомы $I-128$, входящие в состав $I-CH_3CH_2$, приобретают энергию отдачи (аналогичную той, которая возникает, когда из ружья вылетает пуля). По оценкам, она составляет примерно 200 эВ, что несравнимо больше энергии связи между атомом йода и группой CH_3CH_2 — 3–4 эВ. В результате эта связь рвется и атомы $I-128$ высвобождаются из молекул. Поскольку они радиоактивны, проследить их дальнейшую судьбу не составляет труда.

В каких же целях проводятся этот и подобные эксперименты с «горячими» атомами? Прежде всего для получения высококонцентрированных радиоактивных препаратов, которые затем используются в разного рода экспериментах, в первую очередь в биологии. Радиоизотопы широко применяют в медицине: их вводят в организм в диагностических или лечебных целях. Очень важно при этом, чтобы количество вводимого препарата было как можно меньше, с тем чтобы избежать повреждения здоровых тканей и не нарушить процесс кроветворения.



ТРЕХМЕРНАЯ СТРУКТУРА БЕЛКОВЫХ МОЛЕКУЛ



**ДЖОН КЕНДРЮ
(JOHN C. KENDREW)**
ОПУБЛИКОВАНО
В ДЕКАБРЕ 1961 Г.
НОБЕЛЕВСКАЯ
ПРЕМИЯ 1962 Г.

Первооткрыватели Америки, ступив на ее землю, испытали незабываемое чувство восторга перед незнакомым миром,

который до них не видел ни один европеец. Такого рода моменты — одна из притягательных сторон научных исследований, и случаются они далеко не с каждым. Мне и моим коллегам повезло: воскресным утром 1957 г. мы наблюдали нечто, чего до нас не видел никто. Это было трехмерное изображение белковой молекулы во всей ее сложности. Картинка была нечеткая, но спустя два года, прошедших в непрерывном сборе данных для быстродействующего компьютера, мы еще раз испытали чувство восторга, получив гораздо более детальное изображение этой же молекулы — белка миоглобина. Теперь мы могли точно указать положение всех его 2,6 тыс. атомов. Для своих первых экспериментов мы выбрали миоглобин, который, несмотря на всю его сложность, гораздо проще других белков и один из самых маленьких: все прочие в десять и даже сто раз крупнее.

С точки зрения биологии белки — «рабочие лошадки» клеток. Почти все химические реакции, которые в них протекают, катализируются ферментами, а все известные ферменты —

это белки; в отдельной клетке присутствует, по-видимому, до тысячи разных видов ферментов, и каждый катализирует только «свою» реакцию. Но у белков есть множество других функций: они входят в состав костной ткани, мышц и связок, присутствуют в крови, из них состоят волосы и кожа, они образуют клеточные мембраны. К этому следует добавить, что наследственная информация, заключенная в хромосомной ДНК и передаваемая от поколения к поколению, реализуется в синтезе белков, разных в клетках разного типа, и этот процесс тоже невозможен без участия белковых молекул. Совершенно очевидно, что для понимания функционирования клеток необходимо прежде всего выяснить, как белковые молекулы, состоящие, за небольшим исключением, из одних и тех же мономерных единиц, могут выполнять такой широкий круг функций.

Мономерные звенья белковых молекул — это аминокислоты. Их всего 20 видов. Соединяясь друг с другом, они образуют полимерные цепи — полипептиды. Гемоглобин, содержащийся в эритроцитах, состоит из четырех полипептидных цепей. Миоглобин, «младший родственник» гемоглобина, представлен единственной цепочкой.

Даже при том скудном объеме знаний о миоглобине, которыми мы обладаем, понятно, что это молекула, имеющая определенную пространственную структуру, и это необходимо учитывать, если мы хотим понять, как он функционирует (распознает другие белки и связывается с ними, изменяет свою конформацию и пр.), а также уяснить, какие ошибки в его синтезе приводят к тем или иным патологиям. Сегодняшние студенты-биологи стоят у начала пути в новый мир. Чтобы его освоить, нужно определить структуру множества других белков, и при этом с гораздо большим разрешением, чем сейчас (мы надеемся, что в случае с миоглобином это произойдет довольно скоро).

На очереди — создание прочной основы для понимания структуры биологических макромолекул во всей их сложности, биогенеза и функционирования живых организмов в норме и патологии.

РЕПРЕССОРЫ ГЕНОВ



**МАРК ПТАШНЕ
И УОЛТЕР ГИЛБЕРТ
(MARK PTASHNE,
WALTER GILBERT)
ОПУБЛИКОВАНО
В ИЮНЕ 1970 Г.**

**НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ 1980 Г.
(УОЛТЕР ГИЛБЕРТ)**

Все клетки должны обладать способностью включать и выключать свои гены. Например, бактериальной клетке могут понадобиться ферменты для расщепления какого-нибудь нового питательного вещества, и для этого ей придется включить гены, которыми эти ферменты кодируются. Даже у простейшего вируса гены не работают одновременно, а вступают в действие последовательно, в строгом соответствии со временем прохождения жизненного цикла. Клетки более сложных организмов включают и выключают тысячи разных генов, и этот процесс длится всю жизнь. Как же регулируется работа генов? В ней участвует множество специфических механизмов контроля. За последние десять лет один из них удалось описать на молекулярном уровне: показано, что регуляция работы специфических генов осуществляется с помощью молекул, называемых репрессорами. Детали этого процесса были установлены в экспериментах на бактерии *Escherichia coli* и вирусах, которые ее инфицируют.

Репрессор связывается непосредственно с молекулой ДНК вблизи гена, чью работу он контролирует, а именно — в сайте под названием оператор, и блокирует транскрипцию этого гена РНК-полимеразой, т.е. выключает ген. Каждый из независимо работающих генов регулируется своим репрессором, который кодируется специфическим геном.

Репрессор включает или выключает ген в ответ на тот или иной сигнал. В роли такого сигнала часто выступает малая молекула, которая присоединяется к репрессору и изменяет его конформацию. При определенных условиях это изменение приводит

к инактивации репрессора — он больше не может находиться в связанном с оператором состоянии, и таким образом репрессия гена снимается, он переходит в рабочую позицию. В других случаях комплекс между репрессором и малой молекулой играет роль активатора; репрессор связывается с ДНК только в присутствии малой молекулы (в этом случае она называется коактиватором).

Ричард Берджес (Richard Burgess) и Эндрю Траверз (Andrew Travers) из Гарвардского университета, а также Эккехард Баутц (Ekkehard Bautz) и Джон Данн (John J. Dunn) из Университета Ратгерса показали, что РНК-полимераза, запускающая синтез РНК, содержит какую-то легко отсоединяющуюся от нее субчастицу, необходимую для правильной инициации. Эта субчастица, так называемый сигма-фактор, «подсказывает» ферменту, к какому промотору ему нужно присоединиться. Траверз обнаружил, что фаг T4, инфицирующий *E. coli*, синтезирует собственный сигма-фактор, который связывается с бактериальной полимеразой, в результате чего та начинает считывать фаговые гены, которые прежний комплекс «фермент — сигма-фактор» считывать не мог.

Уже получены первые белки, синтезируемые под контролем бактериального сигма-фактора; среди них — сам сигма-фактор, который детерминирует считывание новых промоторов и синтез новых белков. Такая регуляция через смену сигма-факторов позволяет управлять работой крупных блоков генов. Мы полагаем, что у *E. coli* имеются промоторы разных типов и что для каждого типа есть свой сигма-фактор, возможно, связанный с другими крупными и малыми молекулами.

В конечном счете включение и выключение генов происходит по одинаковой схеме: распознавание конкретной нуклеотидной последовательности и ответ на внешние сигналы. Описанные выше биохимические эксперименты с репрессорами позволили описать на молекулярном уровне один из механизмов регуляции работы генов. В ходе этих экспериментов мы приобрели знания и опыт, которые помогут идентифицировать и детально исследовать другие механизмы.

РНК КАК ФЕРМЕНТ



**ТОМАС ЧЕК
(THOMAS R. CECH)**
ОПУБЛИКОВАНО
В НОЯБРЕ 1986 Г.
НОБЕЛЕВСКАЯ
ПРЕМИЯ 1989 Г.

Нуклеиновые кислоты ДНК и РНК содержат всю информацию, необходимую для обеспечения метаболизма в живой клетке и ее деления. Белки, в отличие от них, — молекулы-функционеры: те из них, которые обладают каталитической активностью (ферменты), ускоряют тысячи биохимических реакций, обеспечивающих клеточный метаболизм. До недавнего времени считалось, что функции этих молекул не пересекаются: разделение их на информационные и каталитические было одним из основных принципов биохимии. Однако за последние несколько лет это положение перестало считаться догмой: обнаружилось, что РНК тоже может выступать в роли фермента.

Первый пример РНК-катализа датируется 1981–1982 гг.; я и мои коллеги обнаружили этот феномен при исследовании свойств РНК простейшего организма *Tetrahymena thermophila*. К нашему большому удивлению, РНК катализировала свой собственный сплайсинг (вырезание интронов с образованием зрелой мРНК). Если учесть, что РНК — не белок, то понятие «фермент» следует расширить.

Что дает это интересное открытие? Во-первых, уже нельзя утверждать, что каждая каталитически активная биологическая молекула — это непременно белок. Сегодня стало ясно, что ряд процессов, в результате которых молекула РНК переходит в функциональную форму, катализируется ею самой. Во-вторых, известно, что рибосомы (органеллы, осуществляющие синтез белка) помимо разнообразных белков содержат РНК особого типа. Не исключено, что рибосомные РНК, а вовсе не белки катализируют сборку белковых молекул. В-третьих, открытие

РНК-катализаторов очень важно с эволюционной точки зрения. Поскольку нуклеиновые кислоты и белки взаимосвязаны, часто высказывается мнение, что их эволюция шла параллельно. Тот факт, что РНК может служить катализатором, наводит на мысль, что главную роль при зарождении жизни играла РНК, которая могла функционировать безо всяких ДНК или белков.

Теперь, когда мы побывали в пребиотическом прошлом, интересно поразмышлять, какие открытия сулит нам будущее. Во всех известных случаях субстратом для РНК-фермента была сама РНК или один нуклеотид. Скорее всего, это не случайно. Молекулы РНК как нельзя лучше подходят для взаимодействия друг с другом; гораздо труднее представить, что в РНК может существовать центр связывания с другими биологически значимыми молекулами, например жирными кислотами. Я думаю поэтому, что в новых случаях проявления у РНК каталитической активности субстратом опять будет РНК.

Здесь на ум приходят две возможности. Одна из них связана с участием малых ядерных рибонуклеотидных частиц (мяРНК), которые обеспечивают протекание множества процессов в клеточном ядре, другая — с рибосомами.

Если бы действительно оказалось, что синтез белков катализируется исключительно РНК, это окончательно подорвало бы положение, согласно которому за функционирование клетки полностью отвечают белки. Конечно, так быть не может: рибосома — чрезвычайно сложный «агрегат» из белков и нуклеиновых кислот, и каталитическую активность нельзя приписать только одному из этих компонентов. Но независимо от этого за последние пять лет в биологии несомненно произошла одна фундаментальная вещь: стало очевидно, что по крайней мере в некоторых случаях информационную и каталитическую функции может выполнять одна и та же молекула РНК. Значимость подобной двойственности еще предстоит оценить.





ОБРАЗОВАНИЕ ЗЕМЛИ



**ГАРОЛЬД ЮРИ
(HAROLD C. UREY)**
ОПУБЛИКОВАНО
В ОКТЯБРЕ 1952 Г.
НОБЕЛЕВСКАЯ
ПРЕМИЯ 1934 Г.

Впервые идею движения Земли и других планет вокруг Солнца высказал древнегреческий астроном Аристарх Самосский. Ее решительно отвергали более 2 тыс. лет — до тех пор, пока польский астроном Николай Коперник не построил гелиоцентрическую систему мира. Древним грекам были известны примерные размеры Земли; они догадывались и о причинах солнечных затмений. Спустя примерно 100 лет после Коперника датский астроном Тихо Браге, устроивший обсерваторию на одном из островов в Балтийском море, начал проводить регулярные наблюдения за движением Марса. Результаты этих и других наблюдений позволили немецкому астроному Иоганну Кеплеру сформулировать законы движения планет. Затем великий физик Исаак Ньютон открыл закон всемирного тяготения и создал теорию движения небесных тел, заложив основы небесной механики. Это стало пищей для ума многих величайших физиков и математиков на ближайшие столетия.

Объяснить происхождение Солнечной системы оказалось гораздо сложнее, чем движение планет. Какие процессы привели к формированию Земли и других небесных тел? Никто из нас не жил в те времена, и какие бы предположения я ни выдвигал, все они будут только предположениями. Остается лишь в общих

чертах описать возможный ход событий, так чтобы это описание не противоречило физическим законам и установленным фактам.

Скорее всего дело обстоит так: в какой-то пустынной части Галактики под действием давления света звезд началось сжатие огромного газопылевого облака. Силы гравитации ускорили процесс накопления вещества. Каким-то неясным пока способом в центре сгустка сформировалось Солнце, испускавшее гораздо больше света и тепла, чем сегодня. Вокруг него кружились облака из пыли и газа; в результате вихревого турбулентного движения из них образовались сгустки вещества, а затем протопланеты, которые потом стали планетами и, возможно, наиболее крупными астероидами в пространстве между нынешними Марсом и Юпитером. На этой стадии вследствие конденсации паров воды и аммиака начался процесс аккумуляции крупных планетезималей. Среди них была одна довольно большая, из которой в основном сформировалась Луна, и еще одна более крупная, в конце концов превратившаяся в Землю. Вначале температура планетезималей была невысокой, но затем поднялась до температуры плавления железа. На низкотемпературной стадии на этих объектах скапливалась вода, а на высокотемпературной — углерод в составе графита и карбида железа. Газовые составляющие улетучились, и планетезимали начали сталкиваться и объединяться. Может быть, так и образовалась Земля.

Потом произошло много чего, в том числе возникновение атмосферы. На той стадии, когда Земля оформилась как твердое тело, у нее вряд ли была газовая оболочка из паров воды, азота, метана, некоторого количества водорода и следов других газов. Дж. Пул (J.H.J. Poole) из Дублинского университета высказал основополагающее мнение, что к формированию атмосферы с ее окислительными свойствами привело высвобождение водорода из земной тверди. Водород метана (CH_4) и аммиака (NH_3) медленно улетучивался, а оставались азот, диоксид углерода, вода и свободный кислород. Это только мое предположение,

и я думаю, что на самом деле образованию свободного кислорода предшествовало появление множества других молекул, содержащих водород, углерод, азот и кислород. С появлением растений начался фотосинтез, в ходе которого из диоксида углерода и воды образовывались органические вещества и кислород. Так началось формирование атмосферы в том виде, какая она есть сейчас. Ее физическая и химическая эволюция продолжается и сегодня.

ИЗМЕНЯЮЩАЯСЯ АТМОСФЕРА



**ТОМАС ГРЕДЕЛЬ
И ПАУЛЬ КРУТЦЕН
(THOMAS E.
GRAEDEL, PAUL J.
CRUTZEN)**
ОПУБЛИКОВАНО
В СЕНТЯБРЕ 1989 Г.

НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ 1995 Г.
(ПАУЛЬ КРУТЦЕН)

Земная атмосфера никогда не оставалась постоянной: по мере формирования Земли и все последующее время изменялись ее состав, температура и другие параметры. Но за последние два столетия эти изменения происходят как никогда быстро.

Свидетельством тому служат кислотные дожди, ускоренная коррозия металлов, смог в городах, уменьшение толщины озонового слоя в стратосфере, который защищает все живое от жесткого ультрафиолетового излучения. Есть опасения, что Земле грозит глобальное потепление вследствие накопления в атмосфере парниковых газов, поглощающих тепловое излучение Земли и посылающих его обратно.

Разумеется, некоторые изменения концентрации веществ в атмосфере обусловлены природными процессами. Так, во время извержения вулканов в тропосфере (атмосферном слое, лежащем ниже 10–15 км) и стратосфере (простирающейся на высоте от 10 до 50 км) скапливаются серо- и хлорсодержащие газы. Но значительно больший вклад в быстрое изменение атмосферы за последние 200 лет вносит человеческий фактор.

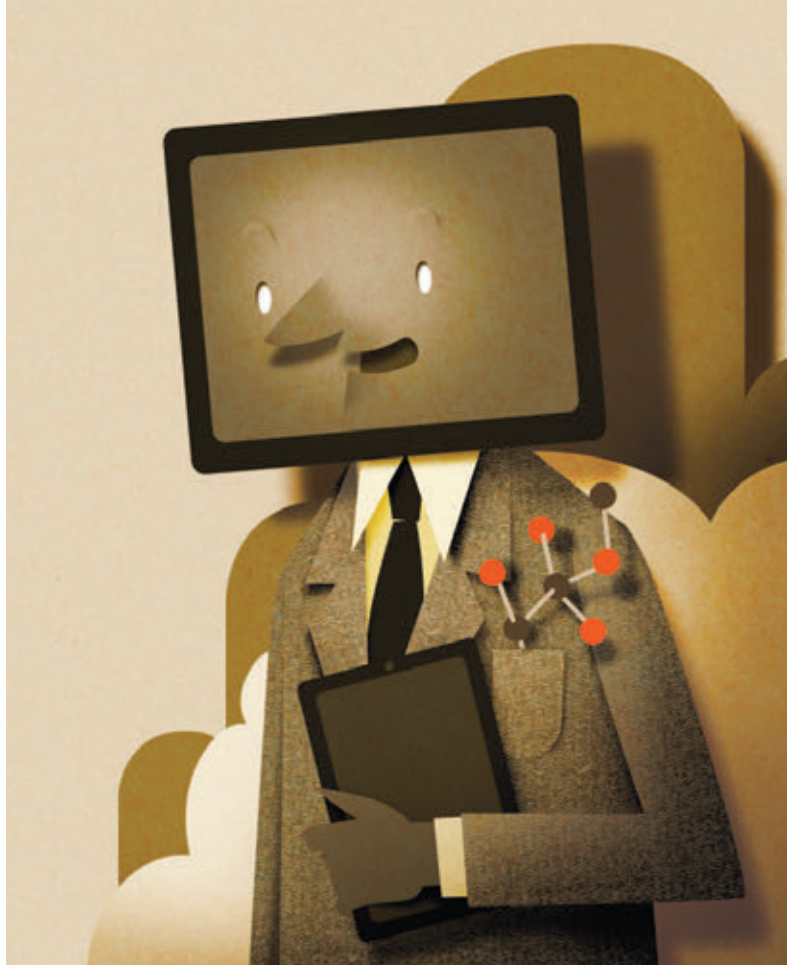
К антропогенным воздействиям относятся сжигание ископаемого топлива (угля, нефти и др.) для получения энергии, а также для других промышленных и сельскохозяйственных нужд, сжигание древесины, уменьшение площадей, занимаемых лесами, и др.

У человека нет будущего, если в результате его деятельности в атмосферу будут по-прежнему выбрасываться в больших количествах вредные газы. Неуклонный рост численности населения и развитие промышленности приводят не только к изменению химии атмосферы, но и к катастрофическому потеплению климата. Климатические изменения в сочетании с повышением уровня вредных выбросов — опаснейшая нагрузка на нашу планету, и вклад в нее вносит каждый из нас.

Особенно беспокоит тот факт, что в будущем нас могут ожидать неприятные сюрпризы: мы мало знаем о том, как антропогенные факторы скажутся в будущем на живых организмах и природе в целом. Пример тому — образование озоновой дыры над Антарктикой, иллюстрирующее, какие масштабные изменения могут вызвать минимальные химические возмущения и как быстро это может произойти.

И все-таки нельзя сказать, что человечество ничего не может сделать для снижения рисков — известных и неизвестных. Так, сжигая меньше ископаемого топлива, мы могли бы уменьшить парниковый эффект, образование смога, выпадение кислотных дождей. На следующем этапе можно было бы попытаться снизить выбросы метана, например принять меры по улавливанию его на свалках и усовершенствовать сами способы переработки отходов.

Мы уверены, что решить проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды, можно только совместными усилиями, с вовлечением ученых, простых граждан и властей. Наиболее развитые в промышленном отношении страны должны взять на себя устранение диспропорции в использовании природных ресурсов, а также разработать технологии и стратегии планирования образа жизни своего населения, чей быстрый рост и увеличивающиеся потребности в энергии становятся основной причиной ухудшения условий жизни на всей планете. Прилагая все усилия к поддержанию стабильности атмосферы — ограничивая выбросы вредных веществ, совершенствуя технологии, — мы, возможно, сумеем контролировать физические процессы, которые протекают в атмосфере, и поддерживать экологический баланс на нашей планете.



КАК СОЗДАЮТ ГИГАНТСКИЕ МОЛЕКУЛЫ



ДЖУЛИО НАТТА (GIULIO NATTA)
ОПУБЛИКОВАНО
В СЕНТЯБРЕ 1957 Г.
НОБЕЛЕВСКАЯ
ПРЕМИЯ 1963 Г.

Химика, намеревающегося синтезировать гигантскую молекулу, можно уподобить архитектору, который проектирует новое здание. У него есть строительные блоки

определенных форм и размеров, и его задача — создать из них конструкцию для той или иной цели. Работа химика осложняется тем, что его строительные блоки невидимы невооруженным глазом; но у него есть и преимущество — сама природа предоставила ему модели, которыми он может руководствоваться. Изучая макромолекулы, синтезируемые живыми организмами, химики учатся создавать аналогичные соединения. Высокополимерная химия привлекает к себе особое внимание именно сегодня потому, что за последние пять лет были разработаны новые способы соединения строительных блоков и это открывает заманчивые перспективы на пути создания материалов, ранее не существовавших на Земле.

Мы пока даже не можем в полной мере оценить, как это повлияет на нашу жизнь. Макромолекулы уже сегодня занимают значительное место

в производстве различных материалов. Десятки миллионов мужчин и женщин — и огромные площади земной поверхности — работают на получение природных высокополимерных материалов: целлюлозы, каучука, шерсти. Сегодня материалы с такими же или даже более ценными качествами можно получать гораздо быстрее и с меньшими затратами из продуктов переработки угля и нефти. Помимо всего прочего, это позволяет освобождать земли, занятые сегодня культурами, из которых получают растительные волокна, и выращивать на них зерновые, необходимые для удовлетворения потребностей в пище населения нашей планеты, численность которого с каждым годом увеличивается.

Для получения полимеров путем последовательного присоединения мономерных звеньев сегодня используют свободные радикалы в качестве катализаторов; альтернативу им представляют ионы. Это совсем недавняя разработка, и, по моему мнению, она может произвести настоящую революцию в синтезе макромолекул. Катионным методом уже получено несколько весьма интересных высокополимерных соединений, например бутилкаучук, используемый для изготовления камерных шин. Но еще большие надежды химики возлагают на анионные катализаторы. С их помощью получают гигантские упорядоченные молекулы с необычными свойствами.

В начале 1954 г. наша группа из Института промышленной химии при Политехническом институте в Милане, используя особые катализаторы, получила полимерный материал из сложных мономеров семейства винилов. Молекулярная масса некоторых наших продуктов составляла несколько миллионов (в одном случае — 10 млн). Подбирая подходящие катализаторы, мы могли регулировать длину цепи по своему усмотрению.

Таким образом мы уже получили полимеры стирола и пропилена — углеводов, извлекаемых из нефти. Универсальность нашего метода можно проиллюстрировать на примере полипропиленов. Мы можем синтезировать их в трех разных формах: изотактической, атактической

Мы можем усовершенствовать природу. Благодаря нашим усилиям на свет появится множество новых молекул, до этого не существовавших

Джулио Натта (1957)

и «блок-изотактической» (в последнем случае цепь состоит из блоков, у одних из которых боковые группы направлены в одну сторону относительно продольной оси молекулы, а у других — в противоположную). Изотактические полипропилены — твердые кристаллические вещества с высокой температурой плавления (174° C); они образуют очень прочные волокна. Атактическая форма этого же полимера — аморфное вещество, сходное с каучуком. «Блок-изотактические» полипропилены занимают промежуточное положение между первыми двумя формами.

Разумеется, возможность получения продуктов со столь разными свойствами из одинаковых мономерных единиц вызывает большой интерес. Этот интерес подогревается еще и тем, что с помощью нового метода контролируемой полимеризации можно придавать полученным ранее веществам новые свойства: например, полистиролы, известные ранее только как стекловидные вещества с низкой температурой размягчения (ниже 95° C), теперь можно получить в виде прочного кристаллоподобного пластика с температурой плавления примерно 240° C. Открытие мощных анионных катализаторов активизировало работы по получению полимерных материалов как в Европе, так и в США. Новые полимеры синтезируют теперь из самых разных мономеров. Мы в своей лаборатории создали все из возможных регулярных полимеров и несколько аморфных на основе бутадиена; одни из них похожи по своим свойствам на каучук, другие нет. Примерно в это же время компании *B.F. Goodrich* и *Firestone Tire and Rubber* сообщили о синтезе ими из изопрена каучука, идентичного природному; над решением этой проблемы химии всего мира бились столетия.

Можно сказать, что в каком-то смысле мы уже усовершенствовали природу, создав молекулы, до этого не существовавшие. Подобные молекулы можно синтезировать из простых недорогих мономеров — и делать это гораздо быстрее, чем живые организмы. Со времени появления метода контролируемого синтеза макромолекул прошло менее четырех лет, но за этот период уже получено множество новых синтетических веществ, из которых можно делать волокна, каучуки, пластики.

ПЛАСТИКИ — ПРОВОДНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА



РИЧАРД КЕЙР
И АЛАН МАКДИ-
АРМИД (RICHARD
B. KANER, ALAN
G. MACDIARMID)
ОПУБЛИКОВАНО
В ФЕВРАЛЕ 1988 Г.

НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ 2000 Г.
(АЛАН МАКДИАРМИД)

Двадцать лет назад большинство читателей сочли бы заголовком этой статьи абсурдом — ведь пластики всегда считались изоляторами. Еще более нелепым показалось бы предположение, что они могут проводить электричество не хуже меди. Тем не менее за последние несколько лет это чудесное превращение удалось совершить путем простого включения в пластик молекул неких соединений. Пластики-проводники сочетают в себе свойства металлов и пластмасс, появление которых в 1930–1940-х гг. произвело настоящий фурор.

Чтобы превратить полимер в проводник, в него вводят в небольших

количества специфические соединения с помощью легирования. Для пластмасс сделать это гораздо проще, чем для полупроводников, например кремния.

Как только было показано, что полимеры могут проводить электрический ток, в работу включились другие ученые. В 1977 г. был синтезирован первый электропроводящий полимер; в 1981 г. на свет появилась батарейка с электродами из полимерного материала. В прошлом году были получены полимеры с такой же проводимостью, как у меди, а несколько месяцев назад в продажу поступили полимерные аккумуляторные батарейки.

Все эти достижения наводили на мысль о возможности создания полимеров с электропроводностью выше, чем у меди и, разумеется, чем у любых других материалов при комнатной температуре. Они могли бы заменить медные провода в тех случаях, когда вес становится лимитирующим фактором, например в авиационной технике. Проводящие полимеры обладают также интересными оптическими, механическими и химическими свойствами. Все это в совокупности позволит применять их в условиях, где медь не подходит. Например, тонкие слои полимера можно наносить на оконные стекла для уменьшения освещенности помещения, при этом поглощение солнечного света можно регулировать с помощью электрического тока.

Еще один объект, где могут найти применение полимеры-проводники, — тело человека. Будучи инертными и стойкими, они вполне подойдут для замены поврежденных нервных волокон. Особенно хорош в этом плане полипиррол: он абсолютно нетоксичен и при соответствующих условиях способен переносить электрический заряд. В качестве легирующего вещества можно использовать гепарин, который препятствует образованию сгустков крови. С помощью проводящих электричество полимеров можно осуществлять адресную доставку лекарственных веществ к органам и тканям. Полимер, в который включено целевое лекарственное вещество, можно было бы имплантировать в ткань, где он

будет высвобождать препарат в нужное время под действием электрического тока.

Во многих отношениях ситуация с проводящими полимерами аналогична той, что сложилась 50 лет назад с полимерами обычными. В то время различные полимеры синтезировали в лабораториях по всему миру, но они не имели практического применения до тех пор, пока их не научились модифицировать нужным образом, на что ушло несколько лет. Физические и химические свойства проводящих полимеров тоже необходимо уметь подгонять под возлагаемую на них функцию. Однако ценность новых полимеров не ограничивается возможностью их практического применения. Они несомненно окажутся полезными в научных исследованиях. Но только время покажет, сравнятся ли они по широте применения со своими не проводящими электрический ток «родственниками».

ЧЕТЫРЕХМЕРНАЯ КИНОСЪЕМКА НЕВИДИМОГО



**АХМЕД ЗЕВАЙЛЬ
(AHMED H. ZEWAIL)**
ОПУБЛИКОВАНО
В АВГУСТЕ 2010 Г.
(ВМН, № 10, 2010)
**НОБЕЛЕВСКАЯ
ПРЕМИЯ 1999 Г.**

Возможности глаза человека ограничены. Мы не различаем объекты размером в малые доли миллиметра (в несколько раз тоньше волоса) и не можем отслеживать движения, происходящие за время меньше десятой доли секунды. Разумеется, успехи в оптике и спектроскопии к началу третьего тысячелетия расширили наши возможности, и теперь мы умеем получать микрофотографии вирусов или стробоскопические снимки летящей пули в ту миллисекунду, когда она пробивает электрическую лампочку. Но если бы нам некоторое время назад показали фильм с изображением колеблющихся атомов, мы скорее

всего подумали бы, что это анимация или какой-то вид моделирования.

За последние десять лет наша исследовательская группа в Калифорнийском технологическом институте разработала новый способ получения изображений, который позволяет увидеть движения, происходящие в атомном масштабе за время всего в одну фемтосекунду (10^{-15} секунды). Этот метод дает пространственно-временную картину и основан на использовании электронной микроскопии, поэтому я назвал его четырехмерной электронной микроскопией (4DEM). С его помощью мы смогли наблюдать за такими процессами, как вибрация слоев углеродных атомов в графите под действием лазерного импульса и переход вещества из одного состояния в другое. Мы получили также изображения отдельных белков и клеток.

Хотя 4DEM — самая передовая технология, использующая новейшие достижения лазерной техники и квантовой физики, многие из ее принципов можно понять, ознакомившись с методами «замораживания» движения, разработанными более 100 лет назад. В 1890-е гг. профессор Этьен-Жюль Марэ (Étienne Jules Marey) из Коллеж де Франс изучал быстрые движения с помощью вращающегося диска с прорезями, помещенного между наблюдаемым объектом и фотопластинкой. Полученный им ряд снимков был подобен набору кадров современного кинофильма.

В числе прочего Марэ изучал, как удается кошке, падающей с довольно большой высоты, приземляться на лапы. Как она, имея в качестве опоры лишь воздух, может выполнять сложные акробатические движения, не нарушая законов Ньютона? Падение и движение конечностей происходят за время меньше секунды — невооруженным глазом невозможно уследить за тем, что именно происходит. «Кинофильм» Марэ пролил свет на этот вопрос: оказывается, в полете кошка многократно изгибает тело в противоположных направлениях, вытягивая и поджимая лапы.

Если мы захотим наблюдать за движением молекул, а не кошки,



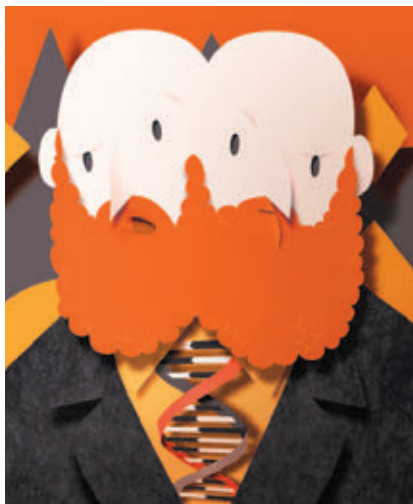
насколько частыми и короткими должны быть вспышки стробоскопа? Наша группа применила для решения этой проблемы метод формирования изображений с помощью одноэлектронных импульсов. Он был разработан на основе нашей прежней работы по сверхскоростной электронографии. Каждый зондирующий импульс состоит из одного электрона и поэтому создает всего одно «пятнышко света» в окончательном изображении. Однако благодаря тщательной синхронизации импульсов и еще одному их свойству — когерентности — совокупность множества таких пятнышек дает поддающееся интерпретации изображение объекта.

Формирование изображений с помощью одноэлектронных импульсов открыло дорогу к созданию метода четырехмерной сверхскоростной электронной микроскопии (*4D UEM*). Теперь мы можем снимать фильмы о том, как ведут себя разнообразные молекулы и вещества в тех или иных ситуациях, — а также фильмы о поведении множества перепуганных кошек, совершающих кульбиты в воздухе.

Мы с коллегами определили нашим новым методом скорость формирования одного витка спирали из короткого сегмента белковой молекулы при нагревании водного раствора, в котором этот белок находится. (Разного рода спирали образуют почти все белки.) Оказалось, что короткие спирали формируются в тысячу раз быстрее, чем предполагалось: за время от сотен пикосекунд, а не за микросекунды. Определение

скорости высокомолекулярных перестроек поможет глубже понять механизмы биохимических процессов, в частности тех, нарушение которых связано с теми или иными заболеваниями.

Недавно возглавляемая мною группа из Калифорнийского технологического института предложила еще два новых метода. В одном из них, сверхскоростной электронной микроскопии со сходящимся электронным пучком, зондируется только один наномасштабный участок образца. Другой, сверхскоростная электронная микроскопия



в ближнем поле, позволяет получать изображение быстро затухающих волн («плазмонов»), создаваемых в наномасштабных структурах лазерным импульсом, — явления, которое лежит в основе новой технологии, плазмоники. Этот метод позволил получить изображение мембран бактериальных клеток и белковых пузырьков с пространственным разрешением порядка нанометра и фемтосекундным временным разрешением.

Электронный микроскоп — универсальный прибор с широчайшими возможностями. Он может работать в трех разных режимах: получения изображений в реальном пространстве, электронографии и спектроскопии энергий электронов. Сфера его применения охватывает широкий круг областей — от материаловедения и минералогии до нанотехнологии и биологии, при этом в статических структурах он позволяет выявлять мельчайшие детали.



Посредством интегрирования в четвертом измерении мы превратили статичные изображения в фильмы, позволяющие наблюдать за поведением во времени таких разновеликих объектов, как атомы и живые клетки. ■

Феррис Джабр (Ferris Jabr) — заместитель главного редактора журнала *Scientific American*



ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- В честь нобелевских лауреатов // ВМН, № 8, 2011.
- Химия: десять неразгаданных тайн // ВМН, № 12, 2011.
- В погоне за Нобелем // ВМН, № 9, 2012.

Первое разумное телевидение

Одни лишь
задумываются



другие
изобретают!



Такой науку вы еще не видели!

Маркетинг: +7(495) 937-38-92
Дистрибуция: +7(495) 620-98-36
www.naukatv.ru



Эд Йонг

Броня от предрассудков

Даже слабые намеки на ущербность в том, что касается пола, расы или вероисповедания, могут повлиять на наши успехи в школе, на работе или в спорте. Ученые нашли новый способ предотвращения этой проблемы

Популяризатор науки Нейл Деграсс Тайсон (Neil Degrasse Tyson) получил докторскую степень по астрофизике в 1991 г. в Колумбийском университете. В то время в США проживало около 4 тыс. астрофизиков. Тайсон обнаружил, что среди них ничтожно мало афроамериканцев — всего семь. В своей речи перед советом он открыто высказался о проблемах, с которыми столкнулся. Тайсон пояснил, что с точки зрения общества его неудачи были ожидаемы, а успехи рассматривались как заслуга других людей. Он сказал: «Эмоционально очень тяжело всю жизнь бороться с таким отношением, это своего рода интеллектуальная каstration. Я и врагу бы этого не пожелал».

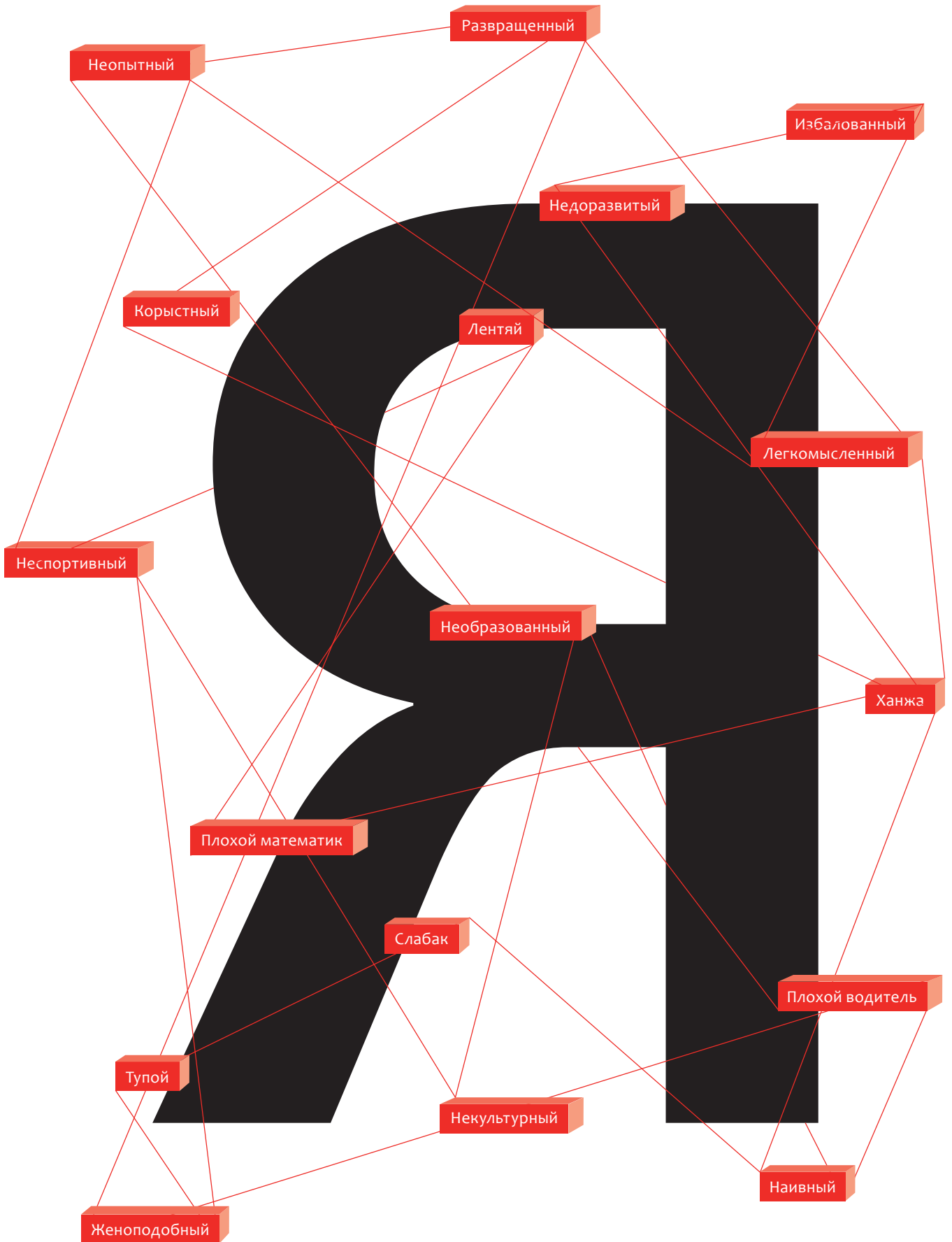
Слова Тайсона во многом соответствуют действительности: негативные стереотипы висят тяжким грузом на представителях многих меньшинств и на людях, которые уверены, что окружающие воспринимают их как неполноценных. Основанный на негативном стереотипе страх потерпеть неудачу преследует этих людей на работе, в школе или на стадионе. Например, молодые белые

спортсмены боятся, что не пробегут так же быстро, как чернокожие атлеты, а девушки из математических классов опасаются, что будут зарабатывать меньше мужчин. Эта тревога, эмоциональная тяжесть, о которой говорил Тайсон, называется угрозой подтверждения стереотипа. Множество исследований свидетельствуют, что она на самом деле приводит к тому результату, которого и опасаются. Иногда люди попадают в порочный круг: низкая успешность приводит к сильному беспокойству, которое еще больше тормозит работу.

В последнее время психологи стали гораздо лучше понимать, как угроза подтверждения стереотипа действует на людей, почему это происходит и, главное, как это воздействие предотвратить. Хотя никто не спорит с тем, что такая угроза существует, некоторые ученые сомневаются, что лабораторные исследования могут адекватно отражать происходящее в реальном мире, и отмечают, что в любом случае это лишь один из множества факторов социального и учебного неравенства. Тем не менее это тот фактор, который можно легко исправить.

! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Страх совершить ошибку и тем самым укрепить стереотипное отношение к своей социальной группе ухудшает успеваемость в школе, спорте и на рабочем месте.
- Недавно ученые подробно описали, как возникает этот страх, как с ним бороться и, главное, как его предотвратить.
- Относительно простые и короткие упражнения по повышению уверенности помогают ликвидировать пробелы в успеваемости. Сейчас педагоги начинают активно использовать эти методики.



В результате исследований, проведенных в школах, оказалось, что простые письменные упражнения на повышение самооценки, для выполнения которых требуется не больше часа, дали колоссальный и длительный эффект: разрыв в успеваемости сократился, а из классных комнат и умов учащихся исчезла угроза подтверждения стереотипа. Некоторые педагоги сейчас работают над внедрением таких программ в масштабах страны.

В чем заключается угроза

Термин «угроза подтверждения стереотипа» предложили психологи из Стэнфордского университета Клод Стил (Claude Steele) и Джошуа Аронсон (Joshua Aronson.) в 1995 г. В США в те времена, как и сейчас, успеваемость у чернокожих учащихся была ниже среднего уровня, и на всех ступенях образования они чаще бросали учебу. Объяснений этому было множество, в том числе такая идея, что более низкие умственные способности чернокожих учащихся — врожденное качество. Стил и Аронсон были не согласны с этим. Они считали, что само существование такого негативного стереотипа может плохо влиять на учебу.

В последнее десятилетие психологи от констатации существования угрозы подтверждения стереотипа перешли к исследованию механизмов этого явления. Ученые показали, что на разные группы людей эта угроза действует совершенно одинаково

В ставшем с тех пор уже классическим эксперименте они предложили сотне студентов колледжа тест. Если учащимся предварительно говорили, что тест не оценивает их интеллектуальные способности, то и чернокожие и их белые сверстники со схожей академической успеваемостью решали его одинаково успешно. Однако когда Стил и Аронсон сообщили, что тест направлен на оценку интеллекта, то чернокожие студенты показывали более низкие результаты. Такой же эффект наблюдался, когда перед тестированием учащихся просили указать свою расовую принадлежность.

Это было революционное исследование. Стил и Аронсон продемонстрировали, что стандартные тесты были далеко не стандартизированы. Когда существует пусть и очень слабая угроза подтверждения стереотипа, часть студентов автоматически попадают в заведомо неблагоприятное положение. По словам Аронсона, вначале он

ОБ АВТОРЕ

Эд Йонг (Ed Yong) — популяризатор науки из Англии. Он пишет статьи для многих журналов, в том числе *Nature*, *Wired*, *National Geographic* и *New Scientist*.

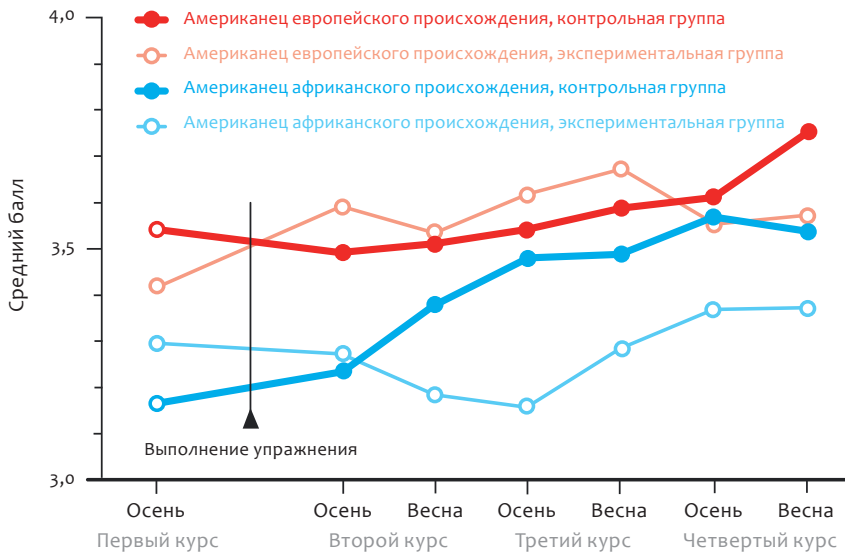


относился к своим результатам скептически. «Я не мог поверить, что эффект был настолько сильным, — говорит он. — Я подумал: это должен повторить еще кто-то другой».

И множество исследователей повторили. Сегодня сотни работ доказывают существование угрозы подтверждения стереотипа во всевозможных группах. Она негативно влияет на академическую успеваемость учащихся из бедных семей и качество выполнения тестов на способность к сопереживанию у мужчин. Белые студенты показывают более низкие результаты в соревнованиях по математике с азиатами и в спортивных состязаниях с чернокожими сверстниками. В большинстве исследований показано, что этот эффект более выражен у сильных студентов. Те, кто больше прочих старался достичь результата, вероятно, сильнее беспокоились о негативном стереотипе и в итоге выступали значительно слабее своих способностей. Угроза подтверждения стереотипа сыграла с ними злую шутку.

Однако до сих пор неизвестно, как именно распространяется угроза подтверждения стереотипа в реальном обществе. Соответствующие исследования сталкиваются с типичными проблемами социальной психологии. Большинство работ выполнены на малой выборке студентов колледжа, что увеличивает вероятность случайности, и не во всех выявлен действительно сильный эффект. Кроме этого, некоторые критики отмечают, что лабораторные эксперименты плохо отражают реальный мир. Пол Сакетт (Paul Sackett) из Миннесотского университета утверждает, что в реальном мире угрозу подтверждения стереотипа победить, пожалуй, даже легче, чем в лаборатории. В прошлом году Гийсберт Стоет (Gijsbert Stoet), в то время сотрудник Лидского университета в Англии, и Дэвид Гири (David C. Geary) из Миссурийского университета проверили эксперименты Стила с коллегами, выявившие в 1999 г. угрозу подтверждения стереотипа у женщин, решающих математические тесты. Из 20 повторенных опытов только в 11 женщины справились с заданием хуже мужчин. Гири не отказывается от идеи угрозы подтверждения стереотипа, но считает, что ее влияние может быть не столь выражено, как иногда его описывают.

Энн Мари Райан (Ann Marie Ryan) из Университета штата Мичиган определила некоторые возможные причины таких противоречивых выводов. Они вместе с Ханной-Хан Нгуен (Hanna-Hanh Nguyen), работавшей в то время в Университете штата Калифорния, сравнили результаты 76 исследований угрозы подтверждения стереотипа у школьников и студентов в 2008 г. Райан и Нгуен выяснили, что ученые получали положительные



Некоторые новички переживают, смогут ли они быть как все, учась в колледже. В одном исследовании американские первокурсники африканского и европейского происхождения читали про то, что такие проблемы встречаются у всех и сами проходят. Это простое упражнение увеличивало чувство сопричастности и снижало разрыв в успеваемости между двумя группами на 79% в течение следующих трех лет.

результаты только в определенных условиях, например когда учащимся давали очень сложный тест или когда испытуемые очень сильно связывали себя с определенной социальной группой.

В последнее десятилетие психологи от констатации существования угрозы подтверждения стереотипа перешли к исследованию механизмов этого явления. Ученые показали, что на разные группы людей эта угроза действует совершенно одинаково. Тревога растет, мотивация падает, надежды уменьшаются. Тони Шмадер (Toni Schmader) из Университета Британской Колумбии, основываясь на этих наблюдениях, предположила, что угроза бьет по чему-то основополагающему. Самая вероятная жертва — это рабочая память, набор умственных способностей, которые позволяют временно хранить текущую информацию в нашем сознании и управлять ею. Эта память имеет ограниченный объем, и угроза подтверждения стереотипа может его расходовать. Когда люди переживают из-за чужих предрассудков и стараются их опровергнуть, они психологически истощают себя. Чтобы проверить эту идею, Шмадер дала 75 людям сложный тест на рабочую память, в ходе которого надо было запоминать слова параллельно с решением математических уравнений. Некоторым испытуемым она сказала, что тест оценивает их навыки запоминания и что врожденные способности мужчин и женщин могут отличаться. И, естественно, женщины, которым так сказали, запомнили меньше слов, в то время как у мужчин подобных проблем не было.

Такое нарушение рабочей памяти и создает различные препятствия на пути к успеху. Люди начинают слишком долго обдумывать действия, которые могли бы быть автоматическими, и становятся более чувствительными к сигналам, указывающим на дискриминацию. Любая

неоднозначность в высказывании трактуется как издевка, и даже собственное внутреннее беспокойство может быть признаком приближающейся неудачи. В голове все начинает путаться, самоконтроль слабеет. Когда Шмадер в середине математического теста спросила у женщин, о чем они думают, те из них, кто был под угрозой подтверждения стереотипа, с большей вероятностью оказались погруженными в свои грезы.

Изгнание стереотипов

Совсем недавно ученые перенесли свои исследования угрозы подтверждения стереотипа из лаборатории в школы и лектории и пытаются предотвратить или ликвидировать это явление. По мнению Шмадер, сейчас есть три направления исследований: первое занимается определением явления и того, как далеко оно заходит, второе изу-

чает его действие и механизмы, третье посвящено тому, как использовать научные результаты для исправления ситуации.

Джеффри Коэн (Geoffrey Cohen) из Стэнфорда добился особенно впечатляющих успехов. Его метод обезоруживающе прост: он просит людей определить собственные качества, которые для них особенно важны, например популярность или музыкальные способности, и затем написать, почему это важно. Такое 15-минутное упражнение действует как психологическая вакцина, которая повышает уверенность в себе и помогает в борьбе против любой угрозы подтверждения стереотипа.

В 2003 г. Коэн посетил расово неоднородные школы Калифорнии, где проверил свой метод с помощью стандартной медицинской методики, которая определяет эффективность воздействия, сравнивая его с эффектом плацебо. Коэн предложил свои упражнения семиклассникам; половина класса писала про свои ценности, а другая половина, наоборот, про то, что им было совершенно не важно. Ни Коэн, ни ученики не знали, кто в какой группе, то есть испытание было с двойным слепым контролем.

Афроамериканцы, которые выполняли это упражнение, сократили академический разрыв со своими белыми сверстниками на 40%. Наиболее сильно подтянулись самые отстающие ученики. В течение следующих двух лет учащимся предлагали дополнительно еще две или три версии этого упражнения. Из тех, кто писал про свои ценные качества, только 5% оказались в классах для отстающих или остались на второй год, в то время как в контрольной группе таких учеников было 18%. В конце концов средний балл чернокожих учеников вырос в среднем на 0,25 балла, а у самых отстающих — на 0,4 балла.

Конечно, нестабильные улучшения на небольшие доли балла не похожи на гигантский прорыв, но даже небольшие изменения уверенности, как положительные, так и отрицательные, накапливаются. Дети, чьи дела пошли неважно, быстро могут потерять самоуважение или внимание со стороны учителя, и наоборот — даже небольшой прогресс может мотивировать на дальнейшие победы. Коэн утверждает, что, вмешавшись на ранних стадиях, педагог может разорвать порочный круг неудач.

Метод Коэна настолько прост, что Райан и некоторые другие исследователи не до конца уверены в его эффективности. Коэн говорит: «Нам было очень трудно в это поверить, но мы полностью подтвердили результат». За последние пять лет он с помощью своих упражнений изменил судьбы чернокожих учеников трех разных средних школ и значительно снизил половые различия по успеваемости в физическом спецклассе в колледже. Однако скептики ждут, пока эти результаты проверят независимые исследователи.

Помешав негативному стереотипу реализоваться, ученые продемонстрировали, что сами по себе стереотипы не обоснованы. Различия в успеваемости чернокожих и белых, мужчин и женщин обусловлены не способностями, а предрассудками, которые мы в силах исправить

Коэн в свою очередь ищет новые пути помощи учащимся. Вместе с Грэггом Уолтоном (Greg Walton) из Стэнфорда он противостоит изоляции, которая часто способствует развитию угрозы подтверждения стереотипа. Многие представители меньшинств опасаются, что их одноклассники не смогут их полностью принять. Уолтон борется с этими страхами, показывая с помощью статистических исследований и отзывов старшеклассников, что подобные чувства испытывают все, независимо от расы, и со временем это проходит. «Такая информация позволяет им переосмыслить свои переживания, не связывая их со своей расовой принадлежностью», — поясняет Уолтон.

Уолтон и Коэн проводили свои часовые упражнения со студентами колледжа в первом весеннем семестре. Через три года, когда студенты закончили свое обучение, разрыв между белыми и чернокожими студентами сократился в половину. Кроме того, последние были значительно счастливее, а их состояние здоровья — лучше по сравнению с теми, кто не делал упражнения Уолтона.

За последние три года они реже обращались к врачу. Уолтон признается, что со стороны такое простое упражнение может показаться банальным, но для студентов, беспокоящихся, впишутся ли они в коллектив, неоценимо знание, что эти проблемы общие и проходящие.

Коэн и Уолтон сейчас распространяют свои дешевые и простые методы из отдельных школ на государственный уровень. Они вместе с коллегами из Стэнфорда Кэрол Двек (Carol Dweck) и Дэйвом Паунеску (Dave Paunesku) создали образовательный проект *PERTS (Project for Education Research That Scales)*, который призвал им оперативно управлять своими программами через Интернет. Кроме того, это дает возможность объединять разные методики или сравнивать их, выясняя, какая эффективнее.

Психологи, изучающие угрозы подтверждения стереотипов, отмечают, что даже если все эти программы работают так, как ожидается, то это не спасет от социального неравенства. Например, Коэн проверял свою методику в школах с этнически смешанным составом, но неизвестно, будет ли это работать в школах, где учатся преимущественно этнические меньшинства. По словам Уолтона, существует множество причин разницы в успеваемости: неравенство средств, плохие школы, хуже обученные учителя. «Мало надежды, что социальные барьеры удастся разрушить. Но вдохновляет хотя бы то, что мы можем достигнуть успеха в жизни, невзирая на угрозу подтверждения стереотипа», — говорит Уолтон.

Свежие исследования этого явления не только дают реальную надежду на смягчение очень устойчивых проблем, но и опровергают некоторые распространенные убеждения. Помешав негативному стереотипу реализоваться, ученые продемонстрировали, что сами по себе стереотипы не обоснованы. Различия в успеваемости чернокожих и белых, мужчин и женщин обусловлены не способностями, а предрассудками, которые мы в силах исправить. Аронсон говорит, что сейчас удастся сделать то, что еще 15 лет назад считалось невозможным, и то, что это получается, — очень хороший знак. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Recursive Processes in Self-Affirmation: Intervening to Close the Minority Achievement Gap. Geoffrey L. Cohen et al. in *Science*, Vol. 324, pages 400–403; April 17, 2009.

■ A Brief Social-Belonging Intervention Improves Academic and Health Outcomes of Minority Students. Gregory M. Walton and Geoffrey L. Cohen in *Science*, Vol. 331, pages 1447–1451; March 18, 2011.



ОКТАБРЬ 1963

Урбанизация и зулусы. Исследование артериального давления у зулусов ЮАР, проведенное Норманом Скотчем (Norman A. Scotch) из Школы здравоохранения Гарвардского университета, показало, что у зулусов, живущих

в городах, гипертония встречается значительно чаще, чем у жителей сельских «резерваций». Сначала Скотч приписал это большей интенсивности жизни и разнообразию стрессовых моментов в городе, где предвидимые стрессы, обусловленные напряженностью городского существования и разрушением племенных устоев, усугубляются влиянием апартеида — проводимой в ЮАР политикой строгого разделения рас. Однако в целом, полагает Скотч, урбанизация сама по себе может и не быть столь вредоносной: «Это вопрос не самого изменения, а того, к лучшему или к худшему оно ведет». Наиболее склонны к гипертонии те, кто придерживается традиционных культурных обычаев и поэтому неспособен успешно адаптироваться к требованиям городской жизни.



ОКТАБРЬ 1913

Рождение бензоколонки. В свете очевидных достоинств торговых автоматов мичиганская компания вывела на рынок автомат для заправки автомобилей бензином. Водителю достаточно вложить в приемную щель

автомата 50-центовую монету, вставить шланг в горловину бензобака своей машины и повернуть рукоятку. Автомат продает за день 200 галлонов (757 л) бензина. Он не только не требует никакого обслуживания, кроме заливки бензина в резервуар, но и работает круглосуточно, так что любому водителю, который знает, где стоит этот автомат, не нужно будить среди ночи сторожа при гараже.

Альбом фотоснимков автомобилей 1913 г. см по адресу: www.ScientificAmerican.com/oct2013/motor-vehicles

Успехи авиации. На аэродроме Шампани прошел Реймский слет авиаторов, организованный Французским аэроклубом. В соревнованиях участвовали семь машин: бипланы *Bréguet*, *Caudron*, *Goupey* и монопланы *Deperdussin*, *Morane-Saulnier*, *Nieuport* и *Ponnier*. Они

достаточно хорошо характеризуют современное состояние французской авиации. Победителем Международного авиационного кубка, известного также под названием Кубка Гордона Беннета, стал Морис Прево (Maurice Prévost), преодолевший дистанцию в 200 км со скоростью 200,803 км/ч на самолете *Deperdussin* с фюзеляжем-монококом и двигателем *Gnome* мощностью 160 л.с. (на илл.).



ОКТАБРЬ 1863

Новый металл. Недавний съезд Химического общества Юнион-колледжа опубликовал следующее сообщение о новом металле: «Со времени изобретения немецким химиком Робертом Вильгельмом Бунзеном спектроскопа

в 1860 г. с помощью этого прибора было открыто несколько новых химических элементов. Летом 1863 г. во многих продуктах Фрайбергского металлургического завода (Саксония) были обнаружены небольшие количества таллия. Фердинанд Райх (Ferdinand Reich) и Теодор Рихтер (Theodore Richter) исследовали в заводской лаборатории образцы некоторых руд, чтобы определить источник этого таллия. Перед спектральным анализом на таллий эти образцы были подготовлены и обследованы. Линии таллия в их спектрах не нашли, зато была обнаружена совершенно новая линия в синеволетовой части спектра, не принадлежащая ни одному из известных элементов. Райх и Рихтер приписали ее новому элементу, который назвали индием».

Кедроискатели. Некоторые люди в штате Нью-Джерси зарабатывают добычей кедров, погребенных

в болотах много лет назад. Распилив их, они получают тонкие доски, которые, как говорят, отличаются исключительно высоким качеством. *New York Post* пишет: «Эти доски ценятся очень высоко. Один акр такой земли дает от \$500 до нескольких тысяч долларов. Характерная особенность подобных болот состоит в том, что слой отложений чисто растительного происхождения простирается на глубину местами более 60 м, и отложения постоянно накапливаются. Кедровые деревья лежат в них на всех глубинах вплоть до твердого грунта. Предполагается, что деревья были погребены 2 тыс. лет назад. Сохранность их превосходна».



САМОЛЕТ-РЕКОРДСМЕН: *Deperdussin* с двигателем *Gnome* мощностью 160 л.с. установил в 1913 г. рекорд скорости

ОБУЧЕНИЕ В КОМПЬЮТЕРНОМ ВЕКЕ



Высокие технологии за партой

Интеллектуальные технологии изменяют сами основы системы образования, делая доступными для беднейших жителей планеты лучшие в мире университетские курсы и создавая новые реалии студенческой жизни

Практически повсеместно, за редким исключением, занятия в современной школе проходят примерно так же, как два-три столетия назад. Ученики приходят на уроки, делают записи в тетрадях, а потом выполняют домашние задания. Учитель же излагает аудитории материал, а потом периодически устраивает контрольные работы или дает ученикам тесты. Получив те или иные отметки, школяры переходят к следующей теме. Многие и раньше, и сейчас предпочитают посещать школы (а иногда и высшие учебные заведения), находящиеся поблизости от дома, независимо от качества предоставляемого образования — особенно это касается студентов, не слишком заинтересованных в занятиях.

Но привычный уклад начинает — пусть и медленно — меняться. В небольшом, но постоянно растущем числе школ ученики смотрят мультимедийные онлайн-лекции и в класс приходят уже готовые к тому, чтобы с азартом взяться за выполнение заданий, часто в сотрудничестве с преподавателями или со своими сверстниками. С другой стороны, компьютерные программы позволяют ученикам работать над заданиями в удобном для них темпе — независимо от того, с какой скоростью делают то же самое их соседи по парте. Со своей стороны, преподаватели готовы полагаться на компьютерные программы при оценке тестов и письменных работ, и это помогает им контролировать одновременно большее число учеников. Да и выбор учебного заведения по принципу «чем ближе, тем лучше» становится неактуальным, когда в Интернете имеется большой выбор высококлассных образовательных курсов, предоставляемых бесплатно некоммерческими организациями и недавно созданными компаниями, нуждающимися в привлечении клиентов.

Что движет этими революционными изменениями, ориентированными на высокие технологии? Не в послед-



! ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Системы обработки данных и цифровое видео, равно как и другие интеллектуальные технологии, все чаще становятся неотъемлемой частью школьного и высшего образования.
- Массовые открытые онлайн-курсы (МООК) доставляют бесплатные университетские программы обучения в самые отдаленные уголки планеты.
- Самонастраивающиеся программы обучения способны следить за успеваемостью студента, менять содержание сообразно индивидуальным способностям учащихся и предсказывать их успехи.
- Однако критики предупреждают, что в поддержку наиболее выдающихся преподавателей мы должны вкладывать не меньше средств, чем в развитие технологий.

СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ: ОБРАЗОВАНИЕ

нюю очередь то, что современные школы и университеты испытывают серьезное давление извне — сильнее, чем когда-либо прежде. Все больше и больше студентов стремятся к высокому уровню образования, в то время как стесненные бюджетными ограничениями школы и университеты не могут позволить себе нанять преподавателей необходимой квалификации. В то же время правительственные и образовательные учреждения — под влиянием работодателей в сфере бизнеса — постоянно повышают стандарты знаний, которые учащиеся должны демонстрировать на каждом этапе обучения.

Многие видят выход из этой ситуации в развитии обучающих технологий. Однако скептики полагают, что компьютер едва ли позволит исправить то, что ученик недополучил от преподавателя, и, сверх того, злоупотребление онлайн-методами грозит вмешательством в личную жизнь учащихся.

В специальном репортаже мы даем обзор последних событий наступающей эры компьютерного обучения и пытаемся разобраться в том, что эти события означают для учеников и их родителей, для преподавателей, для общества в целом. ■



НАПЕРЕКОР СУДЬБЕ: онлайн-курсы, дополненные работой с преподавателями на местах, помогают жителям Руанды чаще поступить в колледж

Джеффри Бартолет

Гордость и надежда

Взгляд изнутри на дерзкий глобальный эксперимент: как, используя бесплатные и общедоступные образовательные курсы, организовать высококлассное обучение в тех уголках планеты, где нужда в этом особенно велика



Туджиза Увитузе (Tujiza Uwituze), девушка из Руанды, старалась учиться изо всех сил и заняла одно из первых мест по успеваемости в старших классах своей национальной школы, однако по международным стандартам ее образование оставляло желать много лучшего. Да, у нее были учителя, которые научили ее запоминать и записывать информацию, но в местной школе не было ни одного компьютера, на котором она могла бы потренироваться. В результате ее компьютерные навыки — на самом низком уровне, да и английским языком девушка владеет слабо. Живет Туджиза со своим двоюродным дедом в столице Руанды Кигали, и все ее сбережения составляют \$75. Несмотря на самые похвальные старания и на огромное желание добиться успеха, мечты ее остаются недостижимыми — вернее, остались бы таковыми, если бы не один инновационный проект, который, возможно, коренным образом изменит ее жизнь.

Этот экспериментальный проект носит имя *Kepler* и проводится в жизнь маленькой некоммерческой организацией, называющейся *Generation Rwanda*. Его цель — использовать систему массовых открытых онлайн-курсов (МООК), чтобы дать возможность нынешней руандской молодежи (поколению, родившемуся во времена геноцида 1994 г.) получить образование, соответствующее верхнему уровню мировых стандартов. Его первый, так сказать, «предпилотный» этап начался с курса, названного «Глобальные проблемы и критическое мышление», в качестве специального онлайн-предложения от Эдинбургского университета в Шотландии. Чуть больше десяти студентов смотрели видеолекции, загружаемые с сервера МООК, а также посещали семинары и подготовительные курсы в одной из школ Кигали с участием специально нанятого преподавателя — такая форма занятий называется теперь комбинированным обучением.

В 1994 г., когда Туджиза Увитузе была еще совсем ребенком, повстанцы племени хуту истребили 800 тыс.

СПЕЦИАЛЬНЫЙ РЕПОРТАЖ О КОМПЬЮТЕРНОМ ОБУЧЕНИИ, СДЕЛАННЫЙ ЖУРНАЛАМИ SCIENTIFIC AMERICAN И NATURE, СМ. ПО АДРЕСУ: SCIENTIFICAMERICAN.COM/DIGITAL-EDUCATION



УДАЛЕННЫЙ ДОСТУП: Туджиза Увитузе, сфотографированная со своей матерью в Кигали, надеется получить диплом по банковскому делу, обучаясь в основном на онлайн-курсах

человек из народа тутси и из числа тех своих соплеменников, кто сочувствовал тутси. Для таких, как Увитузе, возможность учиться на этом курсе стала обстоятельством совершенно экстраординарным. Ведь ее семья бежала от геноцида сначала в Бурунди, потом в Танзанию, затем в Кению («Мы потеряли свои дома, деньги — у нас не осталось ничего», — рассказывает девушка), поэтому после стольких лет, проведенных в изгнании, возможность получить образование стала для нее всем. В возрасте 14 лет она возвратилась в Руанду и в ноябре следующего года окончила старшую школу. Обучение в государственных университетах Руанды стоит \$1,5 тыс. в год, при том что уровень образования значительно ниже международных стандартов, — но даже этого семья Увитузе не может себе позволить. Мать Туджизы осталась без работы, а в семье — еще трое детей, которым девушке приходится помогать. Когда ей отказали в организации, помогающей наиболее усердным руандским студентам получить образование в США, представитель программы *Kepler* предложил Туджизе поучаствовать в проекте. Она стала одной из 15 студентов, пригла-

ОБ АВТОРЕ

Джеффри Бартолет (Jeffrey Bartholet) — старейший зарубежный корреспондент газеты *Newsweek*, в прошлом руководитель ее бюро в Вашингтоне.

шенных прослушать предпилотный курс, созданный для первичного тестирования возможностей МООК как формы обучения в условиях Руанды. Затем она подала документы на следующий, расширенный курс, которому предстоит осенью 2013 г. стать полноценным членом МООК-платформы.

Программа *Kepler* получила 2696 заявлений всего на 50 мест в этом осеннем курсе. На экзамены в прошедшем апреле были приглашены 600 человек; из них 200 (в их числе Туджиза) пробились на последний отборочный тур. Эти 200 абитуриентов прошли личное собеседование и приняли участие в групповой работе, за которой внимательно следили преподаватели проекта. Это позволило выявить у будущих участников такие особенности характера, как способности к руководству, умение работать в группе и решать проблемы. Главной задачей было набрать класс из студентов с самыми различными индивидуальными особенностями — коммуникабельных и стеснительных, смешливых и серьезных, творческих и дотошных. Ставки в этом конкурсе были очень высоки. Жан Эм Мутабази (Jean Aime Mutabazi) не прошел первого отборочного тура и теперь чувствует себя брошенным на произвол судьбы. Почти всех мужчин в его семье, в том числе его отца, убили во время геноцида. Он живет со своей матерью, у которой повреждена нога, так что она вынуждена зарабатывать себе на жизнь, продавая уголь. «Можете себе представить,



ЖИВОЕ ОБЩЕНИЕ: преподавательница Кристин Ярнз дополняет онлайн-курсы очной работой со студентами

35%

Доля учителей дошкольного образования, имеющих доступ к планшетному компьютеру или электронной книге в классе

Всем и каждому

Как тысячи студентов, обучающихся онлайн, могут получить то, что обычно дает лишь очное обучение

Питер Норвиг

Преподавателям давно известно, что студенты учатся гораздо лучше, когда они занимаются один на один с хорошим преподавателем и работают над предметом, пока не освоят его в совершенстве, а не просто до ближайшего экзамена. Успех к тому же требует мотивации — личной или же идущей от родителей, педагогов или сверстников.

Неужели массовые открытые онлайн-курсы полностью противоречат всем этим составляющим успеха? Ничего подобного. На самом деле компьютерные технологии предлагают нам лучший путь к выгодному и персонализированному образованию.

Я знаю это, потому что сам пробовал и так, и эдак. В течение многих лет мы с Себастьяном Траном (Sebastian Thrun) проводили занятия, посвященные вопросам искусственного интеллекта, в Стэнфордском университете и других местах. Мы читали лекции, задавали домашнее задание и принимали у студентов стандартные экзамены в одно и то же время. В каждом семестре лишь 5–10% студентов участвовали в углубленном обсуждении предмета в аудитории, остальные были куда пассивнее. И мы чувствовали, что требуется найти эффективный способ преподавания.

И вот осенью 2011 г. мы попробовали нечто новое. В дополнение к традиционному личному курсу мы создали бесплатный

онлайн-курс, открытый для каждого. С первой попытки нам удалось привлечь столько народу, что из них можно было бы составить город: 23 тыс. человек записались на курс и 23 тыс. его окончили.

Вдохновленные замечанием нобелевского лауреата Герберта Симона (Herbert Simon), что «обучение проистекает из того, о чем студент размышляет и что он делает, и только из того, о чем студент размышляет и что он делает», мы создали курс, нацеленный на самостоятельную работу студентов и обратную связь, которую они регулярно получают.

Наши «лекции» представляли собой очень короткие (от двух до шести минут) видеофрагменты, предназначенные для того, чтобы подготовить слушателей к выполнению очередного упражнения. Некоторые из них требовали применения определенных математических методов, которые и излагались в предшествующих заданию видеофрагментах. Другие задания не имели готового ответа и давали студентам возможность свободно порасуждать самим, чтобы потом разобрать по косточкам свои ответы на онлайн-форумах.

Наша схема помогла сделать обучение активным, а не пассивным, повысила заинтересованность учащихся и создала массу положительных моментов, напрямую связанных с проблемами преподавания. Во-первых, как показано в исследовании, опубликованном в 2013 г. Карлом Шпунаром (Karl K. Szpunar), Новаллом Ханом (Novall Y. Khan) и Дэниелом Шактером (Daniel L. Schacter) в *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, регулярный обмен мнениями помогает человеку концентрироваться на конкретной теме и не позволяет вниманию рассеиваться. Во-вторых, как описано Уильямом Вудом (William B. Wood) и Кимберли Таннер (Kimberly D. Tanner) в статье, появившейся в 2012 г. в журнале *Life Sciences Education*, обучаемость улучшается, когда студенты работают над созданием собственных гипотез, а не пассивно выслушивают чужие. Вот почему правильно выстроенная система обучения, основанная на машинном интеллекте, способна стимулировать обучение ничуть не хуже, чем это делает преподаватель лично; то же самое обнаружил и Курт ван Лен (Kurt van Lehn) в своем метаанализе, опубликованном в 2011 г. в журнале *Educational Psychologist*.

Последним ключевым моментом было то, что наш курс очень быстро поддавался исправлениям и переделке. Мы проанализировали различные ситуации, в которых тысячи наших студентов успешно справлялись с заданиями или, наоборот, регулярно ошибались, и определили таким образом, где именно курс требует более точной «настройки». Что еще удачнее, мы смогли отслеживать необходимую информацию буквально лекция за лекцией. Данные по нашему курсу анализировали и люди-преподаватели, однако системы, основанные на искусственном разуме, тоже могли осуществлять эту функцию и затем выдавать рекомендации о том, что следует делать тому или иному студенту, чтобы исправить ошибку, — точно так же, как современные интернет-магазины могут подсказать вам, какие книга или фильм понравятся вам с наибольшей вероятностью.

Онлайн-курсы — это просто еще один метод обучения, как и учебник тоже всего лишь метод. По-настоящему имеет значение лишь то, как именно студент и преподаватель будут использовать любой из них.

Питер Норвиг (Peter Norvig) — руководитель исследовательской группы компании Google, член и советник Ассоциации содействия развитию искусственного интеллекта (AAAI), а также соавтор вместе со Стюартом Расселом (Stuart Russell) книги 2010 г. «Искусственный интеллект: современный подход» (*Artificial Intelligence: A Modern Approach*).



каково это — быть один на один с кучей проблем, безо всякой помощи извне? — спрашивает Мутабази. — Образование — как волшебство, оно может открыть любую дверь в этом мире. Когда у тебя есть образование, ты хозяин своей жизни».

Туджиза Увитузе оказалась удачливее: она прошла через все этапы отбора. Вообще-то девушка хотела стать пилотом гражданской авиации, но теперь понимает, что это неосуществимо, поэтому более вероятной карьерой считает для себя банковское дело. Благодаря программе *Kepler* для нее стало возможным обучиться финансам и бизнесу. «Образование — это мой единственный путь к выживанию, — повторяет она мысль Мутабази, — и единственный способ помочь моим сестрам, которые так зависят от меня».

Все студенты, принятые на осенние курсы программы *Kepler*, будут бесплатно изучать онлайн-курсы ведущих университетов мира при поддержке и попечительстве американских преподавателей из Кигали — и даже получать стипендию для покрытия своих жизненных нужд. Жами Ходари (Jamie Hodari), исполнительный директор организации «Поколение Руанды», прикидывает, что после стартовых затрат около \$100 тыс. на оформление и валидизацию проекта ежегодные издержки на обучение одного студента составят примерно \$2 тыс. Он надеется со временем снизить их до \$1 тыс. в год. Для начала обучение всех студентов будет вестись только в одном направлении — они будут получать степень кандидата в бакалавры гуманитарных наук с уклоном в бизнес. Диплом будет выдаваться Южным Нью-Гэмпширским университетом, где существует новаторская методика тестирования: степень присваивается в соответствии с реально доказанной компетентностью выпускника, а не по числу академических часов, проведенных на занятиях. После окончания программы колледжа на второй год обучения проект *Kepler* планирует предложить дипломы бакалавра в областях управления бизнесом, компьютерных наук и, возможно, инженерии — все это от различных высших учебных заведений.

Туджиза Увитузе задается целым рядом вопросов относительно предстоящего ей онлайн-обучения, включая такие проблемы, как возможная неудача всего проекта или же недоверие к ее сертификатам со стороны тех или иных работодателей. Но она совершенно уверена, что в рамках программы *Kepler* она сможет учиться более эффективно по сравнению с традиционными руандскими университетами. «Здесь большинство студентов — очень бедные, — говорит она. — И если тебе выпал такой шанс, то чего еще выбирать?»

Где бесплатные онлайн-курсы необходимы более всего?

Дать возможность пройти лучшие в мире образовательные курсы людям, живущим в самых бедных странах, — вот главная надежда (а кто-то скажет — и главная гордость) проектов, связанных с МООК. Лидеры этого движения, например бизнес-компания *Udacity* и *Coursera*, соучредителями которых выступают профессора Стэн-



БОЛЬШИЕ НАДЕЖДЫ: трое участников «предпилотного» курса проекта *Kepler* (сверху вниз): Эммануэль Нгога (Emmanuel Ngoga), Субирус Умтони (Soubirous Umtoni) и Паскаль Увихореё (Pascal Uwihoreye)

фордского университета, а также некоммерческая организация *edX*, соуправляемая Гарвардским университетом и Массачусетским технологическим институтом, откровенно заявляют о своих намерениях разрушить классовые и географические барьеры в области высшего и среднего специального образования. Одна из соучредителей компании *Coursera* Дафне Коллер (Daphne Koller) изложила свои «планы преобразования мира» на лекции, которая была организована в июне 2012 г. в рамках *TED*-конференции (сокращение от *Technology, Entertainment, Design* — «технологии, развлечения, дизайн», система онлайн-трансляции идей и взглядов под эгидой

некоммерческой организации *Sapling Foundation*. — *Примеч. пер.*) и набрала более миллиона просмотров. МООК « вполне способны сделать образование одним из фундаментальных человеческих прав, чтобы в любой точке мира всякий человек, наделенный способностями и стремлением, мог бы получить необходимые знания и умения, чтобы сделать жизнь лучше для себя, своей семьи и всего общества, — так говорила Коллер, обращаясь к своим слушателям-энтузиастам. — Может быть, новый Альберт Эйнштейн или Стив Джобс живет сейчас где-то в отдаленной африканской деревушке, и если бы мы смогли дать им образование, они явили бы миру новые глобальные идеи и сделали бы его лучше для всех нас».

Кому бы пришло в голову спорить с подобными мыслями? Тем не менее люди, практически занятые в сфере дистанционного и онлайн-обучения, могут возражать по поводу МООК так таковых: они считают, что адепты этой платформы переоценивают и ее возможности, и свой собственный вклад в образование. Они указывают, что онлайн-обучение началось задолго до того, как появились МООК, и что МООК не используют

лучшие и самые современные методы преподавания. Они также напоминают, что в большинстве развивающихся стран Интернет труднодоступен и что МООК требуют таких навыков и уровня мотивации, какими обладают только самые выдающиеся из местных студентов. «Нам необходимо найти решение, которое действительно соответствует реалиям третьего мира, — говорит Тони Бейтс (Tony Bates), канадский консультант, специализирующийся на онлайн-обучении. — Да, обучающие материалы станут в будущем, конечно, бесплатными, но то, что действительно требуется студенту, — это служба поддержки, которая пока возможна только при обучении вживую. Что изучать, где находить информацию, как научиться мыслить критически, как порождать собственные идеи в том, чем ты занимаешься, умение дискутировать и рассуждать на высоком полемическом уровне — все это должно поддерживаться и развиваться путем личного контакта с преподавателями».

И вот здесь проект *Kepler* ближе всего подходит к обрисованному Бейтсом идеалу, сочетая в себе бесплатные лекции от лучших в мире профессоров с работой не столь

Нельзя больше учиться строем

Развитие технологий может сделать обучение более личностно ориентированным

Салман Хан

Всякий раз, когда люди пытаются вообразить себе нечто виртуальное, они противопоставляют это наиболее близкому физическому аналогу. Так, веб-сайт *Amazon* можно сравнить с книжным магазином, а «Википедию» — с бумажным многотомником. Большинство из нас предполагают, что виртуальная вещь замещает физическую чем-то более дешевым, быстрым и эффективным. Однако в образовании виртуальность создает размежевание иного характера. У нас нет цели чем-то заменить физически существующую классную комнату. Вместо этого мы можем объединить виртуальное и физическое и создать совершенно иной тип образования.

Современные студенты, как правило, сидят в аудитории и записывают, а преподаватель, соответственно, читает лекцию. Несмотря на то что число участников подобных занятий велико или даже очень велико (примерно от 20 до 300 человек), межличностные взаимодействия сведены к минимуму. Нередко экзамен — вообще первая для профессора возможность получить реальную информацию о том, как студент усвоил материал. Но даже если тесты вдруг выявят пробелы в образовании студентов, занятия все равно двинутся дальше по расписанию — ко все более сложным темам.

Виртуальные методы дают нам возможность переосмыслить описанную ситуацию. Если лекция доступна для просмотра онлайн, то аудиторное время можно использовать для обсуждения материала, концентрированного обучения или исследования, возглавляемого профессором. Если лекция происходит вне класса, а упражнения и тесты выполняются в любое подходящее время и адаптированы под конкретного ученика, то нет необходимости больше следовать «заводской» или «армейской» модели, которую образование унаследовало из прусских традиций XIX в., когда студенты должны были собираться вместе в строго определенном моменту времени. Вместо этого студенты могут изучать материал с удобной для них скоростью или же продолжать проверку своих знаний после формального завершения занятий — без всяких ограничений по времени.

Через 10–20 лет комбинированное обучение позволит нам также разделить получение знаний и тестирование, тогда как сейчас то и другое делается в рамках одного и того же учебного заведения. Подобный подход позволит любому доказать, что он или она действительно освоили какую-то профессию на высоком уровне, и не важно, каким именно путем: на работе, в реально существующей школе, на онлайн-курсах, или же — вероятнее всего — везде понемногу.

Возможно, самое мощное влияние этот подход окажет на качество лекций и других дидактических материалов в целом. Лекторы и издатели учебников, работающие в традиционном ключе, часто не имеют (или имеют очень мало) информации о том, как их материалы используются и насколько они эффективны. Объединяя богатый опыт личного преподавания и компьютерные технологии, разработчики курсов и профессора могут наконец получить точные и актуальные данные о результативности своего контента и совершенствовать его на их основании.

В этой новой реальности, созданной комбинированным обучением, роль профессора поднимается на совершенно иную высоту. Вместо того чтобы тратить массу времени на чтение лекций, прием экзаменов и выставление оценок, он может погрузиться в общение со своими студентами. Не заставлять студентов сидеть и слушать, а наставлять их и тренировать в них умение контролировать свое собственное обучение — едва ли не самое важное умение из всех. Безусловно, для усердного студента, пусть даже из самой бедной страны в мире (если удастся преодолеть проблемы с доступностью информации), виртуальные методы обучения могут оказаться настоящим спасением. В развитых же странах необходимо как можно шире использовать виртуальные инструменты, чтобы сделать традиционные занятия менее пассивными и, пожалуй, более человечными.

Салман Хан (Salman Khan) — основатель Академии Хана, некоммерческой организации, занимающейся онлайн-образованием и базирующейся в Маунтин-Вью, штат Калифорния.



высоко оплачиваемых преподавателей, которые могут оказать личную поддержку и подтолкнуть студента в правильном направлении. Эта модель особенно хорошо подходит таким странам, как Руанда, где лишь ничтожная доля населения имеет диплом колледжа, зато число молодых выпускников старшей школы высоко как никогда.

«Вы можете построить здесь полсотни университетов, но не удовлетворить растущую потребность в колледжах, — говорит Ходари. — Но здесь есть люди, которые не могут пойти в колледж, хотя им место скорее, используя для сравнения американские реалии, в Принстонском университете».

В США горячие дискуссии по поводу МООК в основном концентрируются вокруг опроса о сдерживании или снижении заоблачных цен на дипломы колледжей. В своей лекции Коллер замечает, например, что с 1985 г. в США цены на образование в колледже выросли вдвое больше, чем цены на медицинское страхование, и поэтому предлагает МООК в качестве решения. Однако в развивающемся мире гораздо острее стоит проблема качества, а не цен. Образовательные ресурсы и квалификация преподавателей во многих странах находятся на весьма низком уровне, а дипломы местных колледжей часто ровно ничего не значат для работодателей, соперничающих за кадры во всем мире. Руандийцы, окончившие компьютерные курсы, часто имеют очень мало реального опыта в работе с компьютерами. «Это все равно, что иметь диплом по плаванию, обучаясь этому по книжкам и ни разу не нырнув в бассейн», — говорит Мишель Бэзи (Michel Bézu), исполняющий обязанности директора в небольшой очной дипломной программе при Университете Карнеги — Меллон в Кигали.

Все сказанное справедливо не только для крошечных государств вроде Руанды, но и для таких развивающихся гигантов, как Индия. Лучшие индийские университеты могут выпускать превосходных специалистов, но качество там падает катастрофически. Среди выпускников и студентов инженерных институтов Индии есть много отличных специалистов. И все же в среднем из 600–800 тыс. инженеров, выходящих из стен индийских университетов каждый год, «лишь 10% получают действительно качественное образование», — считает Ашок Джунджунвала (Ashok Jhunjhunwala), профессор в области электронной инженерии, известный в Индии как один из самых высококлассных преподавателей.

Обнаружению пробелов в образовании уже давно помогает тестирование, и оно показывает, что «знания только 7% инженеров-компьютерщиков соответствуют уровню индустриальных стандартов в области базового программирования», — утверждает Варун Аггарвал (Varun Aggarwal), соучредитель и начальник службы контроля в компании *Aspiring Minds*, которая занимается независимым тестированием выпускников высших учебных заведений. Один из стандартизированных тестов на пригодность к работе в 2012 г. показал, что устрашающее число выпускников — 42% — не умеют перемножать и делить десятичные дроби. Более четверти бывших студентов не знают английский язык даже на

уровне, позволяющем прочесть учебник по курсу инженерии. «Все это несколько печально, но именно так и обстоит дело, — говорит с сожалением Аггарвал. — Мы выпускаем множество специалистов, но уровень их не соответствует количеству».

Частично это объясняется низкой квалификацией преподавателей. «Им мало платят, и преподавательская карьера не выглядит для них сколько-нибудь перспективной, — поясняет Аггарвал. — Фактически в преподаватели идут те инженеры, которые не могут найти работу на производстве». Другая проблема связана со слабой подготовкой учащихся: многие при поступлении в колледж или университет недостаточно хорошо владеют английским языком, на котором преподают в высших учебных заведениях страны.

Если все оставить как есть, то ситуация, скорее всего, будет только ухудшаться. Вообще-то Индия имеет одну из самых крупных систем высшего образования на планете, в составе которой 600 с лишним университетов и более 33 тыс. колледжей, а число обучающихся там студентов превосходит 20 млн. Однако процент выпуск-

У Индии есть шанс

Онлайн-курсы могут исправить недостатки факультетских занятий и улучшить образование в целом

Паван Аггарвал

Цифровые технологии создают серьезные перспективы для коренного улучшения высшего образования в Индии. Новая модель, выстроенная вокруг массовых открытых онлайн-курсов, развивающихся локально и сочетающихся с курсами, предоставляемыми ведущими зарубежными университетами, может, вероятно, развернуть высшее образование в стране до беспрецедентных масштабов и поднять его качество на доселе невиданный уровень.

Число студентов, принимаемых ежегодно в индийские университеты, огромно, и тем не менее оно продолжает постоянно расти. В 2010 г. оно превысило соответствующий показатель в США и уступало в том году лишь числу вновь принятых на учебу студентов в Китае. Ежедневно (!) в Индии в тот или иной университет зачисляется 5 тыс. студентов и открывается десять новых учебных заведений. Составляя примерно 3% национального валового дохода, общие затраты на высшее образование в Индии — одни из самых высоких в мире. Однако как пересчитать одного студента эти показатели оказываются среди самых низких на планете. В то время как расширение системы высшего образования открывает двери все большему числу студентов, оно же провоцирует еще большее снижение затрат на одного обучаемого, что усугубляет и без того тяжелое материальное положение на факультетах. В результате этого качество образования резко упало.

У Индии нет иного выхода, кроме как расширять доступ к высшему образованию, при этом сохраняя высокое качество и снижая расходы. Такая непростая ситуация не уникальна только для Индии, но, принимая во внимание огромные размеры страны и ее положение, приходится признать, что проблемы в государстве выглядят просто устрашающими. Вот здесь и могут оказать помощь цифровые технологии, в особенности широкое применение МООК.

Индия уже имеет экспериментальный опыт с онлайн-классами, но пока что их влияние лишь краем коснулось всей образователь-

ников школ, стремящихся получить высшее образование, в Индии явно ниже, чем в других странах. Общая доля школьников, продолжающих далее свое обучение, составляет в Индии 17,9%, в то время как в Китае она равна примерно 26,8%, а в США — 94,8%. «Чтобы достичь уровня 50%, нам необходимо, чтобы еще более 30 млн студентов, фактически 40 млн, нашли свое место в индийской системе высшего образования, — говорит Ананд Сударшан (Anand Sudarshan), бывший главный исполнительный директор компании *Manipal Global Education*, которая управляет шестью университетами и более чем 40 различными институтами. — Этого точно не произойдет, пока все идет по-старому. Развитие технологий обучения — фактически единственный для Индии выход, дающий ей надежду догнать другие страны в области высшего образования как по количественным, так и по качественным показателям».

Дар богов

Итак, станет ли MOOK решением проблемы высшего образования где-либо в мире, будь то Индия или иная

ной системы. Десять лет назад в стране началось использование Интернета для распространения видеокурсов и веб-курсов в рамках государственной Национальной программы по улучшению технологий обучения. Было создано более 900 курсов, в основном нацеленных на естественные науки и инженерии, причем каждый содержал примерно по 40 академических часов. Но их ограниченная интерактивность и неровное качество не позволили привлечь к ним внимание действительно большого числа студентов.

MOOK дали индийским преподавателям лучшее понимание того, как следует перестроить лекции, чтобы они превратились в последовательность коротких и внутренне завершенных разделов, содержащих материалы, которые стимулируют обмен мнениями и делают курсы более привлекательными для студентов. В Индийском технологическом институте, широко признанном как одно из лучших инженерных учебных заведений в мире, планируют предложить сотням тысяч студентов три базовых курса по интеллектуальным технологиям, созданных на основе MOOK: «Структурирование данных», «Программирование» и «Алгоритмы». За окончание этих курсов студентам будут присуждать стандартные баллы, засчитываемые при выдаче дипломов.

Положение облегчается тем, что в Индии сейчас множество молодых людей, которые уверенно чувствуют себя среди технологических новинок. Индийские студенты — одни из самых ненасытных потребителей MOOK. Из 2,9 млн пользователей, зарегистрированных в марте на сайте компании *Coursera*, более 250 тыс. человек были из Индии, уступающей по этому показателю лишь США.

Вопрос о том, какова наиболее правильная модель использования MOOK в индийском контексте, пока нельзя считать полностью решенным. Но после целого десятилетия экспериментов в этой области и при существующей ныне в стране жизнедеятельной технологической системе мы, несомненно, очень быстро найдем свой путь в мире онлайн-обучения.

Паван Агарвал (Pawan Agarwal) — консультант по высшему образованию в Комиссии по планированию при правительстве Индии. В данной статье он излагает свои личные взгляды на проблемы образования в стране.



66%

Доля президентов американских колледжей, которые считают, что технологии адаптируемого обучения и тестирования имеют многообещающие перспективы

страна? Что ж, для горстки исключительно одаренных и усердных студентов это просто как дар богов. «Есть много студентов, занимающийся на наших курсах по индивидуальным программам, и мы получаем немало писем и других сообщений о том, что онлайн-курсы дают людям буквально новую жизнь, — рассказывает Дафне Коллер из компании *Coursera*. — И есть большое число молодежи из развивающихся стран, кто просто не смог бы получить хорошее образование иным образом. Этими достижениями невозможно пренебрегать».

Рассмотрим случай Амола Бхаве (Amol Bhawe), 17-летнего юноши из индийского города Джабалпура. Ему было всего 16, когда он начал слушать открытый онлайн-курс «Электроника и электросхемы», организованный Массачусетским технологическим институтом. Уже в детстве Бхаве стал интересоваться книгами по инженерии, стоявшими в библиотеке его отца. Он самостоятельно изучил язык *BASIC* и получил сертификат корпорации *Microsoft* по программированию, еще будучи старшеклассником и одновременно занимаясь при этом электроникой в качестве хобби. Он успешно сдал упомянутый курс по электросхемам, но когда компания *edX* не смогла выступить со следующим, более продвинутым онлайн-курсом по сигнальным системам, Бхаве почувствовал разочарование. Поэтому он предложил двум студентам, с которыми познакомился в интернет-форумах, объединиться с ним в команду и создать свою собственную MOOK-версию этого курса, основываясь на адаптированных для видео лекциях МТИ и онлайн-тестах, добавив к ним созданные им лично интерактивные элементы. «Я сделал все это просто с нуля, включая программный код», — говорит Бхаве. Новый курс просмотрели примерно 1,1 тыс. студентов. Тогда Бхаве подал заявление о приеме в МТИ на очное обучение, в котором упомянул и о созданном им онлайн-курсе. И вот, рассказывает Бхаве, наступил решающий момент. «14 марта появились официальные списки студентов МТИ на следующий год. И что вы думаете? Я прошел! Моя семья, да и я сам — мы просто не могли поверить в это. Первый раз кто-то из нашего города поступил после школы в Массачусетский технологический!»

Это история, однако, несет двойную смысловую нагрузку. Ее можно понять так, что онлайн-курс, организованный МТИ, дал юноше из Центральной Индии фантастическую возможность продолжить образование. Но, с другой стороны, MOOK оказались неспособными полностью заменить традиционный университет, и главной надеждой для Бхаве оставалось поступить в МТИ на очное обучение. Причины его стремления сделать это

очевидны. Во-первых, для начинающих бывает трудно изучать точные науки (а именно этого желал Бхаве), не имея собственного лабораторного опыта. Во-вторых, и это, конечно, намного важнее, Бхаве не мог бы получить диплом МТИ, обучаясь лишь по Интернету, а без диплома нет и карьеры.

Впрочем, независимо от судьбы нашего талантливого юноши, подавляющее большинство жителей Индии вряд ли имеют достаточную мотивацию, чтобы пойти по стопам Бхаве, а если и имеют, то им может просто не хватить для этого знаний. В конце концов, семья Бхаве могла предоставить своему сыну компьютер и обеспечить доступ в Интернет; его отец сам был инженером и мог позволить себе дать Амолу образование в частной школе. Доступ к Интернету постепенно становится в Индии более широким, но все же недостаточно. В 2011 г. Интернетом здесь пользовались лишь 10% населения — ведь даже обеспечение электричеством представляет серьезную проблему для большей части страны, где доход на душу населения в среднем меньше \$1,5 тыс в год. Для сотен миллионов индийцев компьютер остается невообразимой роскошью.

Тем не менее компьютерные технологии распространяются все шире и дешевеют с каждым годом. Даже Руанда, маленькая страна в середине Африканского континента, имеет сеть оптоволоконных кабелей, и число их постоянно растет. Электронные устройства становятся все более доступными. С подачи Индии британская фирма *Datawind* недавно выпустила простейший андройд-планшет стоимостью всего \$40,11, а индийское правительство распределяет их среди студентов по цене, еще в половину меньшей. Это устройство, *Aakash 2*, не идет ни в какое сравнение с «топовыми» планшетниками, но за свою цену оно может произвести в Индии чуть ли не цифровую революцию. В этом году *Datawind* намерена поставить в страну миллион таких устройств. «Когда я взял в руки эту вещь, мне показалось, что она способна изменить мир, хотя мир об этом пока не догадывается», — рассказывает Эндрю Нг (Andrew Ng), еще один соучредитель компании *Coursera*.

МООК тоже не стоят на месте. Майкл Хорн (Michael Horn), один из основателей Института подрывных инноваций Клейтона Кристенсена — исследовательского центра, нацеленного на прорывы в области образования и здравоохранения, сравнивает современные онлайн-курсы с первыми кинофильмами. «Эти фильмы воспроизводили сценические постановки и поэтому часто выглядели нелепыми, — говорит он. — То же делают, в сущности, и сегодняшние МООК — они снимают лекции и затем сшивают их в единое видео». Отчасти именно поэтому лишь 10% тех, кто просматривает подобные курсы, обучаются на них до конца. Хорн, однако, считает, что МООК будут развиваться и становиться все более привлекательными. Ближайшая конечная цель — такие интерактивные курсы, которые будут не только обучать студентов, но и «учиться» у них таким образом, чтобы приспосабливаться и перекраиваться сообразно индивидуальным потребностям и способностям учащихся.

Все дело в эксперименте

Будущее университетского кампуса зависит от правильного сочетания цифровых технологий и традиционных занятий

Роберт Лью

Когда, уже более десяти лет тому назад, я начал преподавать свой первый онлайн-курс, на родной кафедре я выглядел белой вороной. Основное, что двигало мною тогда, — желание шире распространить информацию о биологии ВИЧ, что должно было стать частью программы по борьбе с непониманием и предрассудками, сложившимися вокруг СПИДа в общественном сознании. Мой курс состоял из серии лекций, отснятых вживую в кафедральной аудитории, и транслировался как один из разделов нашей расширенной образовательной программы.

Сегодня ситуация совершенно иная. В мае 2012 г. Гарвардский университет и Массачусетский технологический институт объявили о создании международного партнерства, названного *edX* и нацеленного на расширение доступа к высококачественному образованию с помощью онлайн-курсов и одновременно — на поиск новых форм преподавания и учебы в кампусах обоих наших университетов. Интерес факультетов к онлайн-обучению рос вместе с развитием здравого диалога о том, как повлияет на судьбу образования предоставление максимально широкого доступа к этим курсам в Интернете.

Онлайн-курсы — это не только распространение дидактических материалов с помощью Сети, они тесно связаны также и с развитием новых методов преподавания, основанных на этих материалах, — как в университетских кампусах, так и для онлайн-аудитории. Многие из моих коллег уже используют компьютерные материалы и методы, почерпнутые из онлайн-курсов, в стремлении преобразовать работу со студентами здесь, в Кеймбридже, штат Массачусетс. Например, каждое обучающее видео, созданное для курса Дэвида Мэлана (David J. Malan) по основам компьютерных наук, полностью пригодно для помощи студентам-младшекурсникам, изучающим аналогичный курс в кампусе.

Специальная компьютерная программа, разработанная Мэланом для мгновенной оценки качества их программного кода, равным образом полезна и для онлайн-студентов, и для студентов, обучающихся очно. Точно таким же образом Фрэнсис Кук (Francis Cook) и Марчелло Пагано (Marcello Pagano) из Гарвардской школы здравоохранения разработали новаторский онлайн-курс по статистическим методам в биологии и эпидемиологии, который они будут использовать этой осенью как основу для видеоизмененной аудиторной программы, где студенты изучают лекции и другие материалы онлайн, а в классы приходят только для обсуждения этих материалов с преподавателями и соучениками.

Быстрое развитие цифровых ресурсов, таких как видео, интерактивные мультимедийные программы и компьютерное тести-

Некоторые специалисты в области образования даже рисуют будущую картину разделения обучения и тестирования. Иными словами, студент, который смотрит онлайн-лекции, а потом проходит тестирование и получает высокоранговый диплом на основании реальных знаний и навыков, может оказаться более востребованным на рынке труда, нежели выпускник традиционного университета «из плоти и крови».

Речь здесь, конечно, идет пока о гипотетическом будущем. В настоящий момент студенты далеко не всегда видят ощутимую пользу от МООК, и в развивающем-

рование, заставляют нас пересматривать вопрос о том, что мы можем делать и что нам следует делать, когда мы занимаемся со студентами лично. Например, когда я разрабатываю онлайн-курс по клеточному метаболизму, я предполагаю, что сочетание анимации и подстраивающихся по скорости тестовых программ поможет студентам усвоить перипетию электронного транспорта лучше, чем соответствующий раздел моих традиционно построенных лекций. Я рассчитываю, что после перестройки структуры аудиторной работы так, чтобы она включала и чтение, и изучение онлайн-материалов, но общая нагрузка не менялась, у меня еще останется свободное время на то, чтобы обсудить и критически проанализировать в классе со своими студентами метаболические последствия экспериментального разобщения электронного транспорта. Иными словами, у меня будет больше времени на концепции, наиболее трудные для студентов. В этом плане видеоизмененные аудиторные занятия, очевидно, позволят студентам получать больше внимания со стороны преподавателей факультета, чем это было раньше, и качество занятий тоже улучшится.

За этими замечательными, но непростыми решениями стоят наша убежденность в том, что экспериментирование играет решающую роль в совершенствовании обучения, и понимание того, что мы пока не используем на традиционных занятиях весь тот огромный позитивный потенциал, который принесла с собой компьютерная революция.

Вот почему в системе *HarvardX* — широко распространившейся в Гарвардском университете новой инициативы по компьютерному преподаванию (которая включает и обучение на платформе *edX*) — любой курс содержит исследовательские компоненты. Мы изучаем то, как успеваемость студентов связана с последовательностью изложения материалов курса, с методами изложения материала (т.е. лекции в сравнении с видео), с использованием интерактивных тестов (или отказом от них) и с другими составляющими учебного процесса. Эти исследования, сопровождающие каждый онлайн-курс, постепенно формируют базис для улучшения педагогических методов и в Интернете, и в кампусе. Естественно, высшим учебным заведениям просто необходимо влиться в этот исследовательский процесс, раз уж мы задались целью разработать более новую и эффективную модель обучения, которая расширяет доступ к высококачественному образованию, при этом сохраняя и даже развивая методы «живого» обучения, на которых зиждется вся система научного исследования, преподавания и академического наследия.

Роберт Лью (Robert A. Lue) — руководитель факультета менеджмента им. Ричарда Меншеля Центра преподавания и обучения Дерекка Бока, руководитель факультета в проекте *HarvardX*, профессор кафедры молекулярной и клеточной биологии Гарвардского университета.



ся мире это особенно ясно чувствуется — ведь там, как нигде более, молодежи необходима уверенность в том, что выбранный ими способ обучения даст им работу и средства к жизни. Послушаем еще раз Варуна Аггарвала: «Студентам нужно ясно видеть преемственность между прослушанным курсом, полученным после него сертификатом и согласием работодателя признать этот сертификат. Все подобные курсы необходимо подстроить под то, чего ждет от выпускников индустрия. Если выстроится этот замечательный цикл взаимосвязей, тогда МООК смогут стать действительно крупным явлением».

Провайдеры онлайн-курсов стремятся, конечно, к тому, чтобы выдавать сертификаты, признаваемые колледжами и работодателями, но вся эта система находится пока на ранней стадии разработки. Часть проблемы состоит в том, чтобы предусмотреть надежные и эффективные меры безопасности против мошенничества. Очевидный, но дорогой путь — личное тестирование студентов в специальных центрах, другие же методы опираются на развитие технологии. Вот как описывает это Эндрю Нг: «У нас есть услуга под названием *Signature Track*. В начале занятий мы просим вас прислать нам фотографию с веб-камеры для удостоверения личности, а когда вы выполняете домашнее задание, мы просим вас снова сделать фотографию и предоставить образец того, как вы набираете на клавиатуре текст. Ритм, в котором вы печатаете, далее связывается с вашей личностью. Дело в том, что вам весьма трудно будет подражать, например, моей манере печатать, а мне — вашей». Этот способ идентификации называется клавиатурной биометрией, и он может быть использован для подтверждения того, что курс окончил именно тот человек, который записался на него.

Компания *Coursera* тоже работает сейчас с устройством, называемым *ProctorU*, которое отслеживает ход экзамена с помощью веб-камеры. Оно требует от студента предъявить камере один или несколько документов, удостоверяющих личность, и затем просканировать экзаменационное помещение с помощью той же камеры, чтобы убедиться, что в нем отсутствуют шпаргалки. Еще один возможный способ проверки — дать студенту заполнить подробную анкету с множеством персональных данных, которая потом сверяется с информацией, полученной из общедоступных баз данных. Специальный персонал надзирает за учащимися с помощью веб-камер, пока те выполняют экзаменационные работы. Этот процесс заметно сложнее при работе со студентами, живущими за границей, но ничего невыполнимого здесь нет.

Провайдеры МООК рассматривают выдачу сертификатов и как способ денежного обеспечения своих сервисов. Курсы, предоставляемые компанией *Coursera*, бесплатны для любого участника, но за сертификаты придется платить. На текущий момент, если студент принимает решение пойти на курс, обеспечиваемый системой *Signature Track* (такие курсы предоставляются Университетом Дьюка и осуществляются через платформу компании *Coursera*), ему или ей надо будет заплатить сбор, составляющий менее \$100. После выполнения учебной программы и сдачи экзаменов выпускники получают «подтвержденный сертификат» о прохождении курса с проставленным на нем логотипом Университета Дьюка. Для небольшого числа курсов компании *Coursera*, аккредитованных Американским советом по образованию, возможно получение рекомендаций от совета, которые признаются многими традиционными учебными заведениями. Их стоимость составляет \$100–190. Дополнительно *Coursera* предлагает финансовую помощь тем учащимся, которым не по карману даже подобные расходы.

Однако все эти и аналогичные им технические новшества остаются лишь сказкой в тех уголках Земли, где

даже чистая вода и нормальная канализация еще не стали привычным явлением. Например, в сегодняшней Индии основная область применения МООК связана с улучшением качества обучения в уже существующих институтах. Исследовательская группа корпорации *Microsoft* разрабатывает сейчас пилотный проект по созданию онлайн-курсов в стиле МООК, где в качестве преподавателей выступят ведущие индийские профессора, которые могли бы подойти для современных государственных программ в инженерных школах. Проект называется «Классы усиленного обучения» (*Massively Empowered Classrooms, MEC*). Ашок Джунджунвала комментирует это начинание так: «Правильно, для всех сразу не найдешь одного решения». Он полагает, что большинство индийских студентов по языковым и культурным причинам будут иметь массу проблем в процессе обучения на курсах, предложенных непосредственно американскими университетами. Он готов припомнить и собственные перипетии во время изучения курса химии, когда он не мог понять акцента, с которым говорил его американский профессор. «Если просто взять что-то извне и попытаться внедрить в своей стране, не стараясь адаптировать, как есть, — это не будет работать» — говорит он.

Сторонники МООК возражают на это, что лучшие учебники давно используются по всему миру и что онлайн-курсы можно рассматривать как цифровую версию учебника. Их можно приспособить под разные типы аудиторий. Европейцы разрабатывают сейчас свои собственные МООК-платформы, а крупные американские МООК-провайдеры нанимают зарубежные университеты, чтобы те создавали курсы на своих языках, а не на английском. «Онлайн-обучение сейчас переживает период детства, — считает Амол Бхаве, переполняемый юношеским идеализмом, — но оно, несомненно, имеет достаточный потенциал, чтобы изменить облик развивающегося мира». Исходя из собственного опыта, он считает, что «революция в системе образования ждет своего часа, и она случится в ближайшие годы».

Эксперимент без права на ошибку

Организаторы программы *Kepler* тоже не сидят сложа руки. Для них очевидно, что по-настоящему работоспособна только одна модель — сочетание лучших онлайн-лекций от ведущих профессоров с личными занятиями в классах. Жами Ходари полагает, что просто забросать африканцев или любые другие народы бесплатными интернет-курсами без всякой дополнительной помощи и иных средств обучения — изначально нежизнеспособный вариант. «Множество студентов не обучены даже тому, как пользоваться компьютером. Вещи, простейшие для нас, могут оказаться сложными для этих ребят — даже то, как запустить программу, как закрыть ее, как печатать на клавиатуре».

Первый преподаватель, ставший членом программы *Kepler*, — Кристин Ярнг (*Christine Yarnng*), которая раньше преподавала в независимой школе по программе «Знание — сила» (*Knowledge Is Power Program, KIPP*) в Остине, штат Техас. Другая американка — Эмма Стеллман

(*Emma Stelman*), одна из основательниц первой независимой школы в американском Кеймбридже, штат Массачусетс, разрабатывает общий курс обучения. Обе работают в этом удаленном уголке планеты за те небольшие деньги, которые только и может платить некоммерческая организация, потому что имеют вкус к настоящим трудностям и решению сложных проблем, а кроме того верят, что хорошее образование может изменить жизнь самым решительным образом. Эмма Стеллман хочет использовать отрывки из различных онлайн-лекций, чтобы собрать из них курс, наиболее подходящий для ее руандских студентов. Главный упор сейчас делается на то, чтобы научить их учиться, особенно в контексте компьютерных технологий. Не менее важно и обучение навыкам простейшего количественного анализа, а также критическому мышлению. «Работодатели сейчас на мели, потому что не могут найти людей, способных думать самостоятельно, — говорит Эмма. — И наши студенты очень гордятся, когда вдруг осознают, что могут сами рождать идеи. Словно лампочки вспыхивают у них в головах — о, это так чудесно и так воодушевляет!»

«Предпилотный» класс программы *Kepler*, запущенный перед началом полноценного осеннего курса, создавался с целью научить студентов распознавать проблемы и предлагать решения. Однако к началу пятой недели обучения Ярнг и Стеллман осознали наличие нескольких серьезных проблем. Во-первых, им требовался лучший доступ к Интернету, и они планируют летом перебраться в новые помещения, снабженные современными оптоволоконными кабелями. Что оказалось еще важнее — они поняли, что многим студентам нужна существенная помощь в изучении английского языка, без чего они не смогут воспринимать содержание онлайн-лекций и анализировать сложные и специальные задачи. (В последние годы Руанда перешла на использование английского в качестве основного языка обучения вместо ранее доминировавшего французского.) Программа *Kepler* теперь планирует проводить интенсивные курсы английского языка во время подготовительного периода к осеннему семестру, а в самом семестре давать множество упражнений по письменному английскому.

В идеале Ходари хотел бы распространить программу *Kepler* на всю Руанду, а затем перенести эту модель и в другие страны. Но многое зависит от того, как пройдут ближайшие годы. «Конечно, это лишь первая попытка, — говорит Ходари. — Мы сейчас сосредоточились на экспериментировании. Все уже столько говорили с придыханием насчет того, как бы нам изменить мир, но почти ни у кого нет реального опыта в том, как это делается на практике. Мы намерены потратить два года на тестирование нашей модели, чтобы увидеть своими глазами, какие педагогические методы дают наилучший результат». Превыше всего Ходари хочет убедиться, что программа *Kepler* может быть успешной — уже хотя бы потому, что тем 50 студентам, которым они дали надежду на будущее, отступить просто некуда. ■

Перевод: В.Э. Сворцов



Сет Флетчер

Машинное обучение

Школы и университеты осваивают технологию, которая приспособливает образовательный контент к уровню способностей учеников и студентов и вытесняет педагога-лектора из учебной аудитории за ненужностью. Но хорошо ли это?

Когда осенью прошлого года Арниция Хокинз (Arnesia Hawkins) поступила в Университет штата Аризона, она не думала, что становится добровольцем-испытателем в эксперименте по модернизации высшего образования в США. Однако к концу весеннего семестра она все еще обучалась математике за компьютером. В тихой, прекрасно оборудован-

ной лаборатории в городе Темпе, на территории университетского кампуса, она вместе со студенткой второго курса по имени Джессика решала задачи на расчет аннуитетных платежных схем. Пользуясь программным интерфейсом, они могли загружать и просматривать тексты и видео, лабораторные и контрольные работы, работая в удобном для себя темпе. По ходу дела ответы

на задачи вместе с ворохом данных о том, каким путем студентки пришли к этим решениям, переправлялись на удаленные серверы. Прогнозирующие алгоритмы, разработанные командой специалистов по структурам данных, сравнивали эту статистику с данными, полученными от десятков тысяч других студентов. Эти алгоритмы должны были определить, что изучала Хокинз, с какими трудностями она сталкивалась, к каким темам ей следовало бы перейти дальше и как в точности она должна их изучать.

Компьютер вместо педагога — к такой замене Хокинз привыкла не сразу. «Не буду врать: поначалу меня это здорово раздражало», — говорит она. Такая организация обучения была в новинку и для ее преподавателя математики Дэвида Хекмана (David Heckman). Он привык вести занятия в группе, но ему также приходилось исполнять роль блуждающего наставника, реагируя на поднятые руки и дополнительно объясняя студентам те вопросы, на которых они спотыкались. Вскоре, однако, обе стороны разглядели некоторые преимущества. Студентке Хокинз понравилось учиться в приемлемом для нее темпе и заниматься в удобное время — либо в компьютерном классе, либо за ноутбуком. А Хекману стало легче следить за успехами студентов. Ему было достаточно открыть программную панель, чтобы в мельчайших деталях увидеть, как идут дела у каждого из студентов: кто успевает, кто не очень, и даже кто над чем работает в данное время. Хекман говорит, что читать лекции ему нравится больше, но, кажется, он все же привыкает к новой системе. Преподаватели получили одно несомненное преимущество: компьютер ставит за них большинство оценок.

В конце семестра Хокинз, закончив изучать, возможно, свой последний математический курс по программе колледжа, окинет взглядом свой опыт и решит, что машинное обучение, вещь пока что новая и неоднозначная, — это «нормальный» способ учебы в колледже. «А что, у нас здесь еще остались обычные занятия по математике?» — спросит она.

Большие данные управляют образованием

Решение перейти к компьютерному обучению было принято Университетом штата Аризона по необходимости, по крайней мере отчасти. Имея более 70 тыс. студентов, он представляет собой крупнейший государственный университет в Соединенных Штатах. Как и прочие учебные заведения на любом уровне образовательной системы США, он переживает период мучительных перемен. За последние пять лет университет потерял половину госфинансирования. Зато набор увеличивается, при этом пугающе большое число новых студентов имеют такую слабую подготовку, что не справляются с учебными курсами на уровне колледжа.

«Хлынул огромный поток желающих получить образование людей; мы никогда прежде не обучали

студентов в таком количестве, — говорит декан математического факультета Университета штата Аризона Эл Боггис (Al Boggess). — Политики говорят: «Учите их! Требуется корректирующее обучение? Придумайте что-нибудь. Но мы хотим, чтобы вы их выпустили через четыре года. И, кстати, ваше финансирование урезается».

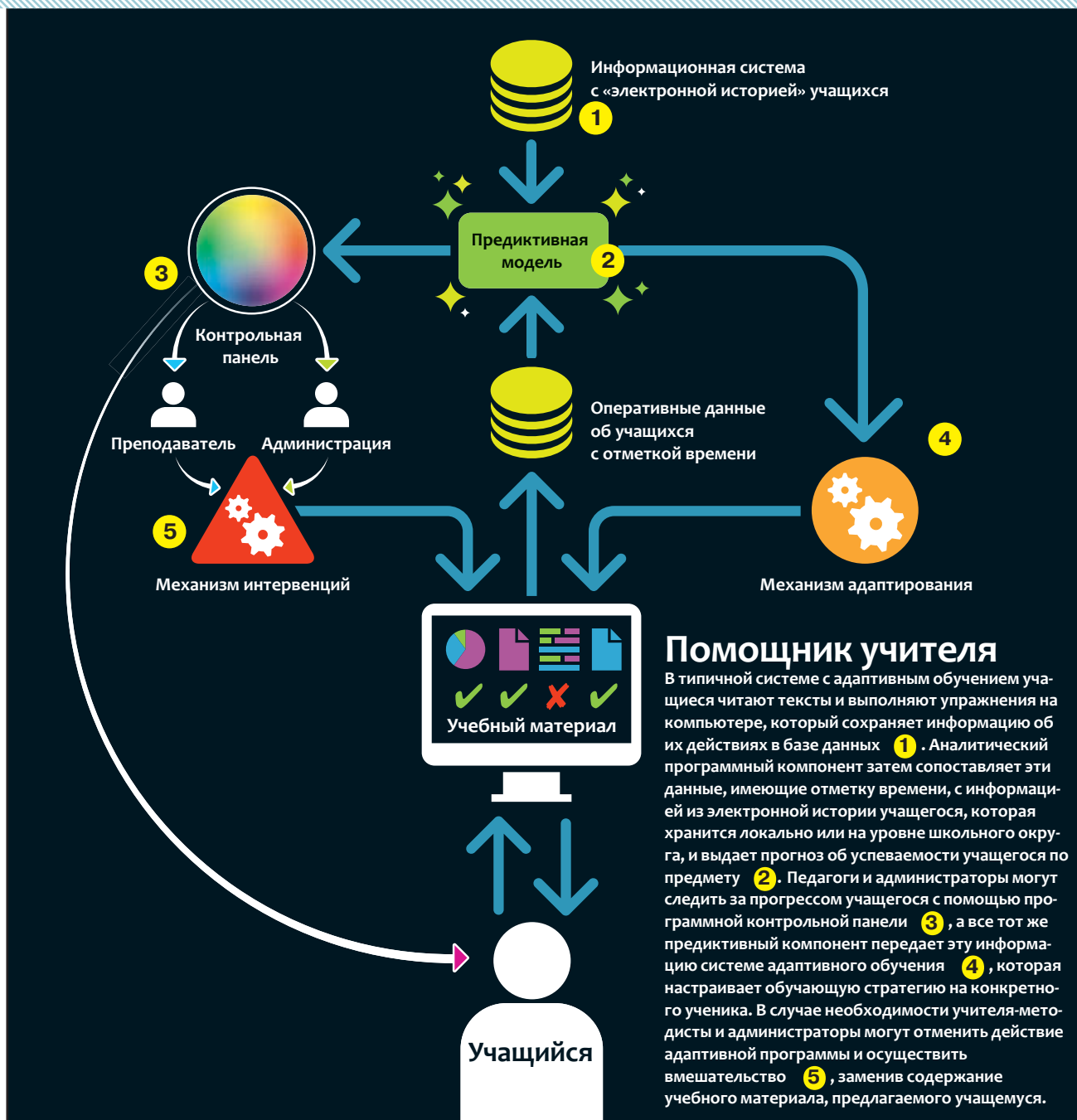
Два года назад администрация университета начала думать, как бы эффективнее «дотянуть» студентов до стандарта базового общего образования, особенно по таким предметам, из-за которых они толпами бросают учебу, — по той же математике. И через несколько месяцев после того, как руководство услышало рекламное выступление Хосе Феррейры (Jose Ferreira), основателя и президента недавно созданной нью-йоркской компании по адаптивному обучению *Knewton*, Университет штата Аризона сделал решительный шаг. Той же осенью, без какого-либо обсуждения или предупреждения, вуз отправил 4,7 тыс. студентов на компьютерные курсы математики. Уже в прошлом году около 50 преподавателей обучали 7,6 тыс. студентов трем математическим дисциплинам начального уровня с использованием программного обеспечения, разработанного фирмой *Knewton*. А к началу занятий в 2014 г. университет планирует адаптировать еще шесть предметов, за год пополнив ряды студентов на адаптивном обучении на 19 тыс. человек. (В мае фирма *Knewton* объявила о партнерстве с компанией *Macmillan Education*, сестринской компанией *Scientific American*.)

Университет штата Аризона — один из первых и наиболее смелых вузов, которые ввели систему машинного обучения, адаптированного к индивидуальным качествам студента. Однако образовательные учреждения всех уровней уже используют аналогичные возможности, чтобы справиться с растущим набором учащихся, бюджетными сокращениями и повышенными требованиями к успеваемости. Государственные начальные и средние школы в 45 штатах и округе Колумбия спешат ввести новые, более высокие образовательные стандарты по гуманитарным предметам и математике, преподаваемым на английском языке. Это так называемые общегосударственные стандарты единого ядра, для реализации которых школам понадобятся новые обучающие пособия и контрольно-измерительные материалы. Около половины контрольных работ будет проводиться онлайн в адаптивном режиме, т.е. компьютер будет подбирать задания в соответствии с уровнем каждого школьника (см. статью «Высокоскоростные школы» на стр. 90) Школы экспериментируют с целым набором других адаптивных инструментов от программ, обучающих арифметике и чтению в начальных школах, до «тестирующих механизмов», которые помогают старшеклассникам подготовиться к экзаменам по системе *Advanced Placement* с целью дальнейшего поступления в университет.

Эта технология приживается и за рубежом. Раз в три года Организация экономического содействия и развития проводит среди 15-летних подростков (более чем в 70 странах мира) тестирование в рамках Международной программы по оценке образовательных достижений учащихся (*PISA*). В 2015 г. варианты этого

ОБ АВТОРЕ

Сет Флетчер (Seth Fletcher) — старший редактор журнала *Scientific American*.



теста будут включать адаптивные компоненты для оценки навыков, с трудом поддающихся измерению, таких как умение работать в команде. Сторонники адаптивного обучения говорят, что развитие информационных технологий в конце концов даст каждому студенту возможность перейти на индивидуальное обучение по приемлемой цене — и отказаться от типовой модели обучения, которая последние два века доминировала в западной системе образования. Критики заявляют, что нетрадиционное обучение, а именно обучение под руководством компьютера угрожает превратить школы в образовательный конвейер. Они считают, что из-за

растущей информатизации образование неоправданно отдается на откуп частным компаниям, которые навязывают педагогам и учащимся свои программные продукты под соусом «реформы». Компьютер еле-еле справляется с такими сложными по общему мнению задачами, как выявление сильных и слабых сторон ученика, подбор учебных материалов и методик, соответствующих уровню каждого обучающегося. Зато обычным учителям в течение сотен лет прекрасно это удавалось. Вместо того чтобы перекладывать такую работу на компьютер, говорят оппоненты, следует вкладывать больше ресурсов в подготовку и поиск хороших педагогов,

Адаптируйся или умри

Вот некоторые из почти 70 компаний, штурмующих рынок адаптивного обучения

CogBooks

Шотландская компания, специализируется на разработке адаптивных программ по корпоративному тренингу (сферы приложения — международная торговля и средства распространения коммерческой информации). CogBooks планирует выйти на рынок высшего образования США.

DreamBox Learning

Компания размещается в городе Белвью, штат Вашингтон. DreamBox создает адаптивные онлайн-курсы математики для начальной школы, многие из которых привязаны к стандарту «единого ядра».

Knewton

Эта компания из Нью-Йорка появилась на рынке пять лет назад. Поставляет Университету штата Аризона программное обеспечение для адаптивных курсов математики. Работает над наращиванием платформы по обработке данных, которую учителя-методисты пополняют поурочными планами, контрольными работами, видеофильмами и другими материалами.

Area⁹

Датская фирма, чья адаптивная платформа лежит в основе обучающего программного комплекса LearnSmart компании McGraw-Hill. Система LearnSmart используется для индивидуального обучения школьников, студентов колледжей и специалистов разных профессий.

PrepU

Компания PrepU входит в структуру Macmillan New Ventures, сестринской компании Scientific American. Ею разработан адаптивный механизм опроса для учащихся средних школ, готовящихся к поступлению в вузы по программе Advanced Placement, для студентов колледжей, изучающих биологию, а также для курсов подготовки медсестер.

в создание таких условий, чтобы одаренные учителя не уходили из профессии.

Компании-разработчики систем адаптивного обучения утверждают, что у них лишь одна цель — обеспечить лучшее будущее для американских детей. Однако никто не станет отрицать, что эта сфера потенциально прибыльна. Десятки фирм рвутся на бурно растущий рынок образовательных технологий. Сегодня в этой индустрии вращаются миллиарды долларов. Около 20% учебных материалов, используемых единичными образовательными комплексами K-12 (т.е. школами полного цикла — от детского сада до 12-го класса), уже предоставляется в цифровом виде, говорит Адам Ньюман (Adam Newman), партнер-основатель фирмы по анализу рынка Education Growth Advisors. Хотя программы адаптивного обучения занимают лишь небольшую долю на рынке компьютерных программ (интегрированные школы типа K-12 тратят на них около \$50 млн), их продажи могут быстро расти. Ньюман считает, что концепция адаптивности хорошо принимается в школах полного цикла. «Там годами уделяли внимание дифференцированному обучению, — говорит он. — Дифференцированное обучение, даже без использования информационных технологий, — это форма адаптации».

Руководство вузов тоже свыкается с идеей адаптивности. Согласно недавнему совместному исследованию компании Gallup и сетевого издания Inside Higher Ed, пишущего на темы высшего образования, 66% опрошенных президентов колледжей считают адаптивное обучение и адаптивные технологии тестирования перспективными. Фонд Билла и Мелинды Гейтс запустил Программу ускоренного развития рынка адаптивного обучения и планирует выдать десять грантов по \$100 тыс. американским колледжам и университетам на развитие адаптивных курсов, на которые в течение учебного года (трех семестров) запишутся по меньшей мере 500 студентов. «Я предвижу, что в долгосрочном плане — через 20 лет — практически любой курс будет иметь тот или иной адаптивный компонент», — говорит эксперт по цифровым технологиям в образовании из Северо-Восточного университета Питер Стоукс (Peter Stokes). Применить практические исследования и когнитивные науки к образованию так, как это еще никогда не делалось, — это прекрасная перспектива, считает он. Лишь небольшой процент педагогов, особенно в высшем образовании, специально обучался преподаванию, говорит Стоукс. «Мы работаем, полагая, что работаем правильно. Но когда дело доходит до научной оценки нашей деятельности, понимаешь, что некоторые методики нашей работы объективно ни на чем не основаны».

Наука адаптивности

В общем и целом термин «адаптивный» относится к интерфейсу, обеспечивающему машинное обучение. Программа постоянно оценивает мыслительные навыки студента и автоматически подбирает учебный материал. Впрочем, неудивительно, что конкуренты яростно спорят, чей продукт претендует на звание подлинно адаптивного. Некоторые говорят, что тестирующая программа, которая всего лишь выбирает следующий вопрос в зависимости от того, получен ли правильный ответ на предыдущий, сегодня, в 2013 г., не может считаться вполне адаптивной, поскольку ее алгоритм построен на простейшей двоичной логике. Следовательно, адаптивность требует создания психометрического профиля каждого пользователя и непрерывной подстройки к его компетенции, которая меняется в процессе обучения. Чтобы этого добиться, разработчики адаптивного программного продукта должны в первую очередь составить схему связей между всеми понятиями, которые используются в данном фрагменте учебного материала.

Такова приблизительная доля обучающих приложений, рассчитанных на детей. В этом году обучающие программы заняли второе место среди наиболее

часто скачиваемых приложений на iTunes, обогнав развлекательные приложения

Обещания и риски

Новая технология — стимул к творчеству или дегуманизация обучения?

Диана Равич

В лучшую или в худшую сторону, но технология определенно изменяет лицо американского образования.

Положительный аспект — например, то, как искусно педагоги поощряют в учениках желание участвовать в научных проектах, изучать историю через личное отношение к событиям, развивать проекты в Интернете. Есть в буквальном смысле тысячи прятки до Интернета учителей, они регулярно обмениваются идеями, как разнообразить обучение и глубже заинтересовать ученика предметом.

Плохое подкрадывается незаметно и в разных формах. Одно из опасных проявлений новых технологий — коммерческие интерактивные чартерные школы, иногда называемые виртуальными академиями («чартерная школа» — это школа с бесплатным обучением, которая финансируется государством, но управляется частной администрацией. — Примеч. ред.). Эти школы полного цикла (по типу K–12) привлекают огромное число учащихся и тратят на рекламу миллионы долларов из госбюджета. Они обычно берут с государства плату за обучение каждого школьника, которая изымается из бюджета на содержание бесплатных средних школ. Они хвастаются тем, что дают специализированное образование с учетом индивидуальности ученика, но это только слова. В таких школах высокий процент отсева, низкие контрольные показатели и рейтинги выпускников. В некоторых из них уровень ежегодного отсева учащихся достигает 50%. Но пока виртуальные школы продолжают заманивать новых учеников, они приносят прибыль своим хозяевам и инвесторам.

Еще одно сомнительное направление в использовании технологий — оценка сочинений. Ведущие компании, занимающиеся тестированием знаний, такие как Pearson и McGraw-Hill, используют программы подсчета правильных ответов при письменном тестировании. Формально компьютер может проверять работы быстрее учителя, но он не умеет оценивать фактологию текста и образный строй языка. Ученик может написать, что Вторая мировая война началась в 1839 г., и машина это пропустит. Школьники научатся писать так, как «нравится» машине, — в ущерб точности, образности и творческому подходу. Хуже того, учитель перестанет читать письменные работы и будет меньше знать о том, как мыслят его ученики, а ведь это важно. Пострадает качество образования. Откровенно говоря, это становится общей проблемой онлайн-оценки знаний, по мере того как задача тестирования переходит от учителя к некоей сторонней фирме. В ходе последней кампании государственного тестирования в нескольких штатах произошли отказы оборудования. Кроме того, кража тестов учениками — лишь дело времени.

Но самое опасное применение этой технологии — накопление и хранение персональной, конфиденциальной информации обо

всех учениках государственных средних школ. Фонд Билла и Мелинды Гейтс выделил около \$100 млн на создание программы совместного обучения с объединенной инфраструктурой, известной как inBloom, в партнерстве с Wireless Generation, дочерней компанией News Corporation Руперта Мердока и Carnegie Corporation. Она будет собирать данные об учащихся нескольких округов и штатов, включая Нью-Йорк, Джорджию, Делавэр, Кентукки и Луизиану (некоторые из этих штатов отказываются от участия в проекте из-за протестов со стороны родителей). Данные будут храниться в облаке на серверах Amazon: имена учащихся, их адреса, оценки, тестовые баллы, сведения о состоянии здоровья, статистика посещаемости, данные об участии в программе и множество другой информации об учениках, которую учителям и школам запрещено разглашать.

Кому нужна вся эта личная информация и почему она используется совместно? Защитники этого подхода утверждают, что его цель — в создании наилучшего продукта для каждого отдельного учащегося. Критики полагают, что эта информация будет передаваться или продаваться коммерсантам, которые используют ее для формирования рынка сбыта среди детей и их родителей. Никто не знает, насколько будут защищены эти данные: хакеры частенько проникают в базы данных и облачные хранилища.

До недавних пор разглашение персональных данных ученика без согласия его родителей запрещалось федеральным законом 1974 г., известным как Акт об охране права семьи на образование детей и личной информации о ребенке (FERPA). Однако в 2011 г. Министерство образования США пересмотрело положения этого акта, и проект по совместному использованию данных стал законным. Электронный центр по защите персональной информации (EPIC) обратился в федеральный суд с иском, обвинив министерство в том, что оно смягчило FERPA и позволило передавать третьей стороне данные об учащихся без согласия их родителей. Возникает дилемма: учителя видят в компьютерных технологиях инструмент для активизации у школьников интереса к учебе; бизнес рассматривает их как способ стандартизировать преподавание, заменить учителей компьютером, создать рынок сбыта для новой продукции и заработать денег. Какая из двух точек зрения победит?

Перевод: С.В. Гогин

Диана Равич (Diane Ravitch) — историк образования в США, профессор-исследователь Нью-Йоркского университета в области образования. Последняя из опубликованных ею книг — «Жизнь и смерть великой американской школьной системы: как тестирование и выбор из заданных вариантов губят образование» (*The Death and Life of the Great American School System: How Testing and Choice Are Undermining Education*) — стала национальным бестселлером в 2010 г.



После этого каждый раз, когда студент просматривает видео, читает пояснение, решает задачу или пишет контрольную, на сервер поступает информация о том, насколько успешно работает студент, насколько удачно подобран для него контент и т.д. Затем запускаются алгоритмы, сравнивающие этого студента с тысячами или даже миллионами других. Неизбежно проявятся шаблонные ситуации. Не исключено, что студентам с некими общими психометрическими характеристиками не даются одни и те же темы. Программа будет знать,

что больше подходит студентам с данным психотипом, и подберет для них соответствующий материал. Имея в распоряжении миллиарды цифровых «подсказок», собранных с миллионов студентов, и обладая достаточной вычислительной мощностью и базами знаний, эти алгоритмы смогут выполнить любой тип прогнозирования — вплоть до указания, что степенные функции вам лучше всего изучать с 09:42 до 10:03.

Они должны уметь также предсказывать, как наилучшим образом помочь вам усвоить изучаемый мате-

Кстати о злых птичках

Чему в следующий раз научит нас самая захватывающая в мире видеоигра

Петер Вестербака

Многие люди считают, что учеба должна быть похожа на работу. Когда иностранные семьи перебираются в Финляндию и отдают своих детей в школу продленного дня, родители зачастую переживают, что школы дают их детям мало знаний. Взрослые говорят: «Дети ничему не учатся, они только играют». Но в этом-то все и дело: человек учится играя, и на этой философии держится вся финская школа. Мои дети проводят в школе мало времени, им мало задают на дом, тем не менее финские школьники выделяются среди сверстников из других стран высшими баллами на международных тестах.

Чему на самом деле могут научить игры? Вот вам один известный пример. Ученые заметили, что в Финляндии мальчики говорят по-английски лучше, чем девочки, и этот факт зафиксирован в целом ряде исследований. Причина в том, что мальчики больше играют в видеоигры. Поскольку игры эти — на английском языке, дети приобретают гораздо больший запас слов. Суть в том, что мальчишки изначально не задавались целью выучить английский, но они учат его в процессе игры, получая при этом удовольствие.

Мы никогда не считали себя только компанией по разработке игр, и сегодня мы все больше и больше занимаемся образовательными проектами. В прошлом году мы сотрудничали с NASA над созданием игры *Angry Birds Space*, которая дает детям понятие о невесомости. Совместно с Европейской организацией по ядерным исследованиям (CERN) мы также делаем игры и мультфильмы, помогающие детям четырех-шести лет изучить основы квантовой

физики. Игра *Angry Birds* уже учит физике: дети узнают, что такое траектория, особо не задумываясь над этим. Тот же подход мы используем и в проекте с CERN, только в углубленном виде: чтобы, развлекаясь, ребенок мог глубже окунуться в математику, физику и другие естественные науки. Наконец, мы приступаем к разработке языковых игр. Мы уже выпустили на китайский рынок игру для изучения английского языка, она опирается на традицию Праздника Луны, который имеет огромное значение в культуре Востока.

Я не верю, что будущее образования — только за цифровыми технологиями. Детям важно что-то сделать своими руками, потрогать предметы, почувствовать их. Уверен, что через несколько лет более половины продукции в нашей индустрии будут составлять реальные, а не виртуальные игры. Бурно развивается и издательский бизнес: публикуются книги для детей и учебные пособия с персонажами из наших видеоигр, мы также разрабатываем серию развивающих игрушек. Все, что до сих пор сделано для того, чтобы объединить реальное и виртуальное, — это капля в море, но именно здесь, как я думаю, открываются огромные перспективы. В ближайшие годы в этой области произойдут колоссальные открытия.

Петер Вестербака (Peter Vesterbacka) — руководитель отдела маркетинга финской компании Rovio Entertainment, производителя игры *Angry Birds*.



риал. Ульрик Юул Кристенсен (Ulrik Juul Christensen), генеральный директор *Area9*, компании-разработчика программных комплексов по анализу данных, чья продукция лежит в основе адаптивных курсов под брендом *LearnSmart*, выпускаемых фирмой *McGraw-Hill*, подчеркивает, что его компания учитывает в своих разработках феномен затухания памяти. Сегодня более 2 млн студентов пользуются адаптивными приложениями *LearnSmart* для изучения десятков предметов — как самостоятельно, так и в рамках учебных курсов. Как показывают исследования, студенты (как, впрочем, и любой из нас) лучше всего запоминают новое слово или понятие, если, однажды выучив его, они затем повторяют его именно в тот момент, когда оно только-только начинает забываться. Обучающие программы от компании *Area9* используют алгоритмы, строящие кривые затухания памяти для каждого уникального пользователя. Такая программа напомнит студенту о выученном на прошлой неделе факте как раз тогда, когда эта информация готова навсегда выскочить из памяти. Немногие педагоги смогут похвастаться такого рода предвидением. Тем не менее Кристенсен отвергает идею о том, что компьютеры смогут когда-либо заменить учителей. «Полагаю, мы не настолько глупы, чтобы целиком доверить машине образование наших детей», — говорит он.

Негативная реакция

В марте Джеральд Конти (Gerald J. Conti), преподаватель общественных наук из средней школы Уэстхилла

в Сиракьюс, штат Нью-Йорк, разместил на свой странице в *Facebook* язвительное заявление об увольнении, которое стало сенсацией и мгновенно разошлось в Сети подобно вирусу. «В погоне за источниками федеральных налогов, — писал он, — наши законодатели предают нас, продавая наших детей частным компаниям, таким как *Pearson Education* (крупнейший издатель учебных пособий, сотрудничает с фирмой *Knewton* в разработке программных продуктов). Авторитет моей профессии подрывается всеобщей атмосферой недоверия, которая не позволяет учителям разрабатывать и проводить собственные тесты и контрольные работы (которые теперь именуется «типовыми вариантами оценки успеваемости») или ставить своим ученикам оценки на экзаменах». Конти уверен, что концепция больших данных (*Big Data*) ведет не к доступному персонализированному обучению, а к образовательной монокультуре: «Наука, технология, инженерное дело и математика правят бал, и «управляемое данными» образование стремится лишь к унификации, стандартизации, тестированию и зомби-подобной приверженности пустому, но универсальному «единому ядру»».

Письмо Конти — лишь один из примеров растущего недовольства реформой образования, ориентированной на цифровые технологии и ставящей во главу угла тестирование. В январе учителя из средней школы Гарфилда в Сиэтле проголосовали за бойкот теста *Measures of Academic Progress (MAP)*, проводимого в школьных округах по всей стране для оценки успеваемости учащихся.

После стычки с начальником окружного управления образования и школьным советом учителя продолжили бойкот, который вскоре перекинулся на другие школы Сиэтла. Педагоги из Чикаго и других городов провели акции протеста в их поддержку. В середине мая было объявлено, что средние школы Сиэтла могут по желанию отказаться от теста MAP, заменив его другой формой оценки.

Поборники обучения, управляемого данными, могли бы с легкостью отбить эти атаки, если бы однозначно доказали, что их методики работают лучше традиционных. Но у них нет таких доказательств, по крайней мере, пока. Как пишет Даррелл Уэст (Darrell M. West), сторонник адаптивного обучения и создатель Центра поддержки инновационных технологий при Институте Брукингса, опытные данные об эффективности таких методик «предварительны и субъективны». Любой достоверный анализ адаптивного обучения потребовал бы выделить все возможные переменные и объяснить их динамику: растет или уменьшается число учащихся в группе; случился ли переход к «перевернутому» типу занятий (т.е. когда домашнюю работу студенты делают в классе, а лекции слушают на видео в удобное для себя время); как предоставляется учебный материал — в форме видео, текстов или игр, и т.д. По данным Университета штата Аризона, 78% студентов, изучавших математику с помощью экспериментальной технологии фирмы *Knewton*, успешно сдали экзамен по курсу — это на 22% больше, чем прежде. Впрочем, вполне возможно, что таких студентов становится больше не благодаря новой технологии, а вследствие изменения в правилах: теперь университет разрешает студентам пересдать экспериментальный курс математики или растянуть его изучение на два семестра, но без двойной платы за обучение.

Даже если сторонники адаптивного обучения докажут, что эта технология просто замечательна, им все же придется реагировать на опасения, связанные с проблемой конфиденциальности. Похоже, множество людей раздражены навязчивым сбором психометрической информации. Вспомним, какое негодование в начале этого года вызывало внедрение технологии *inBloom*. По сути дела, *inBloom* предлагает дистанционное цифровое хранилище информации об учащихся — имена, адреса, номера телефонов, посещаемость, оценки, справки о состоянии здоровья — в таком формате, который позволяет сторонним приложениям в образовательной системе обращаться к этим данным. Когда, запустив в феврале *inBloom*, компания-разработчик объявила о партнерстве со школьными округами в девяти штатах, родители пришли в ярость. Поползли тревожные слухи о создании «общенациональной базы данных» с информацией о школьниках. Критики говорили, что посредством *inBloom* школьные округа выдают конфиденциальную информацию о детях частным компаниям, желающим нажиться на решении несуществующей проблемы. С тех пор шесть из девяти упомянутых штатов вышли из проекта.

Такая реакция могла бы показаться чрезмерной, но справедливости ради надо отметить, что поборники

адаптивного обучения уже поговаривают о цифровом досье учащегося, которое будет сопровождать его на протяжении всего курса обучения и даже по его окончании. Год назад инициаторы кампании в поддержку реформы образования «Электронное обучение — сегодня!» опубликовали документ, в котором предлагается завести на каждого дошкольника «информационный ранец» — электронный табель успеваемости, с которым дети будут переходить из класса в класс. В первый день учебного года дети будут приходить в школу с таким «ранцем», в нем будут храниться «данные об их образовательных предпочтениях, мотивациях, личных достижениях и подробное описание успеваемости за все время обучения». Когда придет время поступать в колледж или искать работу, оценки из «информационного ранца» можно было бы использовать в качестве анкетных данных. Что-то подобное уже делается в Японии: там для менеджеров стало обычным делом указывать в резюме оценку по адаптивному машинному курсу английского языка *iKnow*.

Это не тест

Далеко не ясно, хватит ли усилий обеспокоенных родителей и обиженных педагогов, чтобы остановить наступление больших данных на образование. «Жизнь такая, что нам придется переходить на адаптивное обучение, — говорит Эва Бейкер (Eva Baker), директор Центра по изучению методик оценивания при Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе. — Оно не будет довеском к образованию, оно будет значительной его частью. Адаптивное обучение займет подобающее ему место, в частности потому, что будет дешевле привычного профессионального образования».

Это не значит, что учителя больше не будут нужны или что школы все больше начнут полагаться только на машинное тестирование. Может случиться как раз противоположное. Достаточно углубленное тестирование неотделимо от преподавания. В классе с полностью адаптивным обучением успехи учащихся будут отслеживаться в непрерывном режиме. Каждый удар по клавишам клавиатуры, каждое нажатие кнопки мыши будет дополнять индивидуальный профиль ученика. Судьбоносные экзамены могут постепенно отмереть, их заменит интегральная оценка, полученная в результате непрерывного мониторинга.

Но задолго до того, как это произойдет, смена поколений, возможно, сделает машинные методы преподавания и контроля, которые сегодня кажутся столь чуждыми, обычным делом, каковым они стали для Арниции Хокинз и ее однокашников из Университета штата Аризона. Да и педагоги успокоятся. Заместитель исполнительного проректора Университета штата Аризона Фил Реджиер (Phil Regier) полагает, что они по крайней мере привыкнут: «Думаю, значительное большинство преподавателей скажут, что это был шаг в правильном направлении. И, кроме того, через три года 80% из них вряд ли придумают что-то еще».

Перевод: В.Э. Скворцов

Арне Дункан

Высокоскоростные школы

Общедоступный скоростной Интернет даст в руки преподавателям и учащимся новейшие цифровые технологии

Недавно я получил возможность посетить мир будущего. Будущее находилось по вполне конкретному адресу в Детройте, в школьном классе Кристи Форд (Kristie Ford).

В день, когда я был туда приглашен, аудитория, где собрались ребята пятого и шестого классов, гудела как улей — всюду кипела деятельность, но Кристи вовсе не требовалось контролировать происходящее каждую минуту. Вместо этого она разговаривала по отдельности с несколькими учениками, в то время как остальные, разбившись на небольшие группы, работали самостоятельно, обсуждая устройство Солнечной системы или собирая 3D-модели, расположившись на полу. Еще одна группа с увлечением изучала игры и программы на ноутбуках.

Нет, поясняют Форд и ее коллеги из Академии театральных искусств Бренды Скотт, все происходящее — вовсе не пустые забавы, а нечто гораздо большее, что содержит вполне конкретные задания и использует очень оригинальные технологии. Под видимостью игры скрывается абсолютно ясный план, основанный на компьютерных методах: подстроить процесс обучения под нужды каждого учащегося.

В традиционных школах ученики заканчивают одну тему и переходят к другой тогда, когда у всего класса есть на это время, — неважно, что кто-то эту тему уже давно усвоил, а то и ушел далеко вперед. В Академии театральных искусств все юноши и девушки работают в индивидуальном темпе и тратят на изучение каждой темы столько времени, сколько им нужно в реальности, — иногда много, иногда совсем мало. Каждый школьник имеет индивидуальный план учебы, и каждому Кристи Форд может предложить большой выбор вспомогательных материалов: традиционные бумажные издания, бесплатные открытые образовательные ресурсы из Интернета, а также различные собственные разработки.

Компьютерная революция изменила все аспекты повседневной жизни в Америке — от привычек, связанных с покупками, до форм общения и даже способов устроить личную жизнь. Школы, многие из которых очень медленно приспосабливались к развитию инноваций, теперь тоже начинают открывать двери новым технологиям. Понятно, что ученикам Кристи Форд сильно повезло. Но то, что происходит в ее классе, вовсе не воспринимается

как норма, и существует опасность, что компьютерные методы обучения дают преимущество как раз тем, кто уже и так продвинулся дальше всех, в то время как хронические пробелы в знаниях более слабых учеников могут остаться незамеченными. Именно поэтому администрация президента Барака Обамы предпринимает шаги для обеспечения равенства в доступе к новым технологиям образования. Здесь и поддержка тех инноваций, которые способны персонализировать обучение, и затраты на совершенные методы тестирования (которые составляют часть государственной программы по повышению стандартов обучения). На это же ориентирован и смелый президентский проект, в результате которого через пять лет практически каждый студент получит доступ к высокоскоростному беспроводному Интернету. Но все это требует совместной работы большого числа специалистов — работников сферы образования, технологов, системных руководителей. Только так возможности, доступные пока лишь ученикам класса Кристи Форд, станут повсеместным явлением.

Что меняет технология?

Американские дети, которые пошли в этом году в начальную школу, станут выпускниками колледжей около 2030 г. На своем жизненном пути они уйдут в глубины XXI в., и для них будет намного лучше, если экономика того времени будет больше полагаться на знания и технологии, чем нынешняя. Современные школы обязаны подготовить учеников к тому, что им предстоит в ожидаемом будущем, и хорошо бы не ошибиться на этой стезе: ведь их подготовка определит то, насколько сильной будет экономика страны через 15–20 лет.

В обучении, ориентированном на будущее, огромную роль играет технология. Она способна раздвинуть стены школы — равно для учителей и для учеников — до небывалых масштабов. Учителя смогут общаться друг с другом онлайн, не только чтобы поделиться планами занятий, но и чтобы найти поддержку, где она необходима, или совместно разработать эффективные стратегии обучения. Ученикам — особенно тем, кто живет в отдаленных местностях или же изучает продвинутые курсы с ограниченным приемом, — веб-коммуникации и цифровое видео позволят контактировать с экспертами, живущими порой за тысячи миль от них, и пользоваться практически неисчерпаемыми информационными ресурсами.

Тем временем идет разработка мобильных обучающих приложений, которым можно найти применение буквально всюду. Многие из популярных обучающих

ОБ АВТОРЕ

Арне Дункан (Arne Duncan) — министр образования США.

программ были созданы совместно преподавателями и программистами. С другой стороны, технологии позволяют комбинировать личное преподавание с онлайн-обучением, что помогает учителям свободно перераспределять студентов в группах и снабжать школы и институты разнообразной информацией о том, как продвигается обучение.

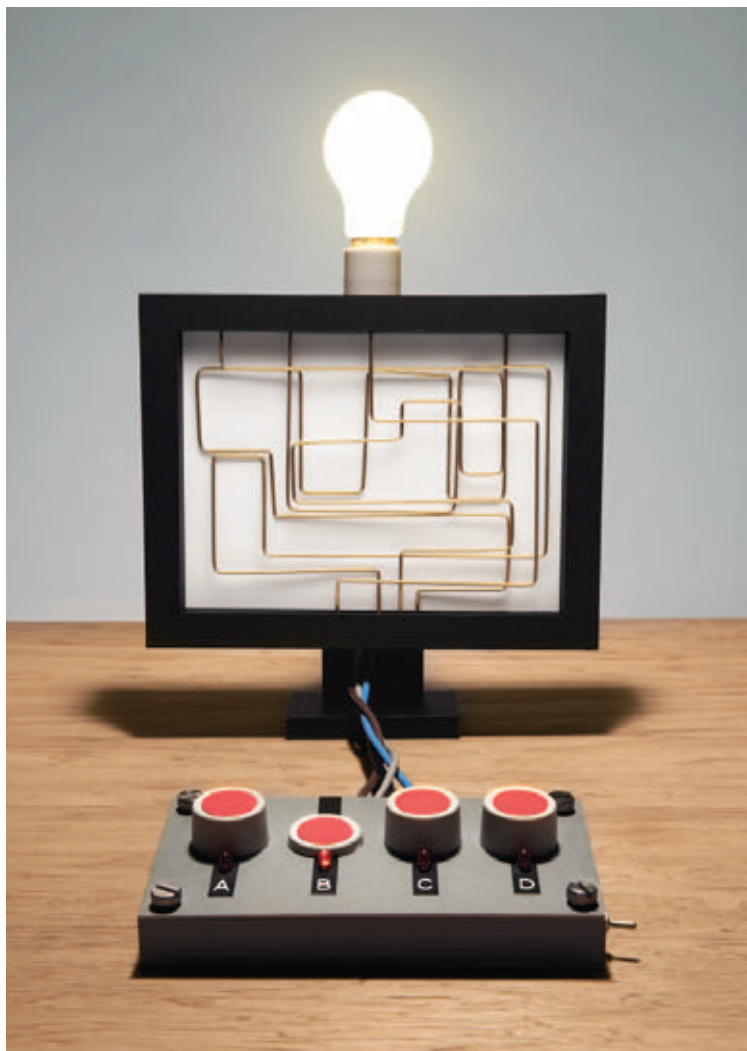
Кроме того, такие онлайн-платформы, как Академия Хана, предоставляют учащимся самые различные тематические пояснения начиная от того, как складывать и вычитать, и заканчивая квантами и столкновениями галактик — все это можно загрузить непосредственно на мобильные устройства. Растет число наглядных моделей-симуляторов, которые позволяют студенту, например, совершить виртуальную «прогулку» внутри химической молекулы, словно это экскурсия по историческому зданию.

Студенты осваивают все эти новые технологии совершенно невероятными темпами. Треть студентов-старшеклассников в Америке изучают онлайн-курсы, миллионы людей обучаются по программам колледжей через Интернет.

Все это выглядит очень позитивно, хотя я и не думаю, что какая-либо отдельно взятая технология способна полностью изменить школу. И в особенности я не верю, что развитие технологии когда-либо сделает профессию учителя или педагога ненужной. Живое общение между учителем и учеником есть и всегда будет вдохновенной искрой, воспаляющей само желание учиться. Однако технология способна быстрее раздуть эту искру, помогая учителям эффективно использовать время, развивать свои собственные таланты и находить индивидуальный подход к каждому ученику.

Технология персонализированного обучения

Одно из важнейших направлений развития обучающих технологий — и ускоренный прогресс в данной области представляет собой одну из приоритетных задач Министерства образования США — помочь преподавателям адаптировать курсы тех или иных дисциплин к способностям и потребностям каждого конкретного студента. Систему образования критикуют за многое, но один пункт подвергается критике особенно часто и обоснованно: что она предлагает всем учащимся лишь один способ обучения — теоретический, пригодный для любого, но в действительности не учитывающий уникальность каждого студента со всеми их талантами и проблемами. Персонализированное обучение подразумевает, что темпы обучения, подходы и программный контекст должны быть «скроены» сообразно с нуждами и интересами каждой личности. Так легко посоветовать учителю найти индивидуальный подход к каждому ребенку, но как трудно сделать это на практике. И вот тут могут пригодиться новые технологии. Сочетая личное обучение и использование компьютерных приложений, преподаватели будут способны помочь ученикам работать в их собственном темпе, свободно группировать их в зависимости от способностей и менять скорость



подачи материала исходя из того, насколько легко или трудно им дается та или другая тема.

Министерство образования США предпринимает активные шаги по поддержке тех штатов и тех школ, где идет работа по персонализации обучения. При поддержке фонда, называемого «Стань лучшим округом», 55 школьных округов из 11 штатов плюс округ Колумбия демонстрируют сейчас множество способов использования технологии для индивидуализации обучения и обеспечения школьных руководителей и учителей инновационными средствами и методами.

Новые технологии на экзамене

В США существует и другая правительственная инициатива: сделать новые технологии частью наименее приятного этапа школьного обучения, а именно тестирования. В течение нескольких следующих лет студенты обнаружат, что тесты, которые они сдают в конце каждого года обучения, переместятся в Интернет (если этого уже не произошло) и станут, скажем честно, лучше, чем раньше. Ежегодная оценка успеваемости — вещь жизненно необходимая, без нее школы не смогут выявлять

наиболее отстающих учеников и помогать им. Более совершенные тесты необходимы также для установления новых и более высоких академических стандартов на каждом этапе обучения, частью чего стала инициатива по созданию так называемого стандарта «единого ядра». Американское правительство поддерживает эту инициативу, продвигаемую штатами, путем инвестирования более чем \$350 млн в два консорциума, которые разрабатывают тесты, позволяющие оценить, насколько учащиеся осиливают вводимый новый стандарт.

Сюда входит, в частности, умение читать и понимать сложные тексты и решать проблемы из реальной жизни. На основе этих тестов возможна и оценка более отдаленных перспектив того или иного ученика — сможет ли он как выпускник школы преуспеть в колледже или на работе.

Один из консорциумов разрабатывает так называемые самоадаптирующиеся тесты, в которых сложность последующих вопросов будет меняться в зависимости от ответов на предыдущие. Такой способ принимать экзамены имеет больше перспектив там, где нужна максимально точная оценка успеваемости.

И все-таки даже новые методы потребуют дальнейших и более существенных улучшений. Если мы действительно заинтересованы в прогрессе системы образования, то в ближайшие годы станет необходимым создание принципиально новых тестов. Эти тесты предложат студентам разработать продукт или придумать эксперимент, оценить справедливость той или иной гипотезы, проанализировать различные данные и, конечно, обосновать, оценить и объяснить свои соображения. А со временем мы увидим, как студенты проходят тестирование, решая проблемы из реальной жизни, подобно тому как пилотов тренируют и экзаменуют на тренажерах, имитирующих настоящий полет. Такие тесты позволят не просто понять, насколько учащийся усвоил предмет, но и выяснить, готов ли он применить на практике полученные знания и способен ли к критическому мышлению.

Естественно, мы видим и текущие улучшения в области тестирования. Например, в мае переводные экзаменационные испытания по биологии были заметно улучшены в той части, которая касается оценки критического мышления учащихся по отношению к научным проблемам. Число вопросов с множественным выбором ответов было уменьшено почти вдвое, и примерно на столько же было увеличено число вопросов, требующих развернутого и осмысленного письменного ответа. В течение двух следующих лет ожидаются подобные же изменения в переводных экзаменах по химии и физике.

Прорыв плотины: всеобщий доступ к высокоскоростному Интернету

Все перечисленные инновации имеют одно и то же узкое место — они зависят от уровня развития технологий и в особенности от стабильного и высокоскоростного доступа к Интернету. Но сегодня лишь 20% учебных заведений готовы заявить, что имеющийся в их распоря-

жении доступ в Сеть соответствует потребностям преподавания. И, кстати, хотя 91% учителей имеет доступ к компьютеру на своем рабочем месте, лишь менее четверти из них удовлетворены техническим уровнем своих машин. Более того, американские учителя не имеют достаточной подготовки и поддержки, чтобы внедрять новые технологии в своих классных помещениях и на занятиях.

Неудивительно, что больше всего проблем с коммуникациями испытывают школы, расположенные в областях, где доходы на душу населения ниже, а также в сельской местности. Контраст с богатыми и урбанизированными регионами становится еще более явным, когда ученики возвращаются из школы домой. Вызывает тревогу отчет Федеральной комиссии по коммуникациям за 2012 г.: в нем показано, что 19 млн американцев, особенно из сельских регионов, вообще не имеют доступа к высокоскоростному Интернету у себя на местах.

Вот почему я так обрадовался инициативе президента США, который в июне призвал приложить усилия к расширению средств доступа к Сети, чтобы в течение пяти последующих лет 99% студентов имели в своем распоряжении высокоскоростной и беспроводной Интернет. Эта инициатива, называемая *ConnectED*, нацелена и на повышение квалификации учителей, обещая в недалеком будущем буквально каждому преподавателю возможность получить поддержку и дополнительное образование, позволяющее использовать новые технологии на уроках в классе.

Начиная с 1996 г. федеральное правительство США уже принимало активное участие в снижении диспропорции между различными регионами в области коммуникаций и в обеспечении доступа в Интернет для всех студентов. Это делалось в рамках программы *E-Rate*, поддерживаемой Федеральной комиссией по коммуникациям. В результате этой инициативы доля классов с доступом в Интернет выросла до 95%, в то время как в год начала программы она составляла всего 14%.

Но скорость доступа не поспевала за растущей потребностью школьных технологий в новейших компьютерных приложениях, для которых интернет-соединение должно быть быстрее и стабильнее. В нынешней Америке много, слишком много школ, вынужденных работать вполсилы из-за медленного Интернета, неполадок в проводке и недостатка оборудования. По иронии судьбы типичная американская школа имеет более медленный коннект, чем типичный американский дом. Та проводка, которая делалась в школах в первые годы программы *E-Rate*, будет абсолютно перегружена при первой же попытке студентов посмотреть в Интернете цифровое видео лишь в одной классной комнате. Широкополосный Интернет — это информационная магистраль для передачи знаний, которая пересекает все штаты. Программа *ConnectED*, в свою очередь, создает для всех преподавателей и учебных заведений беспрепятственный выезд на эту магистраль, в чем они повсеместно нуждаются.

Учебные заведения уже сейчас могут со своей стороны помочь этому процессу. Каждая школа должна проверить у себя реальную скорость Интернет-соедине-

ния, используя для этого тестовое оборудование и программы, такие как предоставляются, например, сайтом www.SchoolSpeedTest.org. Собирая и отправляя в аналитические центры эту информацию, мы все вместе сможем лучше понять, какие школы требуют ускорения доступа к Интернету и как штатам и округам обеспечить это лучше всего.

Дефицит высокоскоростного доступа в Сеть — это проблема, которую мы должны встретить во всеоружии. Позитивный аспект инвестирования в улучшение качества компьютерной инфраструктуры школ огромен.

Повсеместное распространение высококачественного доступа во Всемирную паутину будет означать, что учащиеся получают массу преимуществ от повышения стандартов обучения и тестирования, которые придут в школьные комнаты вместе с грядущим поколением еще более совершенных технологий — без ограничений, накладываемых географией и уровнем жизни.

И снова о равенстве

Скорость Интернет-доступа — лишь первая серьезная проблема на пути превращения высоких технологий в инструмент, обеспечивающий равенство в получении образования. Мы должны сделать решительный шаг к тому, чтобы новые технологии стали способом поднять

уровень обучения всех студентов. Не секрет, что самые преуспевающие семьи используют свое богатство, чтобы дать в руки своим детям лучшие средства для успешного обучения. Социологические исследования также показали, что родители в состоятельных семьях склонны более тщательно контролировать то, как их дети используют предоставленные им возможности, — и это повышает успехи в учебе. Поэтому нам есть о чем тревожиться: компьютерная революция в образовании может попросту усилить неравенство между учениками из богатых и бедных школ. Для технологий, обладающих столь многообещающей способностью к преодолению социальных барьеров, это стало бы настоящей трагедией.

Школам, округам, родителям, технологам необходимо самостоятельно принимать решение о том, как уравнивать эту массу неизвестных, чтобы обеспечить всех учителей, особенно в бедных регионах, равным доступом к последним достижениям техники и научить их, как выбирать и использовать технологические новинки с пользой для всех учащихся.

Занятия, подобные тем, что я увидел в классах Кристи Форд, уже продемонстрировали, какие успехи возможны на этом пути. Как нам учиться на ее опыте — каждый должен решать сам. ■

Перевод: В.Э. Скворцов

Джеффри Баролет

«Я был приятно удивлен»

Каждый пятый студент, опрошенный журналами *Nature* и *Scientific American*, участвовал в массовых открытых онлайн-курсах — и большинство хотели бы сделать это снова

Штефан Кюн (Stefan Kühn) изучает биохимию в Стелленбосском университете в южноафриканской винодельческой провинции Вестерн-Кейп. В прошлом году он работал над своей магистерской диссертацией и писал ее так, как делал подобные вещи и раньше, — «сумбурно и растекаясь мыслью по древу» (по крайней мере, так он сам оценивает свою работу сейчас). Потом ему пришло в голову записаться на один из массовых открытых онлайн-курсов, организованный Университетом Дьюка (Duke University) и называвшийся «Подумай еще раз: как спорить и выстраивать аргументацию». В результате он резко изменил подход к своей диссертации. «Прослушанный курс научил меня понимать, что такое хорошая аргументация, как выстраивать логику доказательств и как избегать обычных ошибок в рассуждениях, — говорит Кюн. — Я пошел

на него, потому что у меня был личный интерес к таким вещам (я люблю оживленные дискуссии), и я был приятно удивлен, когда понял, как много он мне дает для написания моих собственных текстов».

Итак, Штефану понравился курс и он стал рекомендовать его своим друзьям. В этом отношении он похож на многих других студентов, изучающих комплекс естественных, технологических, инженерных и математических дисциплин (*STEM*), кто поучаствовал в онлайн-курсах. Опрос, проведенный среди читательской аудитории журналами *Nature* и *Scientific American*, показал, что 80%

ОБ АВТОРЕ

Джеффри Бартолет (Jeffrey Bartholet) — старейший зарубежный корреспондент газеты *Newsweek*, в прошлом руководитель ее бюро в Вашингтоне.

из 1128 студентов данного направления, которые участвовали в MOOK, согласились (часто — горячо согласились) с утверждением «Мне понравился последний курс, который я посетил(а)». Еще большее число студентов сказали, что они хотели бы прослушать еще какой-нибудь онлайн-курс в будущем и готовы рекомендовать MOOK другим студентам.

Случай Штефана Кюна типичен еще в ряде аспектов. Как и основная масса опрошенных студентов, он пошел на онлайн-курс не для того, чтобы заработать какие-то формальные регалии. Он использует MOOK, чтобы дополнить свои знания и чтобы поучиться вещам, которые его родной, реально существующий университет не может ему предложить. Да, Кюн прослушал до конца курс по аргументации от Университета Дьюка, но заглядывал он и на другие курсы — по социальному моделированию и компьютерному программированию. Поскольку все эти попытки не стоили ему никаких денег и не влияли на его академическую успеваемость, он может свободно начинать и бросать подобные онлайн-курсы, не будучи связанным необходимостью сдавать по ним какие-либо экзамены или тесты.

Аналогично Ян Лю (Yang Liu), китайская студентка, обучающаяся в аспирантуре в Оскаском университете в Японии, пошла на один из MOOK, чтобы восполнить пробелы в своем предыдущем образовании. Хотя Лю имеет магистерский диплом по биотехнологии, сейчас она занимается тканевой инженерией, которую ранее не изучала. «У меня не хватало времени, чтобы пойти на семестровые лекции в университете до получения диплома, — говорит девушка, — или чтобы читать толстые учебники». Так что Лю освоила записи лекций Йельского университета по биомедицинской инженерии, изучила заметки к онлайн-лекциям по курсу «Использование молекулярных свойств биоматериалов в технологии», преподаваемому в Массачусетском технологическом институте, и просмотрела видеолекции разных других университетов по стволовым клеткам. (Лекции, предложенные Йельским университетом и МТИ, — это часть их программы открытых курсов, которая предшествовала MOOK.) Поскольку английский у Лю слаб, она не могла понять все аспекты того, о чем говорилось на видеолекциях, и ей приходилось изучать аннотации к лекциям прямо во время просмотра. Но даже с учетом этого Лю утверждает, что MOOK помогли ей сэкономить кучу времени.

Среди опрошенных студентов (чуть ли не половина которых специализировалась в различных областях биологии) были, конечно, и скептики. Число респондентов, которые сочли, что традиционные курсы имеют значительно большую образовательную ценность, оказалось примерно равным количеству тех, кто столь же явно предпочитал онлайн-курсы. Но вот число тех, кто считает, что традиционные курсы намного важнее для карьеры, чем онлайн-курсы, существенно превосходит ряды сторонников противоположного мнения (43% против 26%). Кэтлин Николл (Kathlene Nicoll), адъюнкт-профессор географии в Университете штата Юта, прослушала

онлайн-курс по математике от Массачусетского технологического института и была откровенно разочарована. Она замечает, что данный курс по большей части состоял из слайдов, сделанных в *PowerPoint*, и видеозаписей о том, как тот или иной профессор решает какие-нибудь проблемы. «MOOK делают полезную работу, но лишь в области документирования элементарной информации, — говорит Кэтлин. — Это примерно как смотреть телевизор: ты все время остаешься пассивным зрителем».

Хотя в некоторых курсах заложена имитация экспериментов в виртуальной лаборатории, это, по словам Николл, не может заменить вам «запах формалина, наблюдения за взрывом, происходящим чуть ли не вам в лицо, — и необходимости как-то реагировать на все это». Она полагает также, что живое человеческое общение — фундаментальный принцип обучения и никакие интернет-форумы и «группы обсуждения» его не заменят. Здесь примерно та же разница, как если у тебя есть живой друг и друг в *Facebook*, поясняет Николл. Но даже она видит определенную пользу от MOOK. «Огромный плюс в том, что MOOK при наличии компьютера и Интернета могут быть доступны каждому — людям с разными данными, даже находящимся в тюремном заключении».

Поскольку неудачи при просмотре онлайн-курсов ничем не грозят, обычные человеческие тенденции к прокрастинации и лени здесь сказываются сильнее, чем при очном обучении. И все же многие студенты-естественники выглядят вполне мотивированными, чтобы делать всю или почти всю работу для успешного освоения MOOK, отчасти и для получения сертификатов, подтверждающих, что они прошли данный курс. Шэннон Боле (Shannon Bohle), библиотекарь в медицинской библиотеке и блогер на сайте *SciLogs.com*, которая воспользовалась восемью MOOK, порой лишь «подглядывает» за тем, о чем рассказывают на курсе, но в некоторых случаях ей вполне хватило энтузиазма, чтобы проделать работу, необходимую для получения сертификата об успешном окончании. «Людям вообще нравится собирать значки и трофеи, — говорит она с изрядной долей самоиронии. — Я записываюсь на эти курсы просто в качестве хобби, я не ищу в них способа получить научную степень, но мне нравится рассказывать своим друзьям, что я окончила очередной курс, и слышать в ответ: “Какая же ты умная! Хвала тебе, о дева!”» ■

Перевод: В.Э. Скворцов

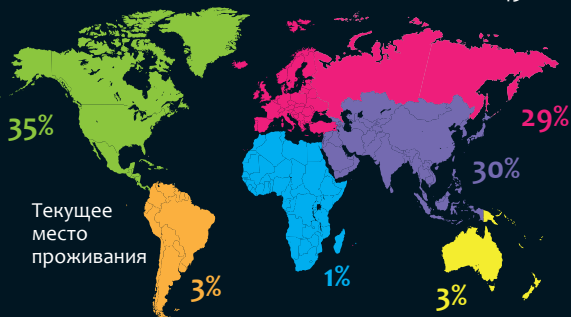
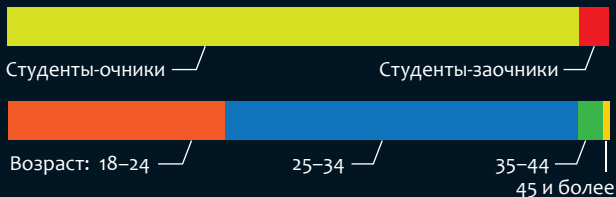
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Enhancing Teaching and Learning through Educational Data Mining and Learning Analytics: An Issue Brief. U.S. Department of Education, Office of Educational Technology, October 2012.
- Emerging Opportunities in K–12 Learning Analytics for Personalized Learning at Scale. Roy Pea. Lecture at Stanford University's mediaX 2013 Conference, January 8, 2013. www.youtube.com/watch?v=27UW5DKRpOg
- NMC Horizon Report: 2013 K–12 Edition. L. Johnson, S. Adams Becker, M. Cummins, V. Estrada, A. Freeman and H. Ludgate. The New Media Consortium, 2013.

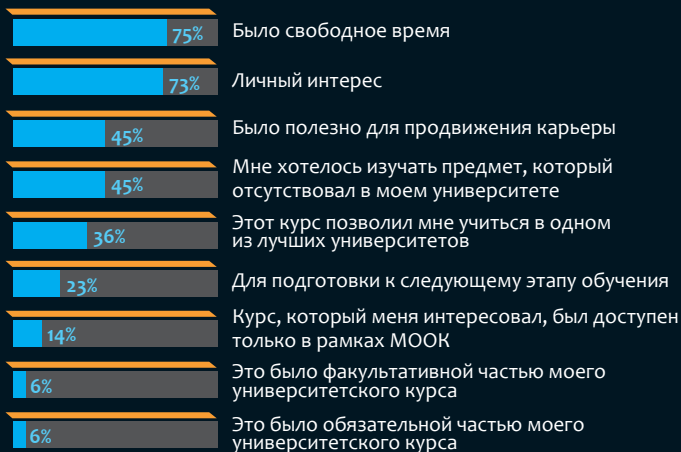
В МАЕ журналы *Scientific American* и *Nature* предприняли опрос читательской аудитории по поводу их опыта работы с массовыми открытыми онлайн-курсами (МООК) и другими цифровыми технологиями обучения. Ссылки на этот опрос размещены на сайтах *Scientific American* и *Nature*, а кроме того распространя-

лись через средства массовой информации и рассылались по адресам зарегистрированных пользователей. Приведенная ниже схема отображает анализ ответов, полученных от 5851 студента и аспиранта, живущих по всему миру и изучающих математику и естественные науки.

Кто принял участие в опросе



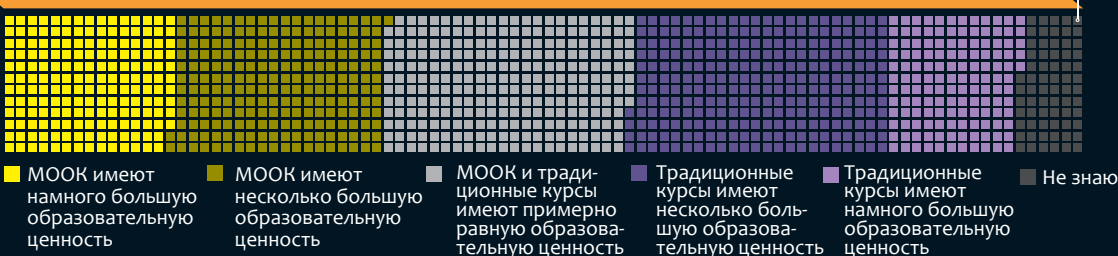
Каковы были основные мотивы, побудившие вас принять участие в последнем из МООК?



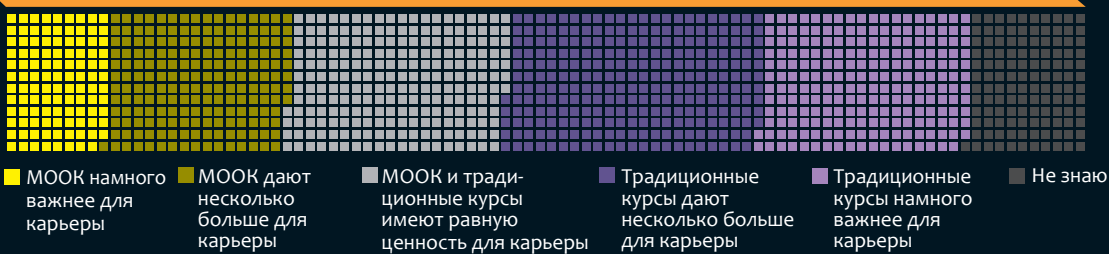
Какая из нижеследующих фраз наилучшим образом описывает вашу осведомленность о МООК и участие в них?



Сравните МООК с традиционными курсами по их образовательной ценности (т.е. как много вы из них узнали)



Сравните МООК с традиционными курсами по их предположительной ценности для вашей карьеры (т.е. как много они значат для вашего служебного положения)



До какой степени вы согласны со следующим утверждением: «В будущем я бы снова принял участие в одном из МООК?»



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 2013 г. составит:

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

Для юридических лиц: **1200 руб. 00 коп.**

Стоимость одного номера журнала: за 2004–2006 гг. — **бесплатно**, за 2007–2011 гг. — **20 руб. 00 коп.**,

за 2012 г. — 1-е полугодие — **60 руб. 00 коп.**; за 2012 г. — 2-е полугодие — **120 руб. 00 коп.**

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

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

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

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

БЛАНК ЗАКАЗА НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

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

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2012 г.												
2011 г.												
2010 г.								объединенный выпуск	объединенный выпуск			
2009 г.												
2008 г.												
2007 г.												
2006 г.												
2005 г.												
2004 г.												

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Кв. _____

Телефон _____

E-mail: _____

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

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

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Плательщик

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

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Плательщик

ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ

НА ЖУРНАЛ "В МИРЕ НАУКИ"

МОЖНО:

В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ

ПО КАТАЛОГАМ:

"РОСПЕЧАТЬ",

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

81736 для ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

19559 для ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

"ПОЧТА РОССИИ"

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

16575 для ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

11406 для ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

АП ИНТЕР-ПОЧТА

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС 4626

WWW.INTERPOSTA.RU

КАТАЛОГ «ПРЕССА РОССИИ» 45724

WWW.AKC.RU

ПОДПИСКА ПО РФ И СТРАНАМ СНГ:

ООО "УРАЛ-ПРЕСС",

WWW.URAL-PRESS.RU

СНГ, СТРАНЫ БАЛТИИ И ДАЛЬНЕЕ

ЗАРУБЕЖЬЕ: ЗАО "МК-ПЕРИОДИКА",

WWW.PERIODICALS.RU

РФ, СНГ, ЛАТВИЯ:

ООО "АГЕНТСТВО "КНИГА-СЕРВИС",

WWW.AKC.RU



*Вся пресса
в одном
месте!*

PRESSA.RU

ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕРСИИ ПЕЧАТНЫХ ИЗДАНИЙ

*Журнал
«В мире науки»
теперь
и на pressa.ru*

Читайте в следующем номере:



Зависимость от еды

В новейших исследованиях мозга выясняется, почему жирная и сладкая пища вызывает ожирение у все большего числа людей.

Что заставляет нас толстеть?

В скором времени научные исследования дадут нам точный ответ на вопрос, что именно вызывает ожирение: лишние калории или неправильные углеводы?

Удивительная история пищевых продуктов

Люди занимались приготовлением пищи с тех пор, как научились жарить и варить, заквашивать, замораживать, сушить или экстрагировать. Пищевые продукты подталкивали эволюцию видов, экспансию империй и исследования космоса.

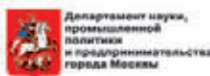
Первое в истории барбекю

Около 2 млн лет назад наши предки стали готовить пищу на тлеющих углях. И именно эти горячие блюда сделали нас людьми.

ГМО — это зло?

Сторонники распространения генетически модифицированных культур утверждают, что только так можно спасти от голода непрерывно увеличивающееся население земного шара, противники же считают, что мы проводим рискованные эксперименты с непредсказуемыми последствиями для природы.

КВАНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЯДЕРНЫЙ БУКСИР



Московский
государственный
университет
имени
М.В.Ломоносова



Министерство
образования
и науки
Российской
Федерации

НЕВЕРОЯТНЫЕ НАУЧНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

РЕКЛАМА

НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ГЕНИИ

АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР И ПАРК ЮРСКОГО ПЕРИОДА

ФЕСТИВАЛЬ НАУКИ МОСКВА MOSCOW SCIENCE FESTIVAL

ВХОД СВОБОДНЫЙ ↓ **2013**
11 – 13 ОКТЯБРЯ
МГУ, ЭКСПОЦЕНТР
80 ПЛОЩАДОК ПО МОСКВЕ
WWW.FESTIVALNAUKI.RU



ПРОГРАММА
ФЕСТИВАЛЯ
РАССЧИТАНА
НА ПОСЕТИТЕЛЕЙ
ВСЕХ ВОЗРАСТОВ

