

АРХЕОАСТРОНОМИЯ

Звезды
мертвых

АСТРОФИЗИКА

Нейтрино
на краю света

НАУКИ О ЖИЗНИ

Сложная жизнь
диких лошадей

В мире наук

SCIENTIFIC
AMERICAN

Ежемесячный
научно-информационный
журнал

www.sci-ru.org
12 2015

12+



СИЛА СНА

Полноценный сон благотворно
влияет на когнитивные
способности, память,
настроение и здоровье



Собрание
РАН

Фармакология XXI века

Спецвыпуск

Наука Сибири



88

38



СОДЕРЖАНИЕ

Декабрь 2015

Темы номера

МЕДИЦИНА

Без этики нет нормальной медицины 4

Наталья Лескова

Глава Совета по этике при Минздраве РФ академик
Александр Чучалин — о медицинской этике и спорных
вопросах, которые с ее помощью пытаются разрешить



ФАРМАКОЛОГИЯ

Создание новых лекарств: вызовы и ограничения 10

Владимир Покровский

Академик **Сергей Середенин** — о разработке лекарств,
проблемах, стоящих перед российскими специалистами,
и об этических аспектах фармакологии



Фармакология: персональный подход 16

Елена Кокурина

Ученый секретарь РАН академик **Михаил Пальцев**,
идеолог персональной науки и персональной медицины, —
о современных мировых трендах в этой области,
отечественной ситуации и перспективах создания
персональных лекарств



ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА

Медицина и физика — творческий дуэт 22

Михаил Урядников

НИЦ «Курчатовский институт» — один из ключевых
участников дорожной карты развития ядерной медицины
и лучевой терапии в России. О перспективах рассказывает
директор института член-корреспондент РАН
Михаил Ковальчук



НЕЙРОБИОЛОГИЯ

Утро вечера мудренее 30

Роберт Стикголд

Качество ночного сна влияет на наши разум и здоровье
сильнее, чем можно было предположить

СОСТОЯНИЕ МИРОВОЙ НАУКИ — 2015

Большая наука, большие вызовы 38

Серьезные и иногда непростые отношения между
наукой и обществом стали темой ежегодного
спецрепортажа о состоянии мировой науки

Горе от ума 40

Стефан Тейл

Что не так с мегапроектом «Человеческий мозг»?

Как велика наука? 46

Сколько тратит человечество на научные исследования

Больше данных, меньше бедности 49

Дин Карлан

Для искоренения бедности нужны не только деньги,
но и понимание, во что именно их стоит вкладывать

Средство от убийств 54

Родриго Герреро Веласко

Как эпидемиология может помочь в борьбе
с жестокостью?

Мировые лидеры 61

Какие страны вносят максимальный вклад в науку

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

От нано до велика 62

Валерий Чумаков

Продолжение рассказа о старейшем в азиатской части
России техническом вузе — Томском политехническом
университете: путешествие в Институт физики
высоких энергий



АСТРОФИЗИКА

Нейтрино на краю света 70

Фрэнсис Халзен

Космические частицы, пойманные в эксперименте IceCube
на Южном полюсе, принесли важную информацию с другого
конца Вселенной



Нераскрытые тайны скрытого космоса

Богдан Добреску и Дон Линкольн

В нашей Вселенной преобладают невидимые частицы темной материи, которые отличаются большим разнообразием и необычностью свойств

АРХЕОАСТРОНОМИЯ

Звезды мертвых

Сара Саймонс и Элизабет Таскер

В древнеегипетских гробницах обнаружены загадочные астрономические таблицы. Каким могло быть их назначение?

НАУКИ О ЖИЗНИ

Тайная жизнь лошадей

Уэнди Уильямс

В ходе многолетних наблюдений за дикими лошадьми выяснилось много неожиданных особенностей их поведения

78 НЕЙРОНАУКИ

Неписанные законы

104

Марк Дингеманзе и Ник Эффилд

Проанализировав несколько десятков языков, лингвисты сделали потрясающее открытие

ПРЕМИЯ

88 Заповедные земли и дальний космос

172

Владимир Губарев

Названы лауреаты Демидовской премии 2015 г.

Разделы

От редакции

3

96 50, 100, 150 лет тому назад

77

Науки о здоровье

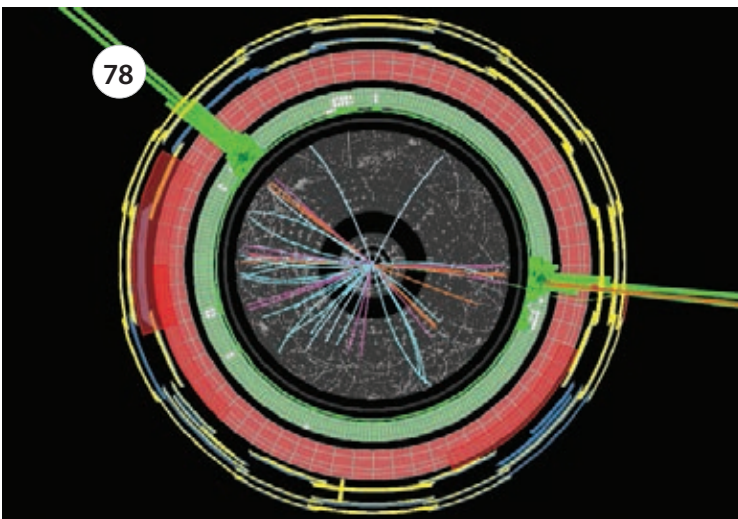
101

Технофайлы

110

Книжное обозрение

174



В мире науки

SCIENTIFIC AMERICAN

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



НАШИ ПАРТНЕРЫ:

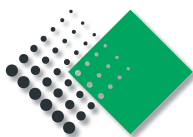


Российская Академия Наук



Сибирское отделение РАН

PETER



SERVICE



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



РОСАТОМ

очевидное



невероятное

Учредитель и издатель:

Некоммерческое партнерство «Международное партнерство распространения научных знаний»

Главный редактор:

В.Е. Фортов

Первый заместитель главного редактора:

А.Л. Асеев

Директор НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

С.В. Попова

Заместитель главного редактора:

А.Ю. Мостинская

Зав. отделом естественных наук:

В.Д. Ардаматская

Зав. отделом российских исследований:

О.Л. Беленицкая

Выпускающий редактор:

М.А. Янушкевич

Обозреватели:

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

Администратор редакции:

О.М. Горлова

Научные консультанты:

акад. А.Л. Асеев, акад. Л.И. Афтанас, д.х.н. А.В. Душкин, акад. Г.А. Жеребцов, член-корр. А.В. Латышев, член-корр. В.А. Лихолобов, д.х.н. О.И. Ломовский, акад. Н.З. Ляхов, член-корр. М.В. Ковальчук, акад. М.А. Пальцев, член-корр. С.Г. Псахье, акад. С.Б. Середенин, д.б.н., проф. Т.Г. Толстикова, акад. Б.А. Трофимов, акад. А.Г. Чучалин, д.х.н. Ю.М. Юхин

Над номером работали:

М.С. Багоцкая, Е.В. Кокурина, Т.М. Колядич, Н.Л. Лескова, Е.С. Новоселова, Ю.С. Позднякова, В.В. Покровский, А.И. Прокопенко, О.С. Сажина, И.Е. Сацевич, В.П. Фридман, Н.Н. Шафрановская, С.Э. Шафрановский, Е.Б. Яцишина

Арт-директор:

Д.В. Левин

Верстка:

А.Р. Гукасян

Корректора:

Я.Т. Лебедева

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

В.Е. Фортов

Заместитель директора

НП «Международное партнерство распространения научных знаний»:

В.К. Рыбникова

Финансовый директор:

Л.И. Гапоненко

Главный бухгалтер:

Е.Р. Мещерякова

Адрес редакции:

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

Иллюстрации предоставлены *Scientific American, Inc.*

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

Заказ №12 15-11-00463

© **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.



Актуальная фармацевтика

Сегодня нашей науке и промышленности как никогда прежде нужны профессионалы. Кризисные явления постепенно уйдут, ситуация в стране выправится. И очень важно, чтобы на первый план выдвигались люди, которые не только хорошо ориентируются в финансах, но были бы и знатоками своего дела. Особенно такого, от которого зависят жизнь и здоровье людей.

Выход последнего в этом году номера нашего журнала приурочен к началу работы научной сессии общего собрания членов Российской академии наук, главная тема которой формулируется так: «Научные основы эффективности и безопасности лекарственных средств». Древнегреческий врач и философ Гиппократ говорил: «Очень часто лучшее лекарство — это обойтись без него», призывая тем самым к осторожности в обращении и с самими препаратами, и с организмом больного человека.

Какова роль фундаментальной науки в обеспечении лекарственной безопасности России? Об этом и обо многом другом в течение двух дней будут говорить ведущие ученые нашей страны, причем не только медики, но и представители других специальностей — ведь современная фармакология находится на стыке многих дисциплин: фармацевтических, химических, физиологических, биологических, физических, нано-, информационных и др.

Несомненно, вопросы обеспечения людей лекарственными препаратами, импортозамещения имеют непосредственное отношение к безопасности страны и должны решаться на самом высоком государственном уровне. Поэтому главная задача, которая стоит сегодня перед нашей страной, — производство высокоэффективных доступных российских лекарств, основанных на отечественных научных разработках. И в этом смысле академии наук есть что предложить. Одна из целей общего

собрания РАН — ознакомить научное сообщество, промышленность, бизнес, всех заинтересованных лиц с инновационными разработками наших ученых.

Мы также планируем обсудить такие актуальные темы, как возможность реализации персонализированного подхода в создании новых медицинских препаратов, этическая медицина, современные методы создания новых эффективных лекарств и вакцин, вопросы медицинской этики и многие другие.

Обсуждение этих важнейших вопросов вы можете увидеть в этом номере журнала в интервью ведущих ученых, членов нашей академии А.Г. Чучалина, С.Б. Середина и М.А. Пальцева, а также в спецвыпуске, посвященном Сибирскому отделению Российской академии наук.

Произнеся свою знаменитую фразу «Российское могущество прирастает будет Сибирью», великий М.В. Ломоносов имел в виду прежде всего ее несметные природные ресурсы. Из нашего спецвыпуска, который открывается программным интервью председателя СО РАН академика А.Л. Асеева, становится очевидно, что не меньшая ценность — сибирская наука, которая развивается, несмотря ни на какие трудности, и что в ближайшем будущем непременно произойдут научные прорывы, которые в очередной раз прославят наших ученых и обязательно послужат задачам национальной безопасности России. Не только лекарственной.

Как уже было сказано, это последний номер 2015 г., поэтому я хочу поздравить вас, дорогие читатели и коллеги, с наступающими новогодними праздниками и от всей души пожелать вам крепкого здоровья, счастья, энергии и оптимизма!

До новых встреч в новом году!

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

Академик Александр Чучалин:

«**Без этики**
нет нормальной медицины»



Как регулируются отношения между медициной и обществом? Какими правами обладают пациенты? На ком лежит ответственность за качество медицинских препаратов? Как проводятся клинические испытания препаратов на пациентах?

В

семи этими вопросами занимается Совет по этике при Министерстве здравоохранения РФ, который возглавляет директор НИИ пульмонологии академик РАН **Александр Григорьевич Чучалин**. Наш разговор — о медицинской этике и спорных вопросах, которые с ее помощью пытаются разрешить.

— Александр Григорьевич, два года назад вы стали председателем Совета по этике при Минздраве РФ. Чего удалось достичь за это время?

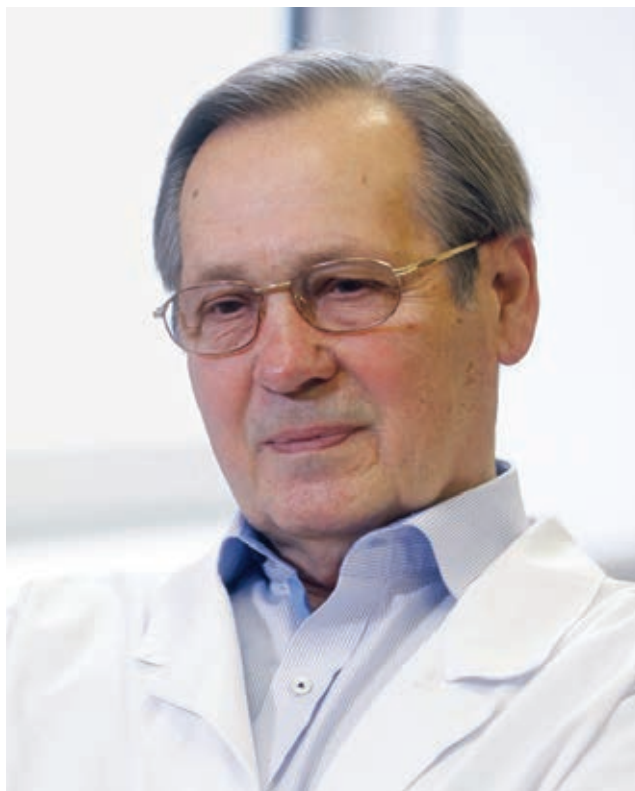
— Мы всегда сравниваем свою работу с тем, что происходит в мире. И когда я погрузился в эту тему, выяснилось, что многие развитые страны, допустим, Франция, меняют кодекс профессиональной этики врачей каждые два года. Казалось бы, что может измениться в этике? Медицинские исследования не стоят на месте, а поэтому и этические аспекты так же динамичны, как другие формы человеческого знания. С сожалением вынужден констатировать: мы проиграли динамическое развитие этических форм врачебного сообщества.

Россия в прошлом веке пережила много этических кризисов. С царской семьей был расстрелян доктор Е.С. Боткин, лейб-медик семьи Николая II, сын знаменитого русского врача С.П. Боткина. Или очень тяжелый этический кризис конца 30-х годов, когда, скажем, был репрессирован выдающийся врач Д.Д. Плетнев. Особенно болезненной стала эта тема в последний период жизни Сталина — я имею в виду так называемое дело врачей.

Наш Совет по этике исходит из двух очень важных принципов. Вся работа, которая там проводится, направлена на обеспечение интересов человека. Поэтому в первую очередь мы беспокоимся о безопасности человека, который будет вовлечен в клинические исследования, человека, который начнет регулярно принимать те или иные лекарственные препараты. И второй принцип, который заложен в фундамент нашей работы, — необходимость эффективности лекарственного препарата. Ведь лекарство может быть безопасно, но при этом малоэффективно, поэтому как ученые мы обязательно оцениваем этот параметр.

— Большой общественный резонанс сейчас вызывают публикации об эффективности гомеопатических препаратов, в то время как бесполезность гомеопатии давно признана научными сообществом.

— Такого рода вопросы также должен решать наш совет. Мы не имеем права обманывать ожидания больного человека, давая ему пустышку. Ведь



он может упустить время и не использовать свой шанс получить другое, более адекватное лечение. Два раза в месяц мы собираемся, обсуждаем накопившиеся за это время дела, и все они проходят через Совет по этике. Должен сказать, целый ряд приходящих к нам заявок мы вынуждены заворачивать. К сожалению, в основном это заявки, которые идут из российских медицинских центров. Наши ученые плохо пишут документы, плохо обосновывают, особенно хромает та часть, где человек должен дать письменное согласие на участие в исследовании того или иного препарата.

— То есть к вам поступают заявки на препараты, уже прошедшие ряд доклинических исследований, и ваш совет принимает решение, состоятся ли клинические исследования — иначе говоря, испытания препарата на людях?

— Да, мы имеем дело с уже готовыми молекулами, которые, как правило, испытаны на живой

клетке и лабораторных животных. Это стадия, когда вот-вот должны появиться лекарственные препараты. И эта стадия самая важная и ответственная. Она делится на фазы. Первая фаза — это здоровые люди, добровольцы, и они должны быть четко информированы, что им предлагают пройти исследование, что это за исследование и какие могут быть риски. Именно на таких пациентах отрабатываются дозы и безопасность препарата. Следующая фаза — когда лекарство применяется у больных с теми или другими показаниями. Здесь шлифуется то, что придет в клиническую практику. И на этом этапе у нас пока много ошибок и брака. Хотя есть и очень неплохие, обнадеживающие результаты.

Мир онлайн

— **Сколько сегодня в мире проводится таких исследований?**

— Цифра огромная: 250 тыс. клинических исследований в 180 странах мира. Россия активно участвует в клинических исследованиях, и наши ученые здесь хорошо себя зарекомендовали. Мы доказали, что можем вести исследования на высоком уровне. При этом, к сожалению, отечественных инновационных препаратов, входящих в программы таких международных исследований, раз-два и обчелся. Мы стараемся изменить эту ситуацию. Сейчас мы разместили наши исследования на сайте международной организации *ClinicalTrials* — это наше предложение миру. Глобальный мир открыт, это мир онлайн. И если говорить об этической стороне вопроса, каждый человек в этом мире должен знать, что ему предлагают, чем тот или иной препарат ценен или, наоборот, вреден. Клинические исследования не должны быть пустой формальностью — ведь речь идет о жизни и здоровье многих людей.

Скажем, сахарный диабет, при котором необходима терапия инсулином. В мире проводится 9 тыс. исследований — только вдумайтесь в эту цифру. Идет принципиально новое поколение инсулина: это сверхпролонгированные препараты, ингаляционный инсулин и инсулин, который можно назначить в виде таблеток. Сейчас сконцентрирован колоссальнейший мировой интеллект для того, чтобы провести клинические исследования по новой генерации инсулина.

— **Нашего препарата среди них, насколько я понимаю, нет. Как вы думаете, почему? Ведь в нашей стране огромный теоретический задел, море талантов, а лекарства приходится закупать за рубежом.**

— Да, это так. Все самые важные, глобальные медицинские идеи прошлого столетия связаны

с Россией. Скажем, идея трансплантации органов и тканей, разработанная и внедренная В.П. Демиховым. Вторая область — иммунитет. Здесь многие ученые сыграли немалую роль, но все признают значение И.И. Мечникова, который открыл миру сложную и многогранную иммунную систему, и мы по сей день ее исследуем, пытаемся лучше понять принципы ее работы. Или Н.Н. Аничков, который впервые описал специализированные миогистиоцитарные клетки миокарда, в мировой специальной литературе называемые «клетками Аничкова». Он открыл ведущее значение липидов, главным образом холестерина, в патогенезе атеросклероза, и это достижение признано в США одним из десяти важнейших открытий в медицине. Известный американский ученый Уильям Док сравнивал значение классических работ Аничкова по теории атеросклероза со значением открытия Робертом Кохом возбудителя туберкулеза. Крупный биохимик Дэниел Стейнберг писал: «Если бы истинное значение его находок было своевременно оценено, мы сэкономили бы более 30 лет усилий по улаживанию полемики о холестерине, а сам Аничков мог бы быть удостоен Нобелевской премии».

У меня был ряд встреч с Нобелевским комитетом, когда я был вице-президентом Академии медицинских наук СССР. Мне это наследство передал Н.Н. Блохин. Во время этих встреч всегда ощущалось, что на Западе глубокое, искреннее чувство вины перед нами, — ведь такие выдающиеся ученые, как Демидов, Аничков и целый ряд других, не стали нобелевскими лауреатами. Это большое упущение.

Кстати, начиная с 2007 г. Европейское общество по изучению атеросклероза ежегодно вручает престижную Аничковскую премию за самые выдающиеся исследования в области этого заболевания.

Жизнь до 120 лет и дольше

— **Не могу понять, почему, будучи вооруженными такой теорией, мы остаемся аутсайдерами в создании самих препаратов.**

— Это очень непростой вопрос. Я изучил тенденции в образовании и науке, которые направлены на создание инновационных лекарственных препаратов. Это своеобразный конгломерат, но большую роль здесь играют академии и университетские профессора, которые понимают суть болезни, их природу, они и формируют эти теории. Серьезную роль, безусловно, играют фарминдустрия и исследовательские лаборатории. И, конечно, рынок. И все эти звенья должны быть выстроены в одну четко работающую цепь: создание теории — воплощение — рынок. У нас такой цепи

Прогноз развития медицинских и биогенетических технологий



никогда не было. Она у нас рвалась в самом начале, на уровне теории. Никогда это не приобретало характера коммерции. Но сейчас, когда появились наши новые компании, думаю, кризис будет преодолен.

— **Иначе говоря, тенденция к созданию отечественных инновационных препаратов сейчас появилась?**

— В качестве примера хочу привести нашу инновационную компанию «Генериум», которая находится в маленьком российском городе Покрове. Там на базе старого предприятия микробиологической промышленности создали наукоград, где работает великолепная международная команда ученых. Они получают достойные зарплаты, которые платит, конечно, не государство. Но самое главное, что у них есть все условия для работы: лаборатории, реактивы, приборы. Сегодня это один из лучших центров мирового уровня. Там действует такая модель: идея следует в лабораторию, находит там свое практическое воплощение, а затем начинается производство — современное, тихое, экологичное, которое может разместиться на небольших площадях, тем более речь идет об инновационных препаратах, белковых антителах, или моноклональных антителах.

— **Что это за препараты?**

— Моноклональные антитела — это целевые, или таргетные (от англ. *target* — «цель») лекарственные препараты, которые влияют на различные аспекты, скажем, онкологических заболеваний. Например, рак молочной железы в разных стадиях. При начальных формах рака надо назначать одни моноклональные антитела, на далеко зашедших стадиях — другие. Или рак предстательной железы, колоректальный рак. В онкологии моноклональные антитела изменили возможные прогнозы этих грозных недугов. Мы не можем сказать, что полностью победили

диабет или рак, но мы можем значительно повысить качество жизни людей с этими диагнозами.

— **Александр Григорьевич, что за график на вашем слайде?**

— Здесь я показываю, что станет с человеком и с медициной в ближайшие десять, двадцать, тридцать и сорок лет. В 40-х гг. нашего века продолжительность жизни человека будет более 120 лет, почти как в Библии. Это не фантазия, а научный прогноз. Такое продление жизни станет возможным благодаря победе над ранее неизлечимыми заболеваниями за счет инновационных препаратов, в том числе моноклональных антител. Кроме того, меняется ситуация в трансплантации органов: начали выращивать органы в искусственных условиях, в лаборатории, и уже сделаны первые операции по пересадке почек, мочевого пузыря, созданных из стволовых клеток. Такие операции уже проведены в США. В этих исследованиях участвует и Россия. В Курчатовском институте под руководством академика М.А. Пальцева создали и уже пересадили искусственную трахею. Прорыв в этом направлении сейчас гигантский.

Но, если вернуться к нашему вопросу об этике, важно вот что. То, что сделали в Курчатовском институте, в отдельных научных центрах, — это здорово. Но надо, чтобы это было доступно не только одному-двум нашим пациентам, а всем нуждающимся.

Помню, как мы впервые сделали пересадку донорской трахеи. Это был шофер из Екатеринбурга, он попал в тяжелую аварию, получил разрыв трахеи. Человек был обречен на гибель. И тогда профессор В.С. Паршин вместе с сосудистым хирургом академиком Н.О. Милановым сделал успешную трансплантацию — первую в мире. Потом такие операции были поставлены на поток, мы спасли тысячи жизней. Так же должно быть и со стволовыми технологиями.

Нелегкие **легкие**

— **Года два назад мы с вами говорили о том, что в мире ведутся эксперименты по выращиванию из стволовых клеток ваших любимых легких. Как у нас с этим в стране?**

— Эта проблема называется неоальвеологенез, т.е. образование новых альвеол. Это действительно очень интересное направление, оно разрабатывается, ведутся теоретические работы и лабораторные исследования, но к человеку пока мы это не применяем. Все говорят о биоинженерии новых альвеол, но достичь этого уровня еще никому не удалось. Хотя потенциал у нас для этого есть: я имею в виду группу, которая собралась в Курчатовском институте.

— **Вы сказали, что у нас, к сожалению, очень мало инновационных препаратов, которыми можно гордиться. Однако они существуют. О каких препаратах речь?**

— Начну с Санкт-Петербурга, с НИИ особо чистых биопрепаратов, директор которого — А.С. Симбирцев. Там созданы инновационные препараты из группы интерлейкинов. Это тоже моноклональные антитела, которые регулируют и модифицируют действия важных цитокинов в аутовоспалительном процессе. Это целая группа заболеваний, с которыми врачи раньше не знали, как справляться. Сегодня всю палитру моноклональных антител такого рода делает этот институт.

Я был близок с М.Д. Машковским, основателем российской фармакологии. У него были определенные задумки, которые он обсуждал со мной. Михаил Давыдович ушел из жизни, но остались идеи, которые я стараюсь реализовать. И вот в Санкт-Петербурге на фармакологической фабрике идет третья фаза испытаний комбинированного препарата для лечения больных, страдающих эмфиземами, тяжелыми бронхитами и бронхиальной астмой. Думаю, в следующем году этот инновационный препарат будет готов.

— **А что за история с созданием ингавирина?**

— Идея этого препарата принадлежит академику Р.П. Евстигнеевой. Она ушла из жизни лет 20 тому назад. Узнал я ее, еще когда был аспирантом. Уже тогда, в 60-е годы, она мечтала создать эффективный препарат для лечения аллергии. Для решения этой проблемы она работала с калифорнийским моллюском, уж не знаю, как она умудрилась его достать. Этот моллюск, нанося удар по коже человека, впрыскивает в него огромное количество гистамина. Высокотоксичные, убийственные дозы. Она задалась вопросом: а почему сам моллюск не погибает? Какая антисистема

работает в этом моллюске? И она нашла баланс, выделив вещество, которое защищает это существо. Это потрясающе!

Римма Порфирьевна, а потом ее ученики, в частности В.Е. Небольсин, продолжили исследования и синтезировали новое поколение низкомолекулярных лекарственных препаратов, которые имеют мощное антигистаминное действие. Это и был ингавирин.

— **Но ведь ингавирин — это противовирусный препарат?**

— Совершенно верно. Потом выяснилось, что этот препарат работает по двум направлениям. Дело в том, что он действует на рецепторы интерферона, а слабость этих рецепторов — предпосылка к развитию как аллергических, так и вирусных заболеваний. Когда возникла проблема атипичной пневмонии, я предложил испытать ингавирин в моделях против коронавируса. Прошло три недели, и выяснилось, что он работает. Так мы победили атипичную пневмонию. Ни одна страна мира сегодня не имеет препарата такого уровня, как наш ингавирин.

— **Знаю, что «Генериум», о котором мы сегодня уже говорили, ведет пионерские работы в области гемофилии...**

— Совершенно верно. Мы создаем лекарство, которое поможет успешно лечить пациентов с врожденным ангионевротическим отеком. Это молекула, которая позволит более успешно справляться с геморрагическим шоком при тяжелых осложнениях различных инфекций. Происходит массивная потеря электролитов, и человек погибает. Мы создаем лекарства, которые решают эти проблемы.

Ведется интенсивная работа по созданию российского препарата для лечения тяжелых форм эмфиземы легких. Это ингибитор альфа-1-антитрипсина. Он имеет прямое отношение к формированию биопленки, а биопленка — это колоссальнейшая проблема резистентности антибактериальных препаратов. Вместе с группой из «Генериума» мы ведем очень интересное генно-инженерное исследование по ферменту, разрушающему ДНК. Это нужно в случаях, когда образуется вязкий секрет в урогенитальной, в билиарной области или в дыхательных путях. Это актуально, например, для лечения больных муковисцидозом.

Российское — **значит отличное?**

— **В наших аптеках немало отечественных препаратов, но некоторые врачи, выписывая рецепт, подчеркивают: покупайте только импортные, потому что на российские возможна сильная аллергическая реакция. Как с этим быть?**

— Я воспринимаю это как вызов. Простой командой эту ситуацию не исправишь. Мы должны целенаправленно и аргументированно возвращать престиж отечественной фармакологии.

— **Александр Григорьевич, хотелось бы затронуть такую важную тему, как антибиотики. Правда ли, что сегодня растет число людей, на которых они не действуют?**

— Это моя тема — тяжелые больные, которые переносят сепсис, пневмонии, инфекции другой локализации, и мы никогда не имеем уверенности, что антибиотики обладают нужной эффективностью. Это очень серьезная проблема. Вопрос фундаментальный: что с момента открытия антибиотиков произошло не только с микробами, но и с человеком? За эти годы изменился его иммунитет, реактивность. Мы впервые в истории сталкиваемся с возбудителями, которые на 100% резистентны к антибактериальным препаратам.

— **К любим?**

— Абсолютно. Даже к тем, которые появляются в лаборатории сегодня и еще никогда не применялись, определенные возбудители резистентны. Я занимаюсь такой проблемой, как муковисцидоз. Детишки, которые с ним родились, сразу стали получать антибиотики. Так вот, среди всего разнообразия муковисцидоза есть такой возбудитель *Burkholderia cepacia*, вызывающий синдром сепсиса, при котором у этих больных наблюдается стопроцентная резистентность к антибиотикам.

— **И что же вы делаете?**

— Мы пытаемся искать подходы, связанные с регулированием иммунного ответа, как при раке. Например, иммуноглобулины. Вместе с НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи, группой академика А.Л. Гинзбурга разрабатываем новые подходы к воздействию на биопленку.

— **А что за исследования, связанные с микробиотой?**

— Микробиота — это микроорганизмы, которые не высеваются обычным путем, а мы можем о них судить с помощью молекулярно-биологических методов. Оказывается, в желудочно-кишечном тракте живут миллиарды микроорганизмов, и если их перевести в весовую категорию, это более 5 кг! Микробиота играет очень важную роль в пищеварении, в формировании иммунной защиты не только желудочно-кишечного тракта, но и всего организма — и кожных покровов, и даже дыхательных путей. У нас такие исследования тоже ведутся. Мы стоим на пороге совершенно новых знаний, и, по всей видимости, придут новые научные разработки.

— **Когда мы сможем лечить все эти заболевания?**

— Я оптимист и живу конкретными сроками. В следующем году должны выйти два новых лекарственных препарата, в испытаниях которых я

участвую. Появятся наши моноклональные антитела для лечения аллергических заболеваний. Через год, в 2017 г., мы должны получить препарат ДНКазу, ингибитор альфа-1-антитрипсина. Мы ждем появления нового поколения вакцины, особенно направленной на такого возбудителя, как синегнойная палочка. Это отечественная вакцина, которая разрабатывается НИИ вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова, и эту работу ведет профессор Н.А. Михайлова.

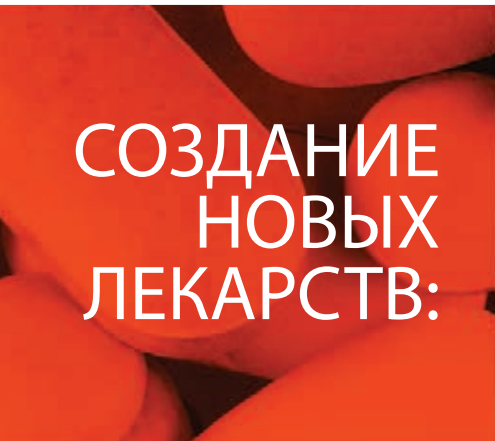
Думаю, с мозгами в России все нормально, но надо организоваться. И роль академии и университетов как генератора идей в этом отношении очень важна. Но фарминдустрия не должна эгоистично вести себя по отношению к ученым. У нас пока в большинстве случаев только деньги, только прибыль, а вкладывать в развитие, в разработки мало кто хочет. А если вернуться к нашей главной теме, к этике, то взаимное уважение и этическое отношение друг к другу и в конечном счете к пациенту должны стать той путеводной нитью, которая выведет нашу фармацевтику из нынешней непростой ситуации. ■

Беседовала **Наталья Лескова**

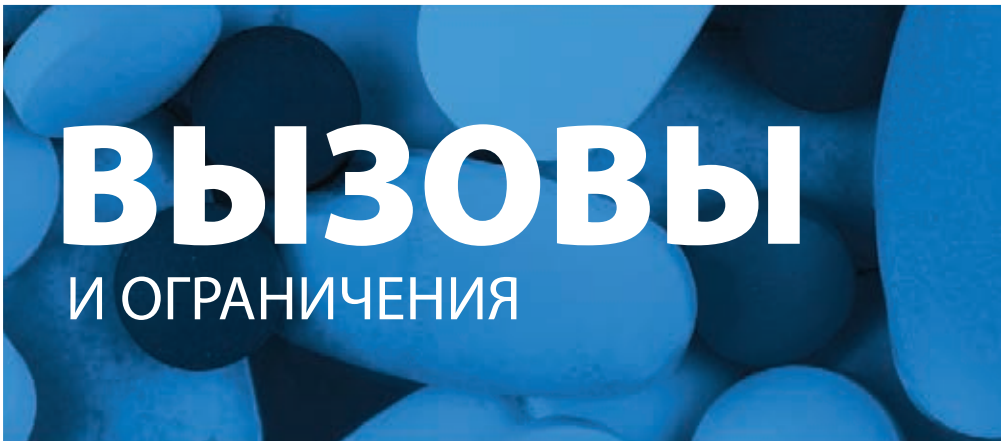
СПРАВКА

Александр Григорьевич Чучалин

- Академик РАН, директор Московского НИИ пульмонологии.
- Главный терапевт Министерства здравоохранения РФ, председатель Совета по этике Минздрава РФ.
- Научный руководитель и президент ежегодного Общероссийского национального конгресса «Человек и лекарство».
- Президент Общества православных врачей.
- С 2005 г. — председатель правления Российского респираторного общества.
- Научный руководитель государственной научно-технической программы «Здоровье населения России» и президент одноименного фонда.
- В 2006 г. под руководством А.Г. Чучалина была проведена первая в России успешная двусторонняя трансплантация легких, признанная во всем мире вершиной современных медицинских технологий.
- В 1997 г. несколько международных научных центров назвали академика Чучалина человеком года; в 2003 г. стал первым в России лауреатом международной премии «Золотой Гиппократ»; награжден орденами «За заслуги перед Отечеством», «Знак Почета» и медалями, трижды лауреат Государственной премии Правительства РФ, лауреат премии Минздрава РФ «Признание».



СОЗДАНИЕ
НОВЫХ
ЛЕКАРСТВ:



ВЫЗОВЫ
И ОГРАНИЧЕНИЯ





Первая проблема ученых состоит в создании принципиально новых лекарств. Вторая — в поиске химически или биотехнологически синтезированных веществ, которые можно превратить в реальный прообраз нового лекарственного препарата



Директор НИИ фармакологии им. В.В. Закусова академик **Сергей Борисович Середенин** рассказал в интервью нашему журналу о создании новых лекарств, о проблемах, стоящих перед российскими фармакологами, а также о том, какое отношение ко всему этому имеют вопросы этики



— Какие проблемы стоят сейчас перед фармакологией? И какую роль здесь играет академическая наука?

— С самого начала я должен подчеркнуть разницу между производством так называемых дженериков и созданием новых лекарств. Под дженериками понимаются лекарства, на которые закончилось действие патентов, и теперь любая компания, имеющая соответствующую лицензию, может производить их самостоятельно. Здесь науки нет, это чистая технология, которая должна привести к более дешевому, но такому же по качеству препарату. Поэтому вопрос дженериков — не академическая задача.

Задача академических ученых состоит в создании принципиально новых лекарств. Их первая, главная проблема — в поиске новых подходов, решений, идеологии фармакологической регуляции. Вторая проблема состоит в поиске химически или биотехнологически синтезированных веществ, которые эту идеологию могут превратить в реальный прообраз нового лекарственного препарата.

Создав идеологию, вы затем создаете библиотеку соединений, необходимых для ее реализации, а уже из них отбираете лучшие, причем основное содержание понятия «лучшее» в данном случае — эффективность, избирательность и безвредность нового препарата.

Директор НИИ фармакологии
им. В.В. Закусова академик С.Б. Середенин



Здесь и возникает крупная проблема, которую я называю этической. Она возникает потому, что наука о создании лекарств в отличие от других наук может приносить деньги, причем крупные. И это, к сожалению, особенно в наших новых социально-экономических условиях, становится доминантой в головах у предпринимателей. А этическая проблема здесь заключается в том, что, если ты создаешь оригинальное лекарство, ты в первую очередь должен доказать, что оно обладает конкретными преимуществами по сравнению с существующими на сегодня. На данном этапе развития преобладание коммерческих интересов оказалось серьезной проблемой. Это было заметно при отборе проектов в программу «Фарма 2020» (разработанная в 2008 г. стратегия развития российской фармацевтической промышленности на период до 2020 г. — Примеч. ред.). Работая экспертом в этой программе, я увидел, что многие авторы, не имеющие достаточного образования, всерьез считают, что, если проект коммерчески выгодный, его следует поддерживать, а вопрос эффективности уходит при этом на второй план. Проблема очень серьезная, и подобные примеры показывают: главное условие для ее решения состоит в том, что именно академическое сообщество должно определять идеологию лекарственных разработок.

— **И как же ее решать академическому сообществу? Создавать специальные протоколы?**

— Протоколы здесь не помогут, да они и невозможны при создании нового. Они необходимы для

производства дженериков, для соблюдения технологий, обеспечивающих их качество. Создавая новое лекарство, вы идете непроторенным путем, вы не знаете, что будет за следующим поворотом, и никаких общих протоколов здесь по определению быть не может. Единственное, что здесь может и должно быть, — библия, моральный кодекс строителя коммунизма, если хотите, иначе говоря, кодекс поведения ученого, кодекс совести! Там, где речь идет о жизни и здоровье людей, он особенно важен. Ученый должен понимать, что ни научный успех, ни какие-то мотивации, связанные с карьерным ростом, финансами, не должны быть на первом месте. На первом месте должно быть доказательство эффективности и безвредности нового препарата, а также его преимуществ по сравнению с тем, что уже существует. Если это есть в голове у ученого, он идет по правильному пути. Если этого нет, я бы такого исследователя не называл ученым. К сожалению, в действующих системах регистрации эти позиции недостаточно четко обозначены.

— **Сегодня фармакология, а именно тот ее раздел, который называется по-заграничному драг-дизайном, т.е. разработкой лекарств, и которым целенаправленно занимается ваш институт, во всем мире переживает подъем. В чем конкретно этот подъем заключается?**

— Для начала немного истории. Фармакология возникла одновременно с человечеством, людей всегда занимали два главных для нее вопроса — откуда берутся лекарства и как их искать.

Источником для лекарств были новые знания. Человек сорвал листочек, съел, понял, что это лекарство, — это было его новое знание. База новых знаний пополнялась, были обнаружены растения, обладавшие стимулирующим эффектом, наркотическим действием и пр. Потом появились методы выделения и очистки, получались новые вещества. То же было и с физиологией. Скажем, открыли адреналин или кортикостероиды — и у человека появилось новое знание, на базе этих вновь открытых структур создавались лекарства. Вся фармакология, существующая сегодня, так или иначе привязана к физиологическим открытиям.

А сейчас наступил качественно новый момент, еще более интересный с точки зрения фундаментальности. Раскрываются клеточные механизмы регуляции, механизмы формирования клеточного ответа на всевозможные внешние воздействия. Раскрываются новые механизмы проведения сигнала. В результате возник совершенно новый аспект возможностей фармакологии, мы идем уже не от какого-то известного регуляторного соединения, а от молекулы, от белка, про который известно, что он участвует в той или иной физиологической реакции. Его повреждение — генетическое или другое — привело к патологии, потому что нарушается регуляторная функция. Мы хотим воздействовать на этот белок, восстановить регуляцию. Используя различные методы, можно определить связывающий участок этого белка и отсюда искать лиганд, с ним взаимодействующий.

Зная структуру участка связывания, мы можем при помощи компьютерного дизайна создавать структуру предполагаемого лиганда. Таким образом, если до конца XX в. фармакология строилась исключительно на подобию, то сейчас возникает возможность осмысленного воздействия на мишень.

— А что это означает в реальности?

— В реальности это означает расширение области поиска регуляторов. Например, в дополнение к воздействию на рецепторы поверхности клетки теперь, с выявлением новых внутриклеточных процессов, мы получили возможность влиять и на внутриклеточные структуры. Ученые довольно активно используют эту возможность, есть удачные примеры внутриклеточной регуляции. Например, в нашем институте выполнена разработка, связанная с шапероном. Шаперон — своеобразный «белок-телохранитель», белковое образование, которое при конформационных нарушениях в другом белке способно взаимодействовать с ним и выправлять это нарушение. Таким путем мы первыми создали анксиолитик с принципиально новым механизмом действия — первый лигандный активатор шаперона, внедренный в медицинскую практику в 2006 г.

— Новые знания, новые мощности компьютеров, стремительное развитие геномики — все это дало импульс развитию драг-дизайна. Чем отличаются новые задачи по созданию лекарств от того, что было, скажем, в начале века?

— Мой ответ, возможно, вас удивит: ничем! Задачи остаются прежними: эффективность, избирательность, безвредность. Однако расширились возможности конструирования. Вместе с тем новые методы дополняют, не отвергая их, традиционные. У нас многие, особенно чиновники, любят лозунги. Сейчас, например, настаивают на постгеномных технологиях. Когда меня спросили, может ли это обеспечить прорыв в фармакологии, я не смог ответить, но задал оппоненту контрвопрос: «А если я создам лекарство, используя догеномные технологии, — это хорошо или плохо?» Он тоже не смог ответить. На самом деле ответ дан уже хотя бы последней Нобелевской премией — ее, как известно, получила китайка Юю Ту, создавшая лекарство против малярии на основе анали-

На сегодня многочисленные клинические исследования не дали оснований утверждать, что даже полногеномный анализ определяет с достаточной вероятностью прогноз болезни и эффективность фармакотерапии

за структуры веществ, содержащихся в растении! Этот метод известен очень давно, просто появились новые технологии, новые методы скрининга подобных соединений, но идеология-то не изменилась. Если говорить о качественных скачках, они произошли, как я уже говорил, в методических возможностях, а идеология осталась прежней: это использование и модификация структуры уже известных регуляторов, поиск новых. Она не изменилась, да и в принципе измениться не может, поскольку фармакология неразрывно связана с физиологией человека и иной цели создания лекарств не существует.

— Неужели ничего не изменилось? Что, например, происходит сейчас с разработкой персонализированных лекарств?

— Активные разговоры о персонализированных лекарствах начались, как только удалось прочесть геном человека. Все говорили о скором приходе новой медицины, когда, разобравшись, какие гены



На территории НИИ фармакологии им. В.В. Закусова

за что отвечают, какие гены у данного конкретного человека нарушены, ученые придумают способ починить эти гены — и все сразу выздоровеют. Говорили все, молчали только генетики и фармакологи. Молчали они потому, что хорошо знали, насколько велика дистанция от гена до фенотипа, неизвестно, какие модификации вносит природа у человека при измененном гене. На сегодня многочисленные клинические исследования не дали оснований утверждать, что даже полногеномный анализ определяет с достаточной вероятностью прогноз болезни и эффективность фармакотерапии. Тем не менее когда удастся проследить механизмы генетического контроля, успешные решения имеются, например, при применении антикоагулянтов, при учете интенсивности биотрансформации лекарств.

На основе данных геномики мы определили целесообразность создания лекарств со сходным фармакологическим действием, но работающих по разным механизмам. Скажем, мы создаем противотревожные препараты, которые действуют на разные механизмы тревоги, и таким образом даем врачу возможность подобрать препарат, к которому его пациент будет чувствителен. Каждая группа лекарств, особенно в психофармакологии, находит свою группу пациентов. Это новая концепция в фармакологии, разрабатываемая нами в последние годы.

— **Возглавляемый вами институт имеет необычную структуру. Такое впечатление, что все его лаборатории представляют собой звенья**

единого целого, каждая тесно связана с остальными, имеет свою задачу, посвященную главному предмету — созданию нового лекарства.

— Действительно, это так. И это отличает наш институт от многих других, потому что с самого начала был заложен принцип программно-целевых исследований. И почти все время, которое мы существуем, нас пытаются сверху учить всякой чепухе, диктуют, что и как нам делать, но мы до сих пор умудряемся сохранить свои принципы организации работы. Для каждой задачи, которую мы перед собой ставим, создается программа, охватывающая все лаборатории. Например, возникает идея нового нейропротектора. Теоретики обкатывают эту идею, потом мы создаем химические соединения, их затем изучают фармакологи, нейробиологи показывают, как это действует, фармакокинетики смотрят, как вещество распределяется, выводится из организма, токсикологи определяют токсичность и т.д. Под каждую идею у нас есть такая программа, которая предусматривает все аспекты, связанные с разработкой нового препарата, — от идеи до клинических исследований. Мы могли бы проводить и стартовые клинические исследования, у нас существует клиническая лаборатория, которая проводила первый этап оценки нового препарата с большим успехом, но по ФЗ 61 это делать нельзя.

— **Что такое ФЗ 61?**

— Это закон, регулирующий обращение лекарственных средств. Он разрешает разработчику

спонсировать проведение клинических исследований, но сам он участвовать в них не может. Для новых оригинальных препаратов это большое ограничение. Вообще, одна из бед нашей фармакологии заключается в несогласованности регуляторных норм. Скажем, в развитых странах стандартный период прохождения нового лекарства от идеи до аптеки составляет 10–12 лет, а у нас все это происходит намного дольше, потому что на каждом этапе возникают неоправданные задержки. Например, при закупке необходимых реактивов. На западе такие проблемы решаются в один-два дня, у нас же законы устроены так, что раньше, чем через полгода, нужного реактива вы не получите. Он нужен вам сейчас, через полгода проблема уйдет. А сейчас от нас еще требуют, чтобы мы предоставляли план закупок на три года вперед. И это — от ведущих поисковые работы научных учреждений!

Особенно проблема задержек заметна на этапе клинических исследований. Новые лекарства у нас создаются в основном в академических учреждениях. Там есть люди, способные их создавать, у них есть знания, мотивация, в большинстве своем они руководствуются кодексом совести, о котором я говорил вначале. Но у них нет денег на оплату клинических исследований вновь созданных препаратов. Вместе с тем в России проведение клинических исследований поставлено хорошо, но они проводятся преимущественно для зарубежных фирм, академические ученые не в состоянии составить им финансовую конкуренцию, а механизмы для изучения в клинике отечественных препаратов не отработаны.

— И все же вы продолжаете делать лекарства, которые затем можно купить в аптеке. Много ли на вашем счету популярных препаратов?

— Вот наш продукт, смотрите сами.

(Сергей Борисович не без гордости указывает на полку, уставленную примерно десятком лекарственных упаковок, среди которых даже не всегда давай поликлиник может увидеть знакомые названия — афобазол, феназепам, мексидол...)

— В России к отечественным лекарствам относятся с недоверием, предпочитая зарубежную продукцию. Как вы думаете, что нужно для того, чтобы победить это недоверие?

— Я вам скажу, откуда это недоверие пошло. Советский Союз обеспечивал себя собственными лекарствами из собственных субстанций на 70%. Была фармацевтическая промышленность, работали солидные отраслевые институты. Проблема возникла из системы спецобслуживания, использовавшей импортные препараты. Это и породило ажиотаж: если начальство лечится западными лекарствами, значит наши лекарства хуже. Недоверие пошло оттуда, а потом доверию уже просто не откуда было возникнуть, потому что в 1990-е гг.

вся наша фармацевтическая промышленность в одночасье была уничтожена. Рынок быстро заняли зарубежные компании.

А насчет того, как вернуть доверие... Просто надо делать эффективные препараты, и люди, я вас уверяю, будут их активно и с удовольствием покупать, а врачи — назначать. Например, два наших препарата — мексидол и феназепам — включены в список жизненно необходимых лекарств, и нет даже намека на недоверие к ним. ■


Беседовал Владимир Покровский



СПРАВКА

Сергей Борисович Серединин

- Академик РАН и РАМН, доктор медицинских наук, профессор, директор Научно-исследовательского института фармакологии им. В.В. Закусова.
- В 1969 г. окончил 2-й Московский медицинский институт им. Н.И. Пирогова.
- В 1972 г. защитил кандидатскую, в 1983 г. — докторскую диссертацию.
- Работал младшим научным сотрудником, ассистентом кафедры молекулярной фармакологии и радиобиологии, зав. лабораторией фармакогенетики 2-го ММИ им. Н.И. Пирогова.
- С 1991 г. — директор НИИ фармакологии РАМН (ГУ НИИ фармакологии им. В.В. Закусова РАМН).
- Область научных интересов: фармакология и фармакогенетика.
- С.Б. Серединин создал и изучил медицинские препараты — анксиолитики, ноотропы, антиастенические средства (феназепам, сиднокарб, ладастен).
- Автор около 300 научных работ, из них пять монографий.



Начиная любую реформу, нужно прежде всего разработать идеологию, а затем создать инструмент достижения цели. В нашей ситуации такая идеология есть, и она ориентирована персонально на человека

— Михаил Александрович, за последние 15 лет принципы и характер мировой медицины изменились в сторону персонализации. Можно, наверное, говорить о настоящей революции в этой сфере. Известно, что вы приложили много усилий, чтобы и российская медицина пошла по этому пути. Насколько это реально в нынешних условиях и существует ли сегодня модель развития персональной медицины именно для России?


— Если говорить о сегодняшней ситуации в науке, биомедицине, фармацевтике, проблема в отсутствии нормальной организации. К сожалению, нет четкого понимания цели: что именно мы хотим получить. Метания (в России начиная с 1985 г. ни одна реформа не была доведена до конца) и отсутствие определенных целей — причина сегодняшних неудач в развитии персональной медицины, да и в здравоохранении в целом. В нашей науке работает достаточно креативных исследователей, есть много перспективных идей, но развития в России они чаще всего не находят. Разрыв между теорией и практикой — основная причина того, что у нас нет ярких достижений, в том числе в фармацевтике.

Начиная любую реформу, нужно прежде всего разработать идеологию, а затем создать модель, инструмент достижения цели. В нашей ситуации такая идеология есть, и она ориентирована персонально на человека. В отличие от того, как строилась медицинская тактика раньше, — если использовать военно-политические аналогии нынешнего дня, на «ковровом бомбометании»: когда неизвестно, где прячутся террористы, бомбят всю территорию. В применении к медицине это значит, что если нельзя точно определить мишень, на которую нужно воздействовать, то пытаются применять сильные лекарства широкого спектра действия. Можно привести в пример химиотерапию, когда используемые препараты убивают все клетки — и больные, и здоровые.


Сейчас такой подход уже устарел, прежде всего идеологически, поскольку высшей ценностью становится человек, его индивидуальность, качество жизни, и персонализированная медицина использует совсем другие подходы.

— Вы не могли бы их охарактеризовать?

— Прежде хочу напомнить, что в первоначальном виде они появились более 100 лет назад. Уже тогда



Главный ученый секретарь Президиума РАН академик **Михаил Александрович Пальцев** считается идеологом персональной науки и персональной медицины. В интервью нашему журналу он рассказал о современных мировых трендах в этой области, российских проблемах и перспективах создания персональных лекарств



Фармакология: персональный ПОДХОД



Главный научный секретарь Президиума РАН академик М.А. Пальцев

будущих врачей в университете начали учить осматривать, расспрашивать пациентов, и они должны были таким образом распознать болезнь. Эти истории болезней хранятся в музее — даже история, записанная Антоном Чеховым.

Теперь мы возвращаемся к этому, но уже на другом уровне. К осмотру добавился мощный инструмент — молекулярно-генетическая диагностика. Изучая гены, молекулы, сигнальные пути, обрабатывая тесты с помощью биоинформатики, мы «рисует портрет» заболевания конкретного человека. Мы можем узнать многое и об организме человека, который в данный момент здоров или чувствует себя таковым, — что его беспокоит, чем он может заболеть, каков процент риска, даже примерно сколько лет он проживет и от чего может умереть.

Эти возможности диагностики коренным образом изменили ситуацию, потребовав иных подходов в лечении. Фармакологи при создании лекарств ориентируются на более точные мишени, часто индивидуальные, общие для относительно небольших групп пациентов. Но это требует предельной точности в определении дозировок. Сейчас идет речь об очень маленьких дозах, разных для каждого больного, и в конце концов, с использованием этого «молекулярно-генетического портрета», — о создании определенных лекарств для каждого больного или для небольших групп.

Понятно, что сегодняшней взгляд на болезнь — это прежде всего ее молекулярная картина. В начале XXI в. появилась молекулярная медицина,

и именно ее методы открыли дорогу персонализированной медицине. Если говорить об идеологии, то она с каждым годом становится более сложной и сегодня строится на четырех «П».

Первая «П» — это предиктивная, или предсказательная медицина. Еще в период формирования плода есть возможность найти его молекулы в крови матери, провести генетический тест и обнаружить возможные проблемы, которые могут возникнуть у ребенка после его рождения.

Следующая «П» — профилактическая, или превентивная медицина: что нужно сделать для того, чтобы заболевание не возникло. Самый простой способ — хирургическое превентивное лечение (вспомним недавний пример с Анджелиной Джоли), но все-таки в этой части мы возлагаем большие надежды на превентивные фармакологические средства, которые могут остановить болезнь в зародыше или не дать ей развиваться: например, заблокировать гены, отвечающие за ту или иную патологию или вызывающие ее.

Третий уровень (или третья «П») — персонализированное лечение. Можно лечить, как мы уже говорили, прибегая к «ковровому бомбометанию», а можно точно. Прекрасный пример — так называемая таргетная терапия при онкологических заболеваниях. Можно воздействовать целенаправленно на определенные мишени — гены, белки у опухоли, после чего она перестает расти. И многие люди при такой терапии живут достаточно долго, она удерживает опухоль в определенном состоянии, не давая ей развиваться.

Для терапии можно использовать не только фармакологические препараты, это могут быть и клетки, в частности стволовые клетки, выделенные

Технологии, которые широко внедряются на Западе, пока нереализуемы в России. Одна из причин: не развито лабораторное приборостроение и нет расходных материалов

из пуповинной крови, которые хранятся при определенной температуре до той поры, пока в них не возникнет нужда. Например, при гематологическом заболевании можно уничтожить клетки костного мозга ребенка и заменить их на его собственные клетки, которые были сохранены. При этом формируется новый костный мозг, и такая технология уже применяется! Однако это может подойти не каждому, как не каждому подходит и препарат, каким бы хорошим и дорогим он ни был. Персонализированный подход в том и состоит, чтобы

подобрать для пациента лечение, которое будет работать именно в его случае. И здесь снова не обойтись без молекулярной медицины, молекулярно-генетических тестов, дающих возможность определить, будет ли лечение эффективным.

Четвертая «П» в этой персонализированной доктрине может показаться дополнительной опцией, но на самом деле это неотъемлемая ее часть: партиципативность, или участие пациента в лечении самого себя. Он должен быть полностью информирован, вовлечен в процесс, должен понимать свое состояние и принимать участие в решениях.

— **Углубленная молекулярно-генетическая диагностика одновременно открыла возможности для создания новых методов лечения. В каком смысле она опрокидывает принятые протоколы. Тесты, основанные на изучении генома опухоли, например, показали, что при определенных видах рака для 75% пациентов проведенная химиотерапия была заведомо неэффективной. В США и фармкомпания, и клиники адаптируются к новым подходам довольно быстро. В Европе протоколы лечения тоже постепенно меняются. В России же они не соответствуют современным возможностям. Почему?**

— В России сегодня спрос превышает предложение. Я имею в виду спрос со стороны пациентов, их требования к здравоохранению. В настоящее время профессиональная медицинская литература доступна широкому кругу населения. Пациенты много знают и правильно формулируют задачи, но произвести революцию в медицине крайне сложно. И сейчас возникают некие ножницы: технологии, которые широко внедряются на Западе (и пациентам о них известно), пока нереализуемы в России. Одна из причин: не развито лабораторное приборостроение и нет расходных материалов, обеспечивающих работу этого оборудования. Например, основным на сегодня методом поиска метастазов при онкологических заболеваниях выступает позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). Я сам участвовал в сессиях МАГАТЭ, когда была озвучена статистика того, что в США 95% онкологических больных проходят ПЭТ (по протоколу), в России даже статистики нет, это десятки доли процента. В Москве только четыре ПЭТ-центра, которые работают крайне неритмично. В Германии



В лаборатории контроля качества производства лекарственных препаратов и диагностических наборов

во многих университетских клиниках эти установки работают круглосуточно. Если говорить о сырье для ПЭТ, то для того чтобы диагностировать разные виды опухолей, необходимо производить около 100 различных фармпрепаратов, основанных на радиоактивных изотопах. В России производится четыре-семь. Это серьезно тормозит нашит медицину.

Но главная проблема — в ментальной оторванности медицины от науки. Если ученые в России знают, что нужно, куда двигаться, то фактическая реализация затруднена. И дело не только в экономике, но и в неправильной организации. Цель вроде бы провозглашена, но в практическом аспекте она не реализуется и конкретные шаги не определены.

— **А малые предприятия, стартапы? Есть у них здесь будущее? Как и у компаний, создающих лекарства для ограниченных групп внутри одного заболевания?**

— Есть хорошие наработки. Но стартап не решает вопрос, поскольку это лишь некое оформление идеи, дальнейшего же продвижения продукта нет. У стартапа в России в большинстве случаев два пути развития. Первый — путь в никуда, т.е. он просто заканчивается без продолжения. Второй — разработка уходит на Запад: создается совместная компания, и продукт теряет российскую «окраску».

Отечественных компаний, вкладывающих средства в развитие науки, немного, там работает в основном молодежь, прошедшая обучение за границей, большей частью это биоинформатики, есть генетики, молекулярные биологи. Но это единицы, они тоже пока в начале пути, и мы не знаем, что с ними будет дальше, поскольку условий для завершения разработки и выведения продукта



Доклинические исследования лекарственных разработок

на рынок не создано. В США, как и у нас, стартапы существуют на гранты, но на следующем этапе разработка переходит к специальным фондам, которые поддерживает государство. У нас такой господдержки нет, и нет полного цикла. Кроме того, многие продукты представляют собой усовершенствованные или модифицированные западные разработки. Это тоже связано с финансовыми ограничениями. Любой работающий ученый хочет получить результат и вынужден идти на разумные компромиссы и упрощенные решения.

— **Получается, ситуация для российских пациентов не оптимистична. Они не могут пользоваться тем, что есть уже сегодня, не говоря о том, что будет доступно через два-три года. Какое решение тут может быть?**

— Прежде всего надо добиться, чтобы наши врачи приняли идеологию персонализированной медицины. Это, пожалуй, главное, потому что многие ее элементы можно внедрять в России хоть сейчас. Это не зна-

чит, что каждому можно сделать генетический скрининг и снабдить его персональным лекарством, но двигаться в этом направлении необходимо. Для этого нужно принять принципы и соблюдать их.

С чего начинать? Менять программы в вузах, студентам надо показывать биомедицинские технологии, учить, как их применять. Обучать уже работающий персонал, ну и иметь подробную дорожную карту перехода на персональную медицину.

Нужно выстроить приоритеты. Онкология сегодня занимает второе место в шкале смертности населения, а химиотерапия строится на старых

принципах. Нужно закрывать эту брешь. У нас блестяще работают хирурги, но после операции наступает провал. Я недавно встречался с руководителями крупнейшей страховой компании Германии, которой принадлежит сеть частных клиник, и узнал, что 30% пациентов — из России. Они приезжают не на операции, а на лечение и долечивание.

Или, например, ортопедия: в замене суставов нуждаются тысячи и тысячи людей. Суставы в России сделать можно, но отсутствуют хорошие материалы, а отечественные не доведены до нужных кондиций. Больной оказывается перед дилеммой: можно сделать «свое» дешевле, но могут возникнуть проблемы, либо импортное — дороже. Коленный сустав можно поменять и через две недели начать ходить — в Европе, а у нас — это долгие месяцы восстановления.

Медицина должна быть удобной, человек должен быстро реабилитироваться, иметь возможность работать. Многие люди, которых мы видим с костылями и палками, — это результат несовершенного российского здравоохранения.

Ну и стенты, которые ставят в коронарные артерии, — уже давно везде все знают, что, если их поставить в первые часы инфаркта, сердце будет сохранным и пациент уже через три недели сможет работать. У нас есть понимание, как это делать, но по-прежнему делают в ограниченном числе мест.

Мы стоим перед выбором: либо заливать пожар, закупая дешевые дженерики и просроченное оборудование, либо следовать современным трендам медицины. Если говорить о приоритетах, то надо решать главные проблемы, те, что представляют

наибольшую угрозу для населения, — болезни сердца и мозга, онкологические заболевания. Переориентироваться, выделить главные риски и бороться с ними с помощью современных технологий.

Каждый день открываются новые и новые особенности в понимании генетики человека и функций генов

Здравоохранение отражает духовное состояние общества: нельзя убивать самих себя. До тех пор пока не будет понимания, что это основа основ, ничего не появится. Война или здоровье. У нас нет понимания, что здравоохранение — абсолютный приоритет.

— **Отвлечемся немного от наших проблем и заглянем в будущее. Как вы относитесь к генной терапии — ее возвращению после нескольких первых неудачных попыток?**

— На мой взгляд, это одно из самых перспективных направлений в биомедицине, но это пока еще наука, и неизвестно, удастся ли решить все

проблемы, чтобы она стала постоянным инструментом в клинике. Основная проблема — носитель. Если проблема будет решена, можно говорить о генной терапии. Не знаю, сколько лет или десятков лет пройдет, прежде чем она будет внедрена в практику.

Первый шаг на этом пути уже сделан — расшифрован геном человека. Однако оказалось, что ДНК устроена гораздо более сложно, функции генов нельзя «прочитать» одновременно с геномом, и сейчас начинается, пожалуй, самый сложный этап в развитии биомедицины и фармакологии. Мы знаем очень много, что дает нам основания воздействовать на организм, но еще недостаточно, чтобы использовать все возможности. Мы только сейчас, например, начинаем узнавать значение молекулы ДНК, которая расположена в митохондриях. Оказывается, с митохондриальной ДНК связано очень много наследственных заболеваний. И каждый день открываются новые и новые особенности в понимании генетики человека и функций генов, и мы часто идем интуитивным путем, используя их.

— Каковы, на ваш взгляд, самые перспективные результаты и успехи в персональной фармакологии за последние несколько лет?

— Создание таргетной терапии в онкологии, основанное на генной диагностике опухоли. Особенно при лечении рака молочной железы. В Германии сегодня 95% онкологических больных достигают пятилетней выживаемости. В России значительно меньше. И точной статистики нет, но все-таки это лечение доступно и у нас.

Это касается и некоторых форм рака легких и ряда других видов. Вообще, таргетные лекарства — яркий пример персонализированной медицины.

— А если перейти на следующий уровень, — создание персонального лекарства для каждого больного? Насколько это реально?

— Безусловно, это реально и к этому надо стремиться. Если снова вспомнить американскую практику — а в области фармакологии они продвинулись дальше всех, — то сегодня к требованиям Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) США при регистрации новых препаратов прибавился принцип «персонификации». В соответствии с ним любое лекарство должно обладать необходимыми свойствами, чтобы использоваться в персонализированной медицине. Около 50% выводимых на рынок препаратов уже отвечают этим критериям. Это не значит, что для каждого человека



В лаборатории генной инженерии

конкретно они должны применяться. Но они воздействуют и используются уже не при заболевании в целом, а лишь для относительно небольшой группы больных после проведения молекулярной диагностики. На основании этого и образуются группы с общими показателями, на которые действует данное лекарство и не действует на других — при том же заболевании. FDA ставит задачу через несколько лет полностью перейти на персонализированные лекарства.

Но в некоторых случаях конкретному пациенту требуется полностью персональное лечение, которое должно быть создано «на заказ». Такое возможно, и основа для этого есть, и есть прецеденты. Пока это очень дорого — миллионы долларов. И это не ближайшее будущее, но наука к этому стремится. ■

Беседовала Елена Кокурина

СПРАВКА

Михаил Александрович Пальцев

- Доктор медицинских наук, академик РАН.
- С 1987 по 2009 г. — ректор Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова (ММА).
- Главный ученый секретарь Президиума РАН.
- Лауреат Государственной премии СССР и четырех премий Правительства РФ.
- Автор более 400 научных работ, в том числе 59 монографий и учебников, 19 изобретений.

Медицина и физика –
**ТВОРЧЕСКИЙ
ДУЭТ**



В этом году в нашей стране отмечали 70 лет создания атомной отрасли. Общеизвестно, что родоначальник советского атомного проекта — Курчатовский институт. Одним из важнейших, пожалуй, следствий освоения атома стала ядерная медицина. Сегодня мы беседуем о развитии ядерной медицины с директором НИЦ «Курчатовский институт» **Михаилом Валентиновичем Ковальчуком**.





ще до 1980-х гг. Россия шла в ногу с ведущими мировыми странами в области внедрения ядерно-физических методов в медицину, однако в 1990-х — начале 2000-х гг. мы серьезно отстали. В Курчатовском институте тогда не только осознали критичность ситуации: его президент Е.П. Велихов и директор М.В. Ковальчук смогли привлечь к проблеме внимание общественности, проведя специальные слушания в Общественной палате РФ в 2007 г. Результат не заставил себя ждать: ядерная медицина попала в число приоритетов Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России.

Начали разрабатываться пилотные проекты по созданию центров ядерной медицины на базе ведущих ядерно-физических институтов страны. С 2013 г. Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» самым активным образом участвовал в разработке концепции развития ядерной медицины в России, к которой привлекались и другие научные институты и клиники. Совсем недавно вышло распоряжение Правительства РФ о дорожной карте развития ядерной медицины и лучевой терапии в России, в которой НИЦ «Курчатовский институт» — один из ключевых участников.



В современной медицине особенно ярко видна необходимость конвергентного подхода

развиваться. Кроме того, из атомного проекта вышла и современная высокотехнологичная медицина. Курчатовский институт с самого начала занимался исследованиями влияния разного рода излучений на живые объекты — радиобиологией. Позднее на основе этого отдела института был основан Институт молекулярной генетики АН СССР. И сегодня влияние на живые организмы различного рода внешних воздействий, в первую очередь излучения, остается очень актуальной темой. Важнейшим прикладным направлением этих исследований стала ядерная медицина. Прежде всего, это ядерно-физические методы диагностики, которые позволяют отслеживать движение короткоживущих радиоактивных изотопов (своего рода радиоактивных излучателей) в ходе метаболизма, усвоения определенных субстанций организмом. Таким образом мы можем видеть эти процессы на тончай-

— Михаил Валентинович, вы специалист в рентгеновской физике. Объясните, пожалуйста, в чем же физическая суть ядерной медицины?

— Советский атомный проект — это не только ядерное оружие, обеспечившее национальную безопасность и стабильность в мире на долгие десятилетия. Это также и атомная энергетика, которая дает нам сегодня возможность устойчиво

развиваться. Кроме того, из атомного проекта вышла и современная высокотехнологичная медицина. Курчатовский институт с самого начала занимался исследованиями влияния разного рода излучений на живые объекты — радиобиологией. Позднее на основе этого отдела института был основан Институт молекулярной генетики АН СССР. И сегодня влияние на живые организмы различного рода внешних воздействий, в первую очередь излучения, остается очень актуальной темой. Важнейшим прикладным направлением этих исследований стала ядерная медицина. Прежде всего, это ядерно-физические методы диагностики, которые позволяют отслеживать движение короткоживущих радиоактивных изотопов (своего рода радиоактивных излучателей) в ходе метаболизма, усвоения определенных субстанций организмом. Таким образом мы можем видеть эти процессы на тончай-

шем клеточном уровне, следя за поведением короткоживущих изотопов в организме с помощью специальных детекторов. То есть, с одной стороны, это самые точные на сегодня методы диагностики, но с другой стороны — это и лучевая терапия. Мы можем адресно направить к больному органу контейнер с радиоактивным изотопом и оказать терапевтическое лучевое воздействие. Есть также

метод, когда пациента помещают внутрь ускорителя и облучают его пучком протонов или нейтронов, ликвидируя последствия и причины серьезных заболеваний. Это так называемая адронная терапия.

Изотопы получают на ускорителях и в нейтронных исследовательских реакторах. Именно поэтому в Курчатовском институте, как и в ряде других российских и мировых ядерных институтов, созданы площадки для развития высокотехнологичных ядерно-физических методов. Сегодня Курчатовский институт — уникальное место, где расположены установки, которые позволяют нам производить радиофармпрепараты любого рода. Вернее, производить изотопы, из которых они получают: это реакторные изотопы, циклотронные, т.е. ускорительные, и даже в последнее время изотопы, которые получают методом лазерной селекции. У нас создана сертифицированная линейка для производства и контроля радиофармпрепаратов, средств их целевой доставки.

— Получается, такие всем известные методы диагностики, как рентген или УЗИ, уже стали вчерашним днем?

— Ни в коем случае. Все эти методы продолжают развиваться, аппаратура совершенствуется. Они дополняют друг друга, позволяют получить полную картину той или иной медицинской проблемы. Медицина сегодня не может обойтись без высоких технологий, основанных на достижениях физики: ультразвуковой диагностики состояния органов человека, рентгеновских, магнитно-резонансных, позитронно-эмиссионных систем томографии и т.д. В подавляющем большинстве методов современной диагностики используются различные свойства электромагнитного излучения.

Вспомните, что сначала появился рентгеновский метод. С помощью рентгеновского излучения в физике облучают вещество, а в медицине — ткани человека. Там, где большое поглощение, плотность ткани выше, например в кости, — там изображение светлое, а в мягких тканях — темное. То есть основная направленность рентгена была именно на диагностику состояния костей, их переломов и прочего. Уже более 100 лет рентгеновские исследования «на просвет» используются в каждой поликлинике и больнице для установления причин и лечения травм, болезней легких, в стоматологии и т.п.

Когда появилась ультразвуковая диагностика, стало возможным видеть мягкие ткани, внутренние органы — то, для чего рентгеновское излучение не столь эффективно. На каком-то этапе казалось, что рентген окончательно отошел на второй план. Но затем появился новый, усовершенствованный рентгеновский метод — компьютерная томография. Компьютерная обработка позволяет получить трехмерное изображение исследуемых органов.

— А магнитно-резонансная томография (МРТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) — продолжение этой цепочки развития методов?

— Нет, МРТ базируется на ином физическом принципе, когда на клетки воздействует сильное магнитное поле. Под его воздействием ядра клеток начинают колебаться. Регистрируя эти колебания, различные у определенных клеток, фиксируют, есть ли патология на том или ином участке.

Что касается метода позитронной эмиссионной томографии, здесь используется другое физическое явление. В онкологии чрезвычайно важно понять, как идет обмен веществ в каждой клетке. Известно, что в раковых клетках метаболизм гораздо выше, чем в здоровых. Вопрос — как его измерить? Универсальным топливом для всех клеток нашего организма можно назвать глюкозу. Соответственно, если пометить глюкозу все тем же радиоактивным короткоживущим изотопом и ввести ее пациенту, она мгновенно распределится по всему организму. С помощью регистрирующего устройства мы определяем, что в каком-то участке наблюдается повышенная концентрация меченой глюкозы, т.е. здесь идет активный метаболизм. Это почти прямое указание на наличие метастазов, особенно если известно, что уже есть первичная опухоль.

Получается, что все эти методы по своей сути ядерно-физические. При рентгене вы облучаете внешним источником пациента, смотрите, как рассеивается излучение на отдельных участках тела, на органах. В случае с МРТ — магнитным полем возбуждаете колебание собственных атомов тела. А при ПЭТ-томографии внешний источник, изотоп, вводится в организм, и с помощью установленных детекторов следят за поведением этих радиоактивных излучателей.

— То есть радиоактивные изотопы — основа этого метода?

— И не только его. Это крайне сложный с технологической точки зрения процесс — создание на основе короткоживущих изотопов радиофармпрепарата. Излучатель, который вводится в организм, необходимо сначала «наработать», для этого используется либо циклотрон — ускоритель тяжелых заряженных частиц (протонов, ионов), в котором они двигаются в постоянном и однородном магнитном поле, либо нейтронный реактор. Очевидно, что это крайне сложные, радиационно опасные, дорогостоящие установки, на которых проводятся исследования в области ядерной физики. Еще важный нюанс: после того как короткоживущий изотоп сделали радиофармпрепаратом, ввели его пациенту, через некоторое время он выводится физиологическим путем. В этом случае продукты жизнедеятельности организма еще какое-то время остаются радиоактивными, т.е. нужно утилизировать их специальным образом.



В Курчатовском комплексе ядерной медицины

Контроль качества радиофармпрепаратов
в Курчатовском комплексе ядерной медицины



— **Значит, иметь циклотроны в медицинских учреждениях бессмысленно?**

— Нецелесообразно и небезопасно, если не знать всех тонкостей обращения с радиационно опасными объектами, не иметь необходимой инфраструктуры. Обслуживать циклотрон намного дороже и сложнее, чем тот же компьютерный или МРТ-томограф, да он и не нужен для повседневного медицинского использования. По сути, в Москве, например, оптимально иметь в специализированных институтах несколько таких циклотронов, на которых бы нарабатывались радиофармпрепараты. А пользователи-клиники имели бы у себя уже только регистрирующее устройство. Еще, конечно, крайне важен радиохимический комплекс. Это то, что касается диагностических исследований, которые нам подарила собственно ядерная физика.

— **На территории Курчатовского института, насколько я знаю, есть даже свой завод по производству таких препаратов?**

— У нас работает междисциплинарный научно-технический комплекс ядерной медицины, где мы можем производить радионуклиды и радиофармпрепараты на базе различных циклотронов и нейтронных реакторов. В частности, мы сегодня можем производить четыре типа диагностических препаратов. Это фтор, углерод, азот и кислород, которые применяются в том числе для диагностики онкологических заболеваний костной ткани. Другие используются в кардиологии — например, азот или кислород, который позволяет диагностировать болезни, развивающиеся в тех местах, где есть приток кислорода. Диагностика с помощью этих методов, особенно на ранних стадиях, в сочетании с другими известными методами позволяет

не только определять то или иное заболевание, но и прогнозировать динамику их развития.

— **Так все же что в сочетании «ядерная медицина» первично, а что вторично? Медицина или физика?**

— Как физик, я, конечно, отвечу, что физика, вернее физико-химия. Судите сами: вы сначала должны наработать на ускорителе радиореакторе изотоп. Затем с помощью сложной радиохимии превратить изотоп в радиофармпрепарат — лекарство, ввести его пациенту, поместить того внутрь сложнейшего ядерно-физического прибора, который осуществляет массу манипуляций и следит за движением этого радиоактивного изотопа внутри человеческого тела. Только затем компьютер обрабатывает результаты этого эксперимента и выводит картинку на экран монитора. То есть фактически врач является конечным потребителем «картинки».

Еще раз повторю, что подобные исследования могут быть радиационно опасными в случае неквалифицированного персонала, неправильных условий проведения эксперимента, несоблюдения необходимых условий техники безопасности при работе с такими объектами. Поэтому я считаю, что носителями, держателями и операторами этих технологий должны быть ядерно-физические институты, которые имеют соответствующие лицензии, многолетний опыт, высококвалифицированный персонал, а также системы и технологии для утилизации радиоактивных материалов. Такие физические институты производят радиофармпрепараты, которые затем на специальном транспорте доставляют в те клиники, где уже есть приборы для диагностики. В Москве и Подмосковье, например, один только Курчатовский институт, имея две площадки в столице и в Протвине, может легко удовлетворить потребность клиник

в радиофармпрепаратах. И у нас уже налажено сотрудничество с рядом медицинских учреждений. Кроме того, есть Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне, еще одна Курчатовская площадка в Гатчине, Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук (ИЯФ СО РАН) в Новосибирске, ядерные центры госкорпорации «Росатом» фактически по всей стране. То есть почти в каждом федеральном округе можно создать соответствующие центры на базе ядерно-физических институтов, которые будут способствовать развитию методов ядерной медицины. И тогда контакт, творческий союз между медиками и физиками будет абсолютно очевиден и правилен.

— Получается опять та самая конвергенция, которую вы развиваете в Курчатовском институте?

— Да, в современной медицине особенно ярко видна необходимость конвергентного подхода: переплетение биотехнологий с нанотехнологиями, с когнитивными и информационными технологиями открывает принципиально новые возможности. Это касается и адресной доставки лекарств нанокапсулами, синтеза новых лекарств с помощью белковой кристаллографии, создания новых биологических материалов. Уже сейчас с помощью конвергентных технологий создаются новые ткани человеческого организма и целые органы, таким образом, повышаются продолжительность и качество жизни людей. В этом, в частности, состоит глубинный социальный смысл конвергенции.

В уникальном Курчатовском НБИКС-центре мы сегодня развиваем множество направлений. Так, в биологическом комплексе мы уже сейчас можем проводить весь спектр работ: от создания белковых субстанций, причем в достаточно больших количествах, до геномных исследований и, по сути, формирования искусственных биоподобных или биологических объектов, искусственной клетки. Благодаря современному оборудованию мы можем решать такую социально важную задачу, как ускоренный дизайн лекарств. Основа многих из них, в том числе и важных, — биологические макромолекулы типа белков, которые имеют рецепторные лиганды, регулирующие определенные функции в организме человека, усиливающие или подавляющие их, т.е. выполняют лекарственную функцию. К белковой молекуле поочередно биохимическими методами цепляются разные лиганды, при этом эффективность лекарств проверяется

методом перебора. На Курчатовском синхротроне мы определяем строение этого белка, далее методами очень сложного биологического моделирования можем «прикреплять» различные лиганды и исследовать функциональные особенности этого лекарства, фактически «на листе бумаги» формировать новое лекарственное средство.

— То есть Курчатовский синхротрон тоже может использоваться для медицины?

— Фактически синхротронное излучение — инструмент для базовой диагностики практически во всех областях фундаментальной и прикладной науки, включая физику, химию, биологию, науки о Земле, медицину, материаловедение, археологию и многое другое. Это уникальный генератор электромагнитного (рентгеновского, инфракрасного и ультрафиолетового) излучения, которое обладает прежде всего огромной яркостью, на много порядков ярче излучения лабораторных рентгеновских и оптических источников, и, что очень важно, белым спектром. Это означает, что с его помощью мы можем использовать различные мето-

дики, изучать любые образцы и исследовать их структуру буквально до размера атома. На ряде экспериментальных станций Курчатовского синхротрона мы изучаем структуру биологических молекул, видим их атомарную структуру, понимаем, как устроена

Курчатовский институт — уникальное место, где работают установки, позволяющие нам производить любые радиофармпрепараты

молекула. Мы можем видеть структуру материалов, например ткани или кожи, и так далее вплоть до ангиографии. Причем, видя структуру поверхности, можно определить, что происходит внутри вещества на атомарном уровне. Мы можем также исследовать поверхность биологических мембран, их ионную проницаемость *in situ* и в модельных системах. Это важно в том числе для понимания механизмов биологического старения как взаимодействия со свободными радикалами. Такой ионный транспорт дает также и ответы о проникновении лекарства в клетку. Мы можем проверять эффективность действия различных препаратов, например при выведении из организма тяжелых атомов.

— Как вы неоднократно говорили, перед нами открываются уникальные пути соединения технологических возможностей микроэлектроники с нашими знаниями о живой природе. Вы можете привести какие-то примеры этого?

— Совершенно верно. Сейчас начинается новый этап развития, когда от технического, модельного копирования «устройства человека» на основе относительно простых неорганических материалов мы готовы перейти к воспроизведению



Курчатовский специализированный источник синхротронного излучения («КИСИ-Курчатов»)

ПЭТ-КТ-томограф в НИЦ «Курчатовский институт»



систем живой природы путем конвергенции НБИКС-технологий. Приведу пример с регенеративной медициной, в основе которой — создание биосовместимых наноструктурированных материалов. Такой метод, как трансплантация тканей и органов, известен довольно давно. На следующем этапе уже начали выращивать ткани и полые органы из клеток, в том числе стволовых, на синтетических биосовместимых каркасах. И эта междисциплинарная задача объединяет и химию, и физику, и генетику, и молекулярную биологию, и медицину, и биоинженерию. Следующий этап — это 3D-печать органов с воссозданием даже анатомической архитектоники из полимеров и гистоархитектоники из клеток. Это крайне важно, например, для такого сложного органа, как печень.

Стереолитография — технология аддитивного производства моделей — крайне перспективна, т.к. с ее помощью можно детально изучать антропологические объекты, проводить реставрационные работы, ее можно применять для протезирования в медицине. Например, эти технологии уже используются для изготовления из полимера точно подогнанных по размеру (с помощью предварительно сделанной томографии) деталей черепа при нейрохирургических операциях. Путем напыления полимерных порошков с помощью лазерного пучка можно в буквальном смысле достраивать необходимые фрагменты, детали — это касается человеческого организма, археологических находок или же деталей для кораблей, самолетов и т.д.

В Курчатовском НБИКС-центре мы разработали целый ряд биоорганических, биосовместимых и биоразлагаемых материалов. Это хирургические нити и ортопедические устройства, имплантаты, каркасы для тканевой инженерии и т.д. —

например, штифты для соединения позвонков, в которых можно регулировать время их биоразложения в зависимости от конкретной медицинской проблемы. Такой полимерный штифт можно использовать также как контейнер, помещая туда обезболивающий или антибактериальный препарат, который воздействует только на необходимую зону.

Мы имеем неплохие результаты и в тканевой инженерии. На коллагеновый синтетический каркас, некий биосовместимый матрикс, высаживаются стволовые клетки, в результате чего получают полностью воспроизводимые свойства человеческой кожи. У нас разработаны также специальные антибактериальные неадгезионные покрытия, удерживающие влагу, что крайне важно при ожогах. Такое покрытие может напыляться с помощью ручного прибора непосредственно на рану или ожоговую поверхность прямо на месте, например в машине скорой помощи. Затем у пациента берут клетки, высаживают на матрикс, и через короткое время мы имеем уже аналог кожи, биосовместимой с конкретным пациентом. Мы ведем работы также с искусственной трахеей. У нас есть совместные исследования с Институтом хирургии им. А.В. Вишневского по искусственному сердечному желудочку. Это крайне сложная, многокомпонентная задача, где надо учитывать и свертываемость крови, и биосовместимость. Существует также проблема с заменой батарейки в кардиостимуляторе, нейроимплантате. Поэтому актуально создать биоэнергетическое устройство, которое бы работало за счет внутренней энергии организма. Ведь в ходе любых химических процессов в человеческом организме выделяется энергия, например при

разложении глюкозы. Конечно, это какие-то микроватты, но возможно создать систему, которая собирала бы эту микроэнергию в некий конденсатор. По мере накопления, в момент разряда, этот конденсатор может давать импульс, который обеспечивает работоспособность, скажем, какого-то встраиваемого устройства. То есть создание биотопливных элементов можно выделить в отдельное важное направление.

— Неоднозначную реакцию вызвало ваше недавнее выступление в Совете Федерации, а именно та его часть, где речь шла об угрозах, связанных с развитием биотехнологий. Можно несколько слов об этом?

— Речь шла об опасности вмешательства человека вообще в окружающую среду, в природу. Условно эти угрозы можно разделить на два блока. Первый — биогенетический, когда на базе нанобиотехнологий мы можем создавать искусственные живые системы с заданными свойствами, в том числе и не существующие в природе. Как пример — искусственная клетка, которая с медицинской точки зрения крайне важна. С одной стороны, она может быть диагностом или целевым доставщиком лекарств. Но, с другой стороны, она сама может быть патогенной. И одна такая клетка, которая может саморазмножаться, потенциально может стать оружием массового поражения. При этом уже возможно создавать клетку, этногенетически ориентированную, т.е. опасную для конкретного этноса.

Второй блок угроз связан с когнитивными исследованиями, изучающими работу мозга, сознание. Современные когнитивные технологии открывают возможность для воздействия на психофизиологическую сферу человека. С одной стороны, это очень важно для медицины, например в биопротезировании. Благодаря развитию мозго-машинных интерфейсов, которыми мы тоже занимаемся в Курчатовском институте, можно помочь инвалидам, парализованным людям. Но, с другой стороны, существует обратная связь мозго-машинных или мозго-мозговых интерфейсов, с помощью которых можно создавать извращенную картину действительности в мозге человека, вызывая у него определенные эмоции, мысли и, как следствие, действия. По сути, речь идет об управлении индивидуальным и массовым сознанием. Отчасти мы уже видим, что происходит с массовым сознанием посредством Интернета.

— И контролировать это никак нельзя?

— В том-то и дело. Мы начали говорить об атомных технологиях, где может быть и военное

применение, и гражданское. Но есть целый ряд методов, с помощью которых можно четко определить: это атомная станция, которая вырабатывает тепло и электроэнергию, а здесь нарабатывается оружейный плутоний. То же касается контроля ядерных взрывов по температуре, ударной волне, радиации. А в nano-, био-, инфо-, когнитивных технологиях заложен изначально двойственный характер, размыты границы между гражданским и военным применением. Как следствие — неэффективность существующих методов контроля, мы не можем предугадать последствия выхода искусственно создаваемых живых систем в окружающую среду.

Следующий фактор риска — доступность и относительная (по сравнению с ядерными технологиями) простота создания средств поражения даже в кустарных условиях, а также отсутствие необходимости сложных, дорогостоящих средств доставки. Ведь считанные страны до сих пор могут самостоятельно создавать ядерное оружие. Для этого надо обладать развитыми наукой, промышленностью, экономической мощью. А технологии, о которых я говорил выше, можно сделать буквально на кухне. Соответственно, нужна принципиально новая система контроля, международной безопасности, ведь возникает угроза одностороннего владения этими технологиями.

— Позвольте закончить наш разговор все-таки на теме медицины. Какие перспективы у российской медицины?

— Мы сегодня говорили о высоких технологиях в медицине, развивать которые совершенно необходимо и за которыми, несомненно, будущее. Тем не менее нельзя полагаться только на технологии. Ведь иногда самые современные методы не могут заменить диагностику по давно известным симптомам, цвету кожи, склер, запаху, дыханию. К сожалению, у современных врачей иногда отсутствует представление о том, как глубоко все взаимосвязано в человеческом организме, как, излечивая одно, не навредит другому. Наша медицина сегодня находится на перепутье: мы еще не утратили традиционное знание о медицине российских земских врачей с их колоссальным опытом и интуицией диагностов, основанной на знании нормальной физиологии человека, но при этом мы уже освоили и высокие технологии в медицине. Наша задача — максимально эффективно использовать и то и другое. ■

Беседовал Михаил Урядников

НЕЙРОБИОЛОГИЯ

УТРО ВЕЧЕРА МУДРЕНИЕ

Качество ночного сна влияет на наши разум
и здоровье сильнее, чем можно было предположить

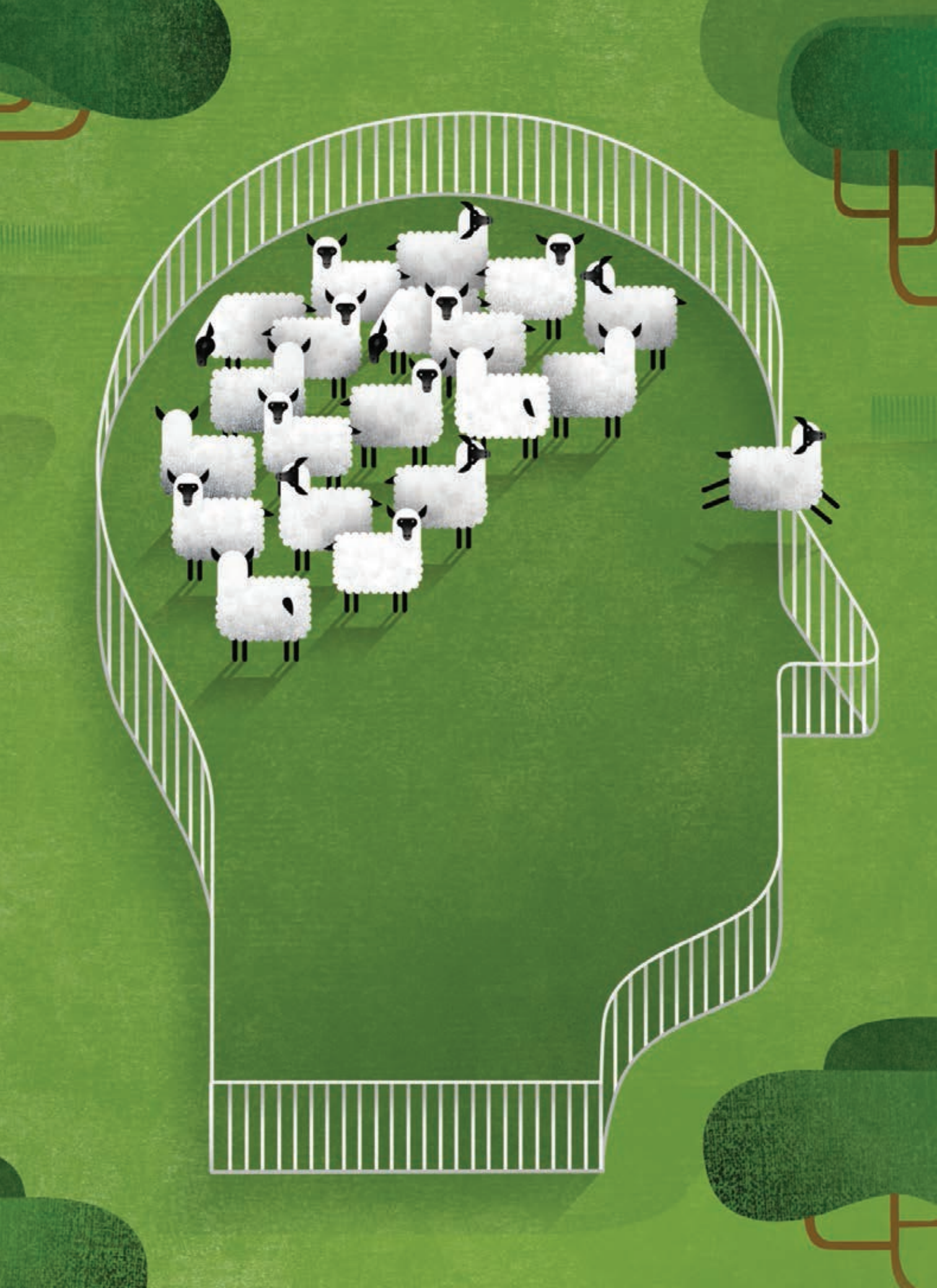
Роберт Стикголд

«Действительно ли мне нужно спать?»

Путешествуя по миру и беседуя о сне, я задавал этот вопрос снова и снова. И всегда ответ был ясен: да, сон нужен всем. Подобно голоду, жажде и половому влечению, сон — физиологическая потребность. Ученые давно уже озадачены вопросом, что заставляет нас проводить треть жизни в бессознательном состоянии.

Один из наиболее известных в мире исследователей сна Аллан Рехтшаффен (Allan Rechtschaffen), признавая, что однозначного ответа у нас пока нет, в 1978 г. сказал: «Если сон не выполняет абсолютно жизненно важную функцию, тогда это крупнейшая из всех когда-либо существовавших ошибок эволюции». В 1990-х гг. другой ведущий исследователь сна Алан Хобсон (Allan Hobson) пошутил, что единственная известная функция сна — избавление от сонливости.

В исследованиях последних 20 лет наконец начали появляться хотя бы частичные объяснения, зачем нам нужно спать. Совершенно ясно, что сон служит не единственной цели. Он необходим для оптимальной работы многих биологических процессов — для поддержания иммунитета и правильного гормонального баланса,



ОБ АВТОРЕ

Роберт Стикголд (Robert Stickgold) — директор Центра изучения сна и сознания в Медицинском центре «Бет-Изрейел Диконесс» и адъюнкт-профессор Гарвардской медицинской школы.



эмоционального и психического здоровья, для обучения и памяти, для очистки мозга от вредных веществ. И в то же время ни одна из этих функций не нарушается полностью при отсутствии сна. В общем, сон улучшает работу этих систем, но не абсолютно необходим для них. И все же любой, проведя без сна несколько месяцев, умрет.

Для выяснения этих фактов потребовались десятилетия. В XX в. благодаря методам регистрации электрической активности мозга, параметров работы дыхательной системы, суточных колебаний содержания в крови гормонов и других веществ мы отказались от устаревших представлений, согласно которым сон возникает из-за того, что кровь отступает от поверхности кожи, или из-за накопления теплых паров, образующихся в желудке. Затем исследователи приступили к выявлению полезных аспектов сна. По иронии судьбы чем больше ученые узнают о безусловной необходимости хорошего ночного отдыха для нормальной работы мозга и тела, тем меньше времени горожане XXI в. проводят в умиротворяющих объятиях Морфея.

Фатальная бессонница

Наиболее четкие доказательства того, что нам совершенно необходим сон, были опубликованы в 1989 г. Автор исследования Кэрол Эверсон (Carol Everson) была тогда сотрудницей лаборатории Рехтшаффена. Сейчас она работает в Медицинском колледже Висконсина. Эверсон обнаружила, что если крысам не давать спать, то они умрут в течение месяца. Животных лишили всего лишь одной из стадий сна — стадии быстрых движений глаз (БДГ-сон). Даже сейчас, четверть века спустя, исследователи все еще не понимают, почему крысы погибли. В многочисленных экспериментах, проведенных за эти годы, удалось исключить только некоторые возможные причины. Смерть животных не была вызвана повышенным стрессом,

чрезмерным потреблением энергии, нарушением терморегуляции или сбоем в работе иммунной системы.

Отсутствие сна убивает не только крыс. Так, около 30 лет назад была описана фатальная семейная бессонница. Это наследственное заболевание приводит сначала к полной потере сна, а затем к смерти. Болезнь была описана в 1986 г. группой итальянских исследователей, работавших в медицинской школе Болонского университета. Возглавляли группу Элио Лугарези (Elio Lugaresi) и Росселла Медори (Rossella Medori). Они описали историю 53-летнего человека, умершего от бессонницы, которая прогрессировала в течение нескольких месяцев, то же отмечалось у двух поколений его родственников. При исследовании его мозга после смерти была обнаружена массовая гибель нервных клеток в двух областях таламуса. Таламус — часть промежуточного мозга, размером примерно с грецкий орех, где происходит переключение входящих сенсорных сигналов. Кроме того, данная область связана с эмоциональной памятью и формированием характерной картины на электроэнцефалограмме спящего мозга — так называемых сонных веретен.

Как поражение таламуса может привести к бессоннице или смерти, непонятно. Но непосредственная причина повреждения сейчас известна. В начале 1990-х гг. Медори, к тому времени перешедшая работать в Западный резервный университет Кейса, вместе со своими коллегами выяснила, что повреждение возникает из-за белков с аномальной структурой, которые называются прионами. Кроме того, прионы вызывают почесуху у овец и губчатую энцефалопатию («коровье бешенство») у крупного рогатого скота и человека, хотя при фатальной семейной бессоннице прионы передаются по наследству из поколения в поколение, а не попадают в организм извне, как в случае двух других заболеваний.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Во многих исследованиях, не говоря уже о бытовых наблюдениях, подтверждается наличие связи между хорошим ночным сном и улучшением настроения, памяти и способности к обучению.
- В большом количестве экспериментов, проведенных за последние два десятилетия, обнаружилось, что сон напрямую влияет и на другую деятельность организма, начиная от поддержания гормонального равновесия и заканчивая иммунной защитой.
- Несмотря на все эти открытия, исследователи до сих пор точно не выяснили, почему нам необходимы ежедневные визиты в царство Морфея, хотя многое о том, что происходит, когда мы спим, уже известно.

К счастью, об иных случаях смерти человека из-за недостатка сна ничего не известно (не считая несчастных случаев, когда, например, невыспавшийся водитель засыпает за рулем). Но нет и сообщений о том, чтобы кто-то провел несколько месяцев без сна. Таким образом, у нас остаются два примера, когда длительное полное отсутствие сна приводит к смерти: экспериментальное лишение сна у крыс и наследственное прионное заболевание у человека — и никакого понимания того, что же приводит к смерти в каждом конкретном случае.

Антитела и гормоны

В то же время мы знаем, что даже одной ночи, полностью или частично проведенной без сна, достаточно, чтобы нарушить различные аспекты работы организма, например гормональную активность и защиту от инфекций. В двух исследованиях наблюдали за тем, какие серьезные последствия для иммунной системы могут быть спровоцированы недостатком сна после прививки от гепатита. В первом эксперименте в 2003 г. небольшой группе студентов колледжа утром сделали прививку от гепатита А вакциной, содержащей инактивированный вирус, потом половине участников разрешили ночью нормально поспать, а другая половина должна была бодрствовать.

Бодрствующим участникам не разрешили ложиться спать до следующего вечера. Спустя четыре недели ученые взяли образцы крови у студентов и измерили содержание защитных антител, которые их иммунная система выработала в ответ на вакцинацию. Высокий уровень содержания антител означал хорошую реакцию на вакцинацию и, соответственно, лучшую защиту в случае дальнейшего заражения болезнетворной формой вируса. Оказалось, что у тех, кому дали поспать после вакцинации, спустя четыре недели уровень содержания антител был на 97% выше.

Негативные последствия можно оценить и в случае если человек спит ночью меньше, чем надо. В следующем исследовании взрослым людям в течение шести месяцев вводили три стандартные дозы вакцины от гепатита В (повторная вакцинация нужна для создания полной иммунной защиты). Ученые снабдили каждого участника детектором движения,

похожим на часы, который отслеживал, сколько времени они спят дома. Сопоставляя среднее количество сна в течение недели после первой вакцинации с уровнем антител после второй, исследователи выяснили, что каждому дополнительному часу сна соответствовало повышение уровня содержания антител на 56%. Спустя шесть месяцев после последней вакцинации те, кто спал в среднем меньше шести часов в сутки в течение недели после первой вакцинации, в семь раз чаще имели столь низкое содержание антител в крови, что их можно было считать не защищенными от гепатита В.

Впечатляющие свидетельства ухудшения гормональной регуляции были получены в серии исследований, выполненных Карин Шпигель (Karine

ВЫВОДЫ

Не экономьте на сне

Ученые обнаружили, что недостаток сна ухудшает наше психическое и физическое здоровье разными путями. Ниже приведены некоторые наиболее важные и хорошо изученные последствия нехватки сна.

Центральная нервная система

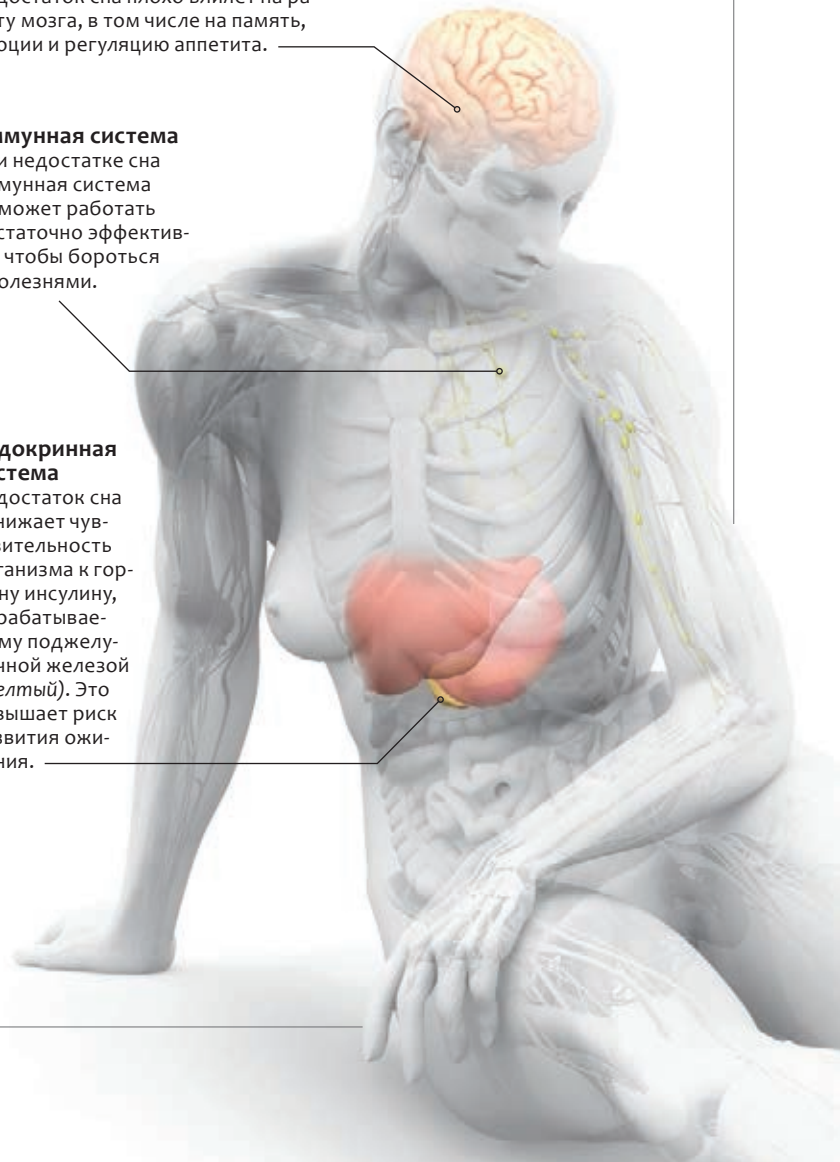
Недостаток сна плохо влияет на работу мозга, в том числе на память, эмоции и регуляцию аппетита.

Иммунная система

При недостатке сна иммунная система не может работать достаточно эффективно, чтобы бороться с болезнями.

Эндокринная система

Недостаток сна снижает чувствительность организма к гормону инсулину, вырабатываемому поджелудочной железой (желтый). Это повышает риск развития ожирения.



Spiegel), работавшей с Евой Ван Каутер (Eve Van Cauter) в Чикагском университете. В одном из исследований 11 молодым мужчинам разрешали спать не более четырех часов в сутки. После пяти полубессонных ночей у них на 40% снизилась способность удалять глюкозу из крови — за этот процесс отвечает гормон инсулин. В другом исследовании Шпигель с коллегами аналогичным образом в течение двух ночей ограничила количество сна 12 мужчинам. Ученые оценивали содержание в крови грелина — гормона, повышающего аппетит; оказалось, что его содержание подскочило на 28%. В то же время содержание другого гормона, лептина, снизилось на 18%. Лептин подавляет чувство голода, сигнализируя мозгу, что в еде нет необходимости.

Все эти физиологические исследования свидетельствуют, что снижение продолжительности сна может привести к увеличению веса; сейчас эту гипотезу подтвердили как минимум в 50 других работах. В некоторых исследованиях дети шести–девяти

За последние 25 лет было показано, что при определенных обстоятельствах недостаток сна может способствовать развитию различных психических расстройств и привести к серьезной депрессии

лет, спавшие менее десяти часов, в 1,5–2,5 раза чаще страдали от лишнего веса. А взрослых тучных людей на 50% больше среди тех, кто спит менее шести часов в сутки. Кроме того, показано наличие связи между недостатком сна и вероятностью развития диабета второго типа.

Заряд негатива

Недостаток сна оказывает влияние на гормональную и иммунную системы, однако сильнее всего он воздействует на мозг. В 2006 г. я совместно с Мэтью Уокером (Matthew Walker), который сейчас работает в Калифорнийском университете в Беркли, провел исследование, в котором мы оценивали, как одна ночь без сна влияет на эмоциональную память. В эксперименте участвовали 26 человек, половина из которых не спали предыдущей ночью, им показывали негативные, позитивные и нейтральные слова (например, «горе», «умиротворение» или «верба») и просили оценить их эмоциональность. Затем, через два дня, после того как они выспались, неожиданно проверили их память.

Люди, лишённые сна в ночь перед предъявлением слов, узнавали слова на 40% хуже, чем нормально спавшие люди. Поразительнее всего то, что лишение сна избирательно повлияло на запоминание слов из разных категорий. Нейтральные слова и те, которые имели положительную эмоциональную окраску, при лишении сна запоминались на 50% хуже, а слова с негативной окраской — всего на 20%. После нормального сна позитивно и негативно окрашенные слова запоминались примерно одинаково, а нейтральные несколько слабее. Иначе говоря, после лишения сна негативные слова врезаются в память в два раза сильнее, чем позитивные и нейтральные.

Данный результат означает, что при недостатке сна вы запоминаете плохие события в два раза чаще, чем хорошие, и создается искаженное и потенциально депрессивное воспоминание об этом дне. Действительно, за последние 25 лет в нескольких исследованиях было показано, что при определенных обстоятельствах недостаток сна может способствовать развитию различных психических расстройств и привести к достаточно сильной депрессии.

Связь недостатка сна с депрессией достоверно подтверждается в недавних работах, в том числе в исследованиях апноэ, когда во время сна внезапно прекращается поступление воздуха в легкие. Это вызывает храп, удушье и другие нарушения дыхания. Каждый раз, когда люди с апноэ перестают дышать, они на мгновение просыпаются, чтобы начать дышать снова. В результате при тяжелом апноэ человек может просыпаться каждую минуту или две в течение всей ночи. В исследовании, проведенном Центрами по контролю и профилактике заболеваний

в США в 2012 г., показано, что мужчины и женщины у которых диагностировано апноэ во сне, соответственно, в 2,4 и 5,2 раза чаще страдают от клинической депрессии по сравнению с теми, кто может лучше выспаться ночью.

Недавно был проведен анализ 19 исследований, в которых показаны результаты лечения апноэ во сне с помощью прибора СИПАП (от англ. *continuous positive airway pressure*, CPAP — «положительное непрерывное давление в дыхательных путях»). Прибор восстанавливает нормальное дыхание и сон и значительно уменьшает выраженность симптомов депрессии. В одном из исследований на начальном этапе случайно оказалось много пациентов с депрессией, однако после применения СИПАП выраженность симптомов снизилась на 26%.

Такие данные еще не дают неопровержимых доказательств того, что неровный сон вызывает депрессию или что эффект от использования СИПАП сопоставим с действием антидепрессантов. Однако

это заслуживает дальнейшего изучения. Аналогично в 2007 г. было показано, что лечение апноэ у детей с дефицитом внимания и гиперактивностью привело к 36-процентному уменьшению симптомов гиперактивности. Это достоверно лучший результат, чем те 24%, которые удается получить с помощью стандартных методов лечения СДВГ.

Будущие воспоминания

Несмотря на то что ученые до сих пор не знают, каков физиологический механизм влияния сна или его отсутствия на психическое здоровье, предполагается, что во время сна опыт, полученный днем, преобразуется в воспоминания. За последние два десятилетия появилось большое количество свидетельств того, что сон участвует в формировании воспоминаний независимо от их эмоциональной окраски. В том числе показано, что после обучения сон способствует избирательному закреплению, объединению и анализу новых воспоминаний. Тем самым сон контролирует, что и как мы запоминаем.

В конце XIX и начале XX в. ученые считали, что память нестабильна до тех пор, пока не произошел процесс консолидации, закрепляющий воспоминания таким образом, что они могут сохраниться на всю оставшуюся жизнь. В последующих исследованиях показано, что воспоминания способны изменяться даже после того, как они были записаны в мозге и процесс консолидации был пройден. Действительно, реактивация воспоминания может вернуть его в нестабильное состояние даже спустя много времени после того, как оно было сформировано, после чего произойдет реконсолидация, и в этом нестабильном состоянии воспоминание может быть изменено или утрачено. Это одновременно и хорошо и плохо: хорошо, потому что неверные сведения можно исправить, а плохо, поскольку правильное воспоминание может быть повреждено. Таким образом, сейчас ученые говорят о процессе развития памяти, а не о консолидации, особенно при обсуждении обработки воспоминаний во время сна.

Современный период исследования сна и памяти начался чуть более 20 лет назад, когда в Израиле Ави Карни (Avi Karni) с коллегами показали, что при обучении зрительной дифференцировке результат улучшается после ночного сна, но только при наличии фазы быстрого сна (кстати, большинство сновидений происходят именно во время этой фазы). Благодаря данному эксперименту выяснилось, что сон не просто укрепляет воспоминания, чтобы они не исчезали с течением времени, но и улучшает их.

В 2000 г. Уокер зашел в мой кабинет, размахивая журнальной статьей, и сказал: «И для этого тоже нужен сон!» В статье описывалось исследование, в котором участники должны были научиться выполнять движения пальцами в определенной последовательности, и через некоторое время даже

без дополнительных тренировок у них это начинало получаться лучше. Однако авторы не проверяли, каким образом сон мог повлиять на качество выполнения движений. Уокер получил ответ за две недели. Он выяснил, что сон действительно повышает качество выполнения, и позднее определил, что влияет на это неглубокий медленноволновый сон, а не стадия быстрого сна, как было показано в экспериментах Карни. Таким образом, можно заключить, что разные стадии сна укрепляют разные типы памяти.

В дальнейшем ученые обнаружили, что не всем воспоминаниям для стабилизации нужен сон. В 2008 г. Джессика Пэйн (Jessica Payne), сейчас работающая в Университете Нотр-Дам, провела исследование, в котором показывала участникам различные ситуации с неприятными объектами, например мертвую кошку посреди дороги. Оказалось, что после ночного сна участники хорошо узнавали изображение мертвого животного, но не помнили контекста. Самое удивительное, что избирательного забывания деталей не происходило, если обучение проводили с утра, а тестировали вечером после дня, проведенного без сна. Оно не обнаруживалось также, если центральный объект не был неприятным, например если это была всего лишь кошка, переходящая дорогу. Таким образом, сон в отличие от бодрствования способствовал тому, что мозг участников сохранял именно изображение с сильной эмоциональной окраской, а не фон или нейтральные картинки.

Но во время сна закрепляются не только эмоциональные воспоминания. Похоже, все, что вы считаете важным, будет выборочно сохранено, пока вы спите. Две исследовательские группы в Европе показали: когда люди учатся определенному навыку, то, что происходит во сне, зависит от того, сказали ли им, что навык будет проверяться. Как и следовало ожидать, к следующему дню закрепляется только та информация, которую должны проверить. И напротив, когда людей обучают утром, информация о том, будут ли их тестировать, не влияет на то, что они будут помнить к вечеру. Соответственно, именно сон, а не бодрствование укрепляет запоминание той информации, которую мозг считает важной.

Такие данные подтверждают взгляды Дэниела Шактера (Daniel Schacter) из Гарвардского университета, который говорит, что память — это о будущем, а не о прошлом. Он утверждает, что наша память формируется не так, чтобы мы могли вспоминать о том, что прошло, а так, чтобы с помощью предыдущего опыта можно было улучшить выполнение чего-либо в будущем. В таком случае не удивительно, что сон преимущественно сохраняет ту информацию, которая может оказаться важной впоследствии. Когда мы говорим, что утро вечера мудренее, мы не имеем в виду, что утром

вспомнится что-то дополнительное. Мы рассчитываем, что мозг возьмет уже хранящуюся в нем информацию, сопоставит различные возможности и найдет лучшее решение. И, к счастью, он действительно это умеет!

В качестве примера такой способности можно рассмотреть эксперимент с игрой в предсказание погоды, проведенный Барбарой Ноултон (Barbara Knowlton) с коллегами в Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе. Ноултон показывала людям одну или несколько из четырех карточек, на каждой из которых был определенный геометрический рисунок. Перед началом эксперимента исследователи присваивали каждой карточке определенное значение погоды (дождь, солнце и т.д.), но не рассказывали об этом участникам. Затем, показывая карточки, ученые просили человека предсказать, будет ли погода дождливой или солнечной. Через некоторое время у участников возникало ощущение того, как карточки связаны с погодой. Например, в первый раз показывали карточку с ромбами и говорили, что погода будет солнечной. Потом предъявляли одновременно карточки с кругами и треугольниками, и погода была дождливой. Уже после двух попыток участник неизбежно начнет строить предположения о связи ромбов с солнцем. Но затем, во время третьей пробы, снова показывали карточку с ромбами, однако теперь после нее был дождь.

Фокус в том, что карточки связаны с погодой вероятностным образом. Так, карточка с ромбами означает солнце в 80% случаев, но в 20% это будет дождь. Другие карточки могут предсказывать солнце в 20–60% случаев. Даже после 200 попыток участникам все еще не удавалось справиться с задачей, и они предсказывали погоду правильно в среднем в 75% случаев.

Использование такого рода задач позволило ученым выделить две разные системы памяти в мозге — ту, которая запоминает факты (система «что»), и ту, которая участвует в обучении навыкам (система «как»). Когда люди выполняют задачу на предсказание погоды, они постепенно переключаются с системы «что» на систему «как». Когда сотрудница моей лаборатории Ина Джонлагич (Ina Djonlagic) заинтересовалась, что происходит с этой информацией во сне, она получила удивительный результат. Если людей обучали утром, а потом проверяли вечером того же дня, то качество выполнения оставалось на прежнем уровне, т.е. они в точности воспроизводили то, чему научились утром. Но те, кого учили вечером, а проверяли утром после сна, предсказывали погоду лучше, чем это им удавалось предыдущим вечером. Каким-то образом спящий мозг оказался способным улучшить понимание взаимосвязи между карточками и последующей погодой. Он создал более совершенную модель устройства мира.

Чем больше ученые узнают о том, что происходит, пока мы спим, тем больше выясняется преимуществ полноценного ночного сна. По последним данным в этот список надо добавить выведение отходов жизнедеятельности из мозга. В 2013 г. Лулу Се (Lulu Xie) из Медицинского центра Рочестерского университета с коллегами сообщили, что пространство между клетками в мозге во время сна увеличивается, что улучшает ток cerebrospinalной жидкости по головному и спинному мозгу. Когда исследователи ввели мышам бета-амилоид (предшественник амилоидных бляшек, которые при болезни Альцгеймера обнаруживаются в нейронах), оказалось, что у спящих животных он выводится из мозга в два раза быстрее. Предположительно, увеличение потока cerebrospinalной жидкости помогает удалять потенциально опасные молекулы из мозга, подальше от того места, где они могут причинить максимальный ущерб. Теперь ученые хотели бы выяснить, наблюдается ли у пациентов с болезнью Альцгеймера такое же, как и у здоровых людей, усиление потока cerebrospinalной жидкости во время сна.

Учитывая выявленные в недавних исследованиях многочисленные функции сна и высокую вероятность того, что их перечень будет продолжен, пренебрежение сном кажется все более и более дурной привычкой. Взятые вместе, результаты исследований показывают роль сна в гормональной и иммунной регуляции и работе памяти и означают, что при недостатке сна вы не просто будете чувствовать себя очень усталыми — вас одолеют болезни, лишний вес, забывчивость и депрессия. ■

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Тонони Дж., Чирелли К. Убирая лишнее // ВМН, № 10, 2013.
- Самма К., Турек Ф. Часы внутри нас // ВМН, № 4, 2015.
- Sleep Deprivation in the Rat: An Update of the 1989 Paper. Allan Rechtschaffen and Bernard M. Bergmann in Sleep, Vol. 25, No. 1, pages 18–24; 2002. www.journalsleep.org/Articles/250104.pdf
- Sleep and the Epidemic of Obesity in Children and Adults. Eve Van Cauter and Kristen L. Knutson in European Journal of Endocrinology, Vol. 159, Supplement No. 1, pages S59–S66; December 2008. www.eje-online.org/content/159/suppl_1/S59.full
- To Sleep, to Strive, or Both: How Best to Optimize Memory. Matthew A. Tucker et al. in PLOS ONE, Vol. 6, No. 7, Article No. e21737; July 20, 2011. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0021737>
- Insufficient Sleep is a Public Health Epidemic: www.cdc.gov/Features/dsSleep
- Рассказ Стигголда о сне, памяти и сновидениях см. по адресу: ScientificAmerican.com/oct2015/sleep

2.0



НАУКА 2.0
ТЕЛЕКАНАЛ

ЧТО ЭТО?

УЗНАЙ В НОВОГОДНИЕ ПРАЗДНИКИ
НА ТЕЛЕКАНАЛЕ «НАУКА 2.0»

КРИСТАЛЛЫ $C_{12}H_{18}O_6$ В ПОЛПРИЗОВАННОМ СВЕТЕ

Спрашивайте у операторов платного телевидения



www.naukatv.ru



www.facebook.com/nauka20



vk.com/tvnauka20



РЕКЛАМА

16+

СОСТОЯНИЕ
МИРОВОЙ
НАУКИ – 2015

БОЛЬШАЯ
НАУКА,
БОЛЬШИЕ
ВЫЗОВЫ



Что будет, если смешать в одном стакане живое мышление и проблемы мировой цивилизации и хорошенько встряхнуть? Серьезные и иногда непростые отношения между наукой и обществом послужили в этом году темой для специального материала в разделе «Состояние мировой науки».

Сначала мы поговорим о явлении «большой науки», возникающем, когда общество решает, что определенная область исследований достаточно важна, чтобы потратить на это серьезные деньги и ресурсы. Но цели и методы работы ученых и политиков иногда сложно поддаются синхронизации. В материале «Горе от ума», который начинается на следующей странице, журналист Стефан Тейл (Stefan Theil) описывает трудности, возникшие в проекте «Человеческий мозг» (*Human Brain Project*), обширной исследовательской программе, созданной Европейской комиссией в 2013 г. для развития нейробиологии и поддержки европейских исследований. Тейл показывает, что может пойти не так, если сидящие наверху чиновники пытаются руководить непредсказуемым процессом научных открытий.

Все чаще и чаще науку привлекают к разработке социальных программ для получения достоверной оценки их эффективности. Много лет назад Дин Карлан (Dean Karlan) наивно поинтересовался насчет программ малого кредитования, направленных на то, чтобы вытащить людей из бедности: «Откуда мы знаем, что они вообще помогают?» Он так и не получил внятного ответа, и это его встревожило. С тех пор Карлан, работающий сейчас в Йельском университете, старается ввести научные методы для оценки эффективности программ борьбы с бедностью. В статье «Больше данных — меньше бедности» он описывает свои исследования в области искоренения бедности и рассказывает про способы, успешность которых уже доказана.

Родриго Герреро Веласко (Rodrigo Guerrero Velasco) проводит социологические исследования в необычном месте: в здании городской администрации. Дважды становившийся мэром Кали, города в Колумбии, в котором проживает сейчас больше 2 млн человек, Веласко сумел использовать научные данные для принятия руководящих решений. В частности, он использовал научный подход, чтобы остановить эпидемию жестоких убийств. Используя образование в области эпидемиологии, которое он получил в Гарвардском университете, он создал программу, в которой выдвигались гипотезы о причине преступности, предлагались меры по решению проблемы и давалась оценка их эффективности. Результаты оказались столь значительными, что его подход стали использовать в столице Колумбии Боготе и других областях.

Мы заканчиваем этот раздел схемой с перечнем стран и программ со всего мира, занявших ведущие места в рейтинге научной литературы *Nature Index*. Мы надеемся, что результаты вас приятно удивят и порадуют.

ОТ РЕДАКЦИИ

ГОРЕ ОТ УМА

Целых два года не удается навести порядок в проекте, направленном на моделирование человеческого мозга и имеющем миллиардное финансирование. Что тому причиной — неэффективное управление или сама «большая наука»?

СТЕФАН ТЕЙЛ

На протяжении десятилетий Генри Маркрам (Henry Markram) мечтал с помощью компьютеров воспроизвести работу человеческого мозга. В 1994 г. после защиты диссертации он работал в Хайдельберге в Институте медицинских исследований Общества им. Макса Планка. Он был первым, кто использовал метод локальной фиксации потенциала на двух живых нейронах мозга крысы одновременно и измерил электрические процессы во время передачи сигнала между ними.





ОБ АВТОРЕ

Стефан Тейл (Stefan Theil) — журналист и редактор, проживает в Берлине, обладатель стипендии Центра им. Джоан Шоренштейн Гарвардского университета.



При этом он наблюдал укрепление или ослабление нервной связи и в итоге открыл новые возможности для изучения и моделирования процесса обучения в мозге. Благодаря этой работе Маркхам получил должность старшего научного сотрудника в престижном Институте им. Вейцмана в Реховоте (Израиль), а в 1998 г. — звание профессора и стал одним из самых авторитетных исследователей в своей области.

Потом к Маркхаму пришло разочарование. Несмотря на то что ежегодно по всему миру исследователи публиковали десятки тысяч нейробиологических статей, прогресса в понимании механизмов работы мозга и методов лечения заболеваний явно не наблюдалось. У Маркхама были глубоко личные причины для переживаний. Еще когда он работал в Германии, у его сына Кая диагностировали аутизм. В интервью газете *The Guardian* в 2013 г. Маркхам рассказал, что хотел бы «суметь проникнуть в симуляцию мозга сына и увидеть мир его глазами». Он пришел к выводу, что единственная возможность это сделать — выйти за рамки отдельных исследований поведения, нейрозаболеваний и анатомии и создать цифровую модель всего человеческого мозга.

Выступая на конференции *TED* в 2009 г., он впервые представил широкой публике свои идеи о математическом моделировании содержащихся в нашем мозге 86 млрд нейронов и 100 трлн синапсов с помощью суперкомпьютера. «За десять лет мы сможем это сделать», — пообещал он слушателям, предположив, что такая модель сможет даже обладать сознанием. Маркхам обещал аудитории: после десятилетия работы «мы сможем прилечь голограмму <...>, чтобы она с вами поговорила». Во время различных выступлений, в интервью и статьях он утверждал, что математическая модель мозга даст такие серьезные возможности, как

виртуальные поиск и испытание новых лекарств, замена некоторых экспериментов, проводящихся сейчас на животных, и лучшее понимание механизмов некоторых заболеваний — таких, например, как болезнь Альцгеймера. А если этого мало, то моделирование работы мозга будет также способствовать созданию новых быстрых компьютеров и роботов, обладающих когнитивными способностями и, возможно, интеллектом. Большинство нейробиологов были настроены скептически, но у Маркхама было и много сторонников. Кажется, что общество признало его взгляды, когда в 2013 г. Европейский союз выделил ему \$1,3 млрд на то, чтобы в течение десяти лет создать цифровую модель мозга.

Сейчас, когда не прошло и двух лет, проект находится в состоянии кризиса, его критикуют и даже высмеивают. При обсуждении в научных статьях используют метафоры наподобие «каша в голове» и «сломанный мозг». В пародии на *YouTube* с хохочущим испанцем благодаря поддельным субтитрам создается впечатление, что речь идет о планах Маркхама (на самом деле человек рассказывает о приготовлении пазлы). Несколько ученых, лично знакомых с Маркхамом, говорят сейчас о нем как о гении, пошедшем неверным путем. Он потерял ведущие позиции в руководстве проектом, и начальство запретило ему общаться с прессой, в том числе с *Scientific American*. (Маркхам — соучредитель издательства *Frontiers*; и *Frontiers*, и *Scientific American* частично принадлежат издательской компании *Holtzbrinck Publishing Group*; в июне 2012 г. в *Scientific American* была опубликована статья Маркхама про его исследования.) Новый директор проекта Кристоф Эбелл (Christoph Ebell) говорит, что Маркхам перестал приходить на внутренние совещания и прислал своего представителя для взаимодействия с руководителями проекта.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- В 2013 г. Европейская комиссия выделила нейробиологу Генри Маркхаму около миллиарда евро на достижение смелой цели: создания цифровой модели человеческого мозга.
- У координируемого Маркхамом проекта «Человеческий мозг» (*Human Brain Project*) сейчас большие проблемы. Критики считают, что это связано с плохим управлением и чрезмерной сложностью заявленных целей.
- Кроме того, часть вины лежит на тех, кто распоряжается деньгами в Брюсселе, ставит политику впереди науки и плохо контролирует ситуацию.
- Как показывает опыт похожего американского проекта *BRAIN Initiative*, крупные проекты в области нейробиологии могут быть успешными. Поэтому европейский проект сейчас реорганизуют.

Проект привел к глубокому, заметному для общества расколу среди европейских нейробиологов. В июле 2014 г. открытое письмо, критикующее научные и организационные аспекты проекта, подписали более 800 ученых. В марте 2015 г., под угрозой бойкота со стороны коллег по всей Европе, Маркрам инициировал создание согласительной комиссии для рассмотрения критических замечаний. Группа из 27 ученых изучила аргументы обеих сторон, и все члены комиссии кроме двух человек согласились почти с каждым пунктом критики.

В докладе на 53 страницах комиссия предлагала провести кардинальные изменения в проекте, в частности поменять систему руководства и направление научных усилий. Сейчас происходит крупная реорганизация, меняют форму и направление деятельности проекта. Несколько государств — членов ЕС, в которых министерства научных исследований и другие организации планировали внести \$570 млн в бюджет проекта, пока не приняли никаких обязательств, а это может повлиять на объем работ и сроки проведения проекта.

Весомая причина того, что этот грандиозный проект пошел не так, как надо, — это Маркрам и его манера управления, но это только часть проблемы. Судя по всему, Маркрам искренне старался «сделать хорошую науку». И сколько бы ни было беспорядка в проекте из-за ошибок швейцарского руководства, основной источник проблем находится в 482 км к северу, в Брюсселе. Там расположена Европейская комиссия, исполнительный орган Европейского союза, система, финансирующая большую науку, объединившая политику и научные цели, не вполне прозрачная и не обеспечивающая должного контроля, которая и привела к хаотичному состоянию проекта. «На самом деле проблема не в проекте, а в особенностях принятия решений в ЕС», — говорит Андреас Херц (Andreas Herz), профессор нейроинформатики в Мюнхенском университете им. Людвиг-Максимилиана и член согласительной комиссии.

Большая наука, большие вопросы

С тех пор как впервые после Второй мировой войны и Манхэттенского проекта возникла большая наука, специалисты в области науки и политики спорят о том, нужна ли она. Покойный Элвин Вайнберг (Alvin M. Weinberg), директор Ок-Риджской национальной лаборатории, изложил в 1961 г. в *Science* свои размышления о том, что дорогостоящие проекты, такие как ускорители частиц и полеты в космос, «губят науку» и «материально наносят нам ущерб». Он утверждал, что большая наука виновата в том, что «добавляет

журналистский привкус» исследованиям, что «это в корне несовместимо с научным методом» и в результате создается ситуация, когда «задачей науки становится эффективность, а не знания». Кроме того, он был обеспокоен, что доступность для исследователя больших денежных сумм «дает людям повод утверждать, что ученые тратят деньги, а не занимаются умственной работой».

Такие опасения по-прежнему актуальны, и в последнее время именно *Human Brain Project* вызывает самые серьезные подозрения в этом смысле. На сегодня большая наука состоит из крупномасштабных совместных междисциплинарных научно-исследовательских и инженерных проектов, которые все чаще финансируются правительствами разных стран в надежде ускорить развитие новых технологий. Нейробиология — всего лишь мелкая веточка на дереве многомиллиардных исследований, которое, начавшись с развития оборонных и космических технологий, разрослось и распространилось в другие сферы.

«Какому из наших политиков не хотелось бы встать и сказать: "Мы, европейцы, создаем мозг"? Это захватывающе, это как полет на Луну!»

Кристофер Эбелл,
генеральный директор проекта «Человеческий мозг»

Есть веские причины, почему проекты большой науки стремительно размножаются. Многие области исследований стали гораздо более сложными и затратными, поэтому интенсивное сотрудничество оказалось лучшим способом продолжить движение вперед. Большая наука уже давно стала обычным явлением в физике, где для передовых исследований нужны огромные ускорители частиц вроде Большого адронного коллайдера CERN. В биологии большая наука началась в 1990 г. с проекта *Human Genome Project* длительностью 13 лет и стоимостью примерно \$3 млрд (по состоянию на 1991 г.), соучредителями которого стали Национальные институты здравоохранения и Министерство энергетики США, а целью которого было определить последовательность нуклеотидов в человеческом геноме. В начале 2010-х гг. казалось, что нейробиология близка к важному прорыву. Почти одновременно с началом европейского проекта *Human Brain Project* США объявили о своем многомиллиардном проекте *BRAIN Initiative (Brain Research through Advancing Innovative Neuro technologies* — «Исследования мозга с помощью новейших технологий»). Израиль, Канада,

Австралия, Новая Зеландия, Япония и Китай тоже заявили о новых крупномасштабных проектах по исследованию мозга. Томас Инсел (Thomas Insel), директор Национального института психического здоровья, одного из учреждений, участвующих в проекте *BRAIN Initiative* (среди других — Национальный научный фонд и Агентство по перспективным оборонным научно-исследовательским разработкам), говорит, что в тот момент соединились обеспокоенность по поводу распространенности и последствий психических расстройств и надежда на новые технологии изучения мозга, такие как оптогенетика. Все это активизировало политиков и ученых, инициировав новую волну исследований мозга. «Сейчас мы видим, как целое поколение загорелось этими исследованиями, и не только в США, но и по всему миру», — говорит Инсел.

Помимо демонстрации того, насколько легко подобный проект может сбиться с пути, история с проектом «Человеческий мозг» показывает, что для решения сложных задач недостаточно выде-

Ведущие нейробиологи утверждают, что даже если бы удалось смоделировать мозг на том уровне детализации, который предполагает Маркрам, это ничего не сказало бы нам о мышлении, памяти или эмоциях

лить большие деньги. Эта стратегия успешна для решения четко определенных технических задач, таких как строительство ракет или расшифровка генома, но могут ли крупнобюджетные проекты, порученные небольшой группе ученых, быть эффективными для создания чего-то вроде новых представлений об устройстве человеческого мозга?

Взлет и падение проекта

Генри Маркрам заметно выделяется среди нейробиологов своего поколения своими экспериментальными достижениями и амбициозностью. Сейчас ему 53 года. В 2005 г. в Федеральной политехнической школе Лозанны он основал *Blue Brain Project* (проект по компьютерному моделированию неокортекса человека), для которого *IBM* предоставила суперкомпьютер *Blue Gene*. В проекте использовались биологические данные и программное обеспечение для имитации маленького фрагмента крысиного мозга — совокупности нейронов, образующих колонку коры. Но пока этот проект только способствовал пониманию, как математически

смоделировать некоторые нервные цепочки. Критики говорят, что такое моделирование малополезно для понимания того, как на самом деле работает мозг. Маркрам до сих пор не опубликовал полных результатов *Blue Brain Project* в рецензируемом журнале. При этом он быстро разработал планы еще более амбициозного предприятия: создания суперкомпьютера, моделирующего целый человеческий мозг.

Помимо научных достижений Маркрам имел большие способности к пропаганде. Харизматичный и фотогеничный, он создал себе имя и последователей, став великим нейробиологическим прологом. Он быстро отделился от критиков, сказав, что они просто не готовы принять смену парадигмы, которую олицетворяет *Human Brain Project*. Многие его противники говорили, что проект Маркрама не имеет отношения к фундаментальной науке. Ведущие нейробиологи утверждают, что даже если бы удалось смоделировать мозг на том уровне детализации, который предполагает Маркрам,

это ничего не сказало бы нам о мышлении, памяти или эмоциях. Другие обвиняли Маркрама в преувеличении потенциальных возможностей проекта. «Мы все знаем Генри, у него всегда была мания величия, — говорит директор Центра изучения мозга им. Эдмунда и Лили Сафры при Еврейском университете в Иерусалиме Эйлон Ваадия (Eilon Vaadia). — Никто из нас не верит, что возможно сделать то, что он обещал».

Несмотря на скептицизм нейробиологического сообщества, Маркрам убедил тех людей, чье мнение на самом деле имело значение: членов Европейской комиссии, обеспечивающих финансирование, которых, похоже, интересовала не столько научная целесообразность, сколько экономические и политические выгоды. Эбелл говорит, что проект возник потому, что политики хотели сделать нечто, чтобы Европа догнала Америку. В 2009 г., опасаясь дальнейшего отставания от США в области компьютерных технологий, в Евросоюзе начали создавать конкурсы проектов с финансированием от одного миллиарда евро каждый. С политической точки зрения не менее важные, чем с научной, эти проекты должны были «дать Европе возможность занять лидирующее положение» в новых высоких технологиях, как указано в документах ЕС в 2009 г. Маркравское моделирование мозга с помощью суперкомпьютера и его заверения о тех преимуществах, которые проект даст нейробиологии, медицине, робототехнике и компьютерным технологиям, понравились чиновникам, считавшим, что десятилетний спущенный сверху план прорывных открытий будет реализован. «Такие проекты привлекают людей вроде Генри, и он сказал им как раз то, что

они хотели услышать, — говорит Эбелл. — Какому из наших политиков не хотелось бы встать и объявить: "Мы, европейцы, создаем мозг"? Это захватывающе, это как полет на Луну!»

Поскольку программа была задумана как пропаганда, а не как обычный процесс научного поиска, и поскольку большое финансирование должно быть оправдано, политики, чиновники и даже ученые имели сильный стимул давать преувеличенные обещания. Эбелл рассказывает: «Вы сидите на совещании, и кто-то говорит, что вы должны описать ожидаемые результаты в более увлекательной форме, тогда вы начинаете обещать больше и все это повторяют, даже ученые. Это система с положительной обратной связью. А когда на кону столько денег, положительная обратная связь становится очень сильной».

Тайное жюри состояло из 25 экспертов из разных уголков Европы, среди его членов был как минимум один нейробиолог, но большинство были специалистами в других областях. Жюри выбрало проект «Человеческий мозг» и еще один проект из шести финалистов, чтобы выдать им примерно миллиард евро (в то время это составляло около \$1,3 млрд) порциями по 100 млн евро. В отличие от практики, распространенной в США, Европейская комиссия не разглашает имена членов жюри даже после того, как они сделали свой выбор. В комментарии для *Scientific American* комиссия защищает данную практику, утверждая, что это необходимо для предотвращения последствий для личной и профессиональной жизни эксперта и для обеспечения качества и эффективности процедуры.

Вторым победителем был проект по изучению графена, объединивший исследователей из академических институтов и корпораций 23 стран, которые будут изучать возможности применения этого перспективного наноматериала в электронике, энергетике и других отраслях промышленности. Предполагается, что графеновый проект поможет европейской промышленности не отстать от азиатских стран, таких как Южная Корея, где компания *Samsung* разрабатывает материал будущего. В отличие от *Human Brain Project*, в графеновом проекте не было противоречий, и партнеры для промышленных исследований быстро нашлись по всей Европе. Одно из важных различий состоит в том, что графеновый проект не основан на взглядах одного человека, он с самого начала был общим, совместным и децентрализованным. Например, если структуру и финансирование *Human Brain Project* контролировали Маркхам и еще несколько человек, то графеновый проект представляет собой открытую сеть и лишь немного координируется лидерами из шведского Технического университета Чалмерса. Наверное, еще более важно то, что графеновый проект имеет чисто

инженерную задачу: разработать технологии, обеспечивающие коммерческое использование известного материала. В отличие от построения модели мозга для этого не требуется преодолевать огромный пробел в фундаментальных знаниях.

По непонятным причинам, когда проект «Человеческий мозг» был запущен в 2013 г., Европейская комиссия не настояла на принятии в таких случаях проверках и сбалансированном управлении. Согласно отчету согласительной комиссии, у руководства проектом возникли многочисленные конфликты интересов. В отчете говорится, что Маркхам и два других ученых контролировали правление совета и, соответственно, распределение средств среди 112 учреждений; более того: Маркхам с несколькими другими руководящими лицами продавливали свои собственные решения о финансировании. Наконец, сообщается, что «Маркхам был членом всех комиссий и сам же докладывал им о положении дел». «Это потрясающая картина того, на каком уровне принимаются решения в ЕС», — говорит Питер Дайан (*Peter Dayan*) руководитель направления нейроинформатики в Университетском колледже Лондона и участник согласительной комиссии. Дайан говорит, что не может припомнить проект подобного масштаба, который был бы настолько сильно запущен.

Пока нейробиологи не написали открытое письмо, Европейская комиссия не замечала наличия проблем в руководстве проектом. За несколько дней до того, как согласительная комиссия сделала свой подробный и критический доклад, Европейская комиссия подготовила свой собственный отзыв (закрытый, известный только комиссии и руководству проекта), в котором не так откровенно, но упоминались проблемы руководства, однако не предписывалось производить какие-либо изменения. Комиссия также сообщила, что приветствует появление согласительной комиссии. Если бы Европейская комиссия с самого начала эффективно контролировала ситуацию, возможно, проект не оказался бы в таком затруднительном положении. А если бы не возмутилось нейробиологическое сообщество, вероятно, никаких организационных изменений в проекте не произошло бы до сих пор.

Левый мозг, правый мозг

Пока американский проект исследования мозга работает гораздо успешнее европейского. Когда Барак Обама объявил о нем в 2013 г. как о «следующем великом американском проекте», вначале идея была встречена такой же волной скептицизма. Как и в Европе, многие американские нейробиологи беспокоились, что *BRAIN Initiative* плохо продуман и будет оттягивать финансирование от других нейробиологических исследований на погоню за смутными, возможно недостижимыми целями.

Продолжение на с. 48

КАК ВЕЛИКА НАУКА?

В таких гигантских инструментах науки, как Большой адронный коллайдер, часто видят символы стремления человечества к разгадке тайн мироздания. Но насколько высоко ценит науку человечество в целом? Насколько грандиозна вся наука? Ответить на этот вопрос непросто, но, собрав известные достоверные сведения, мы можем дать приблизительную оценку.

США
\$453 544 млн*
2012 г.

* Затраты всех стран на НИОКР выражены в эквивалентах доллара по покупательной способности.

Общемировые затраты на науку

Каждый доллар, затраченный в мире на научные исследования, не зафиксирован ни в одном отдельном наборе данных, но масштаб мировых исследований можно оценить по затратам крупнейших экономических систем мира на науку.

Китай
\$243 293 млн
2012 г.

Проект «Человеческий геном» (Human Genome Project)

\$4,73 млрд†
Общая сумма затрат в 1990–2003 гг.

Проект «100 тыс. геномов» (100,000 Genomes Project)

\$471 млн
Текущие инвестиции в 2012–2017 гг.

† Стоимости всех проектов выражены в долларах США 2015 г.

Большой адронный коллайдер

\$5,3 млрд
Персонал, материалы, НИОКР, испытания и предоперационные затраты
Запущен в работу в 2008 г.

Япония
\$148 389 млн
2011 г.

ГЕНОМ

Почти пятимиллиардный проект «Человеческий геном», рассчитанный на 13 лет, в рамках которого в 2013 г. было завершено секвенирование всего генетического кода человека, был, возможно, первым проектом по-настоящему большой науки в сфере биологии и медицины. В число новых исследований входит проект «100 тыс. геномов», имеющий целью секвенирование всего генома 100 тыс. пациентов Национальной службы здравоохранения Великобритании для поиска генетических причин заболеваний.

Проект китайского коллайдера

Примерная стоимость строительства — \$3,02 млрд
Ожидает утверждения

Европейский источник нейтронов ESS

\$2,26 млрд
Проектная стоимость строительства
Строительство начато в 2014 г.

Манхэттенский проект
\$23–27 млрд
(\$2,2 млрд в 1945 г.)
Общая стоимость в 1942–1947 гг.

БОМБА

В Манхэттенском проекте, в рамках которого была создана первая атомная бомба, участвовали 130 тыс. человек, и обошелся он более чем в \$23 млрд. Так или иначе, он стал примером возможности большой науки.

Инициатива «Мозг» (BRAIN Initiative)

\$300 млн
Федеральные инвестиции до 2015 г.
Запущена в 2013 г.

ИССЛЕДОВАНИЯ МОЗГА

Одной из величайших еще не разгаданных тайн природы остается вопрос о том, как полтора килограмма мозговой ткани в голове человека одаривают его сознанием. На создание базовых инструментов, которые помогли бы ученым раскрыть эту загадку и лечить болезни мозга, нацелены несколько крупных и хорошо финансируемых инициатив, включая Human Brain Project в Европе и BRAIN Initiative в США.

КОЛЛАЙДЕРЫ

Они дороги, огромны и очень важны для физиков, ибо для проверки некоторых теорий необходимо воспроизвести условия, существовавшие сразу после Большого взрыва. На сегодня самой большой в мире — 27-километровый Большой адронный коллайдер вблизи Женевы, но Китай планирует почти вдвое более крупный коллайдер.

Германия
\$100 248 млн
2012 г.

БОЛЬШАЯ НАУКА, БОЛЬШИЕ ВЫЗОВЫ

Бразилия
\$27 430 млн
2011 г.

Италия
\$26 321 млн
2012 г.

Индия
\$36 196 млн
2011 г.

Канада
\$24 801 млн
2012 г.

Индонезия
\$795 млн
2009 г.

ЮАР
\$3 986 млн
2010 г.

**Саудовская
Аравия**
\$503 млн
2009 г.

Мексика
\$8 058 млн
2011 г.

**Международная
космическая станция**
Около \$140 млрд
Включая разработку, сборку
и эксплуатационные расходы за десять лет
Первый сегмент запущен в 1998 г.

ЧЕЛОВЕК В КОСМОСЕ

Полеты людей в космос, а в случае МКС и проживание их там, были одними из самых дорогих проектов в истории науки. Отправка на планеты автоматических зондов вроде научной лаборатории «Марс» обходилась значительно дешевле.

Россия
\$37 854 млн
2012 г.

Австралия
\$20 469 млн
2010 г.

Турция
\$11 302 млн
2011 г.

Великобритания
\$39 110 млн
2012 г.

Проект Apollo
\$104,27 млрд
Общие бюджетные ассигнования
1960–1973 гг.

Миссия «Новые горизонты» на Плутон

\$700 млн
Разработка космического аппарата и его оборудования, запуск аппарата, его работа, анализ данных и программа поддержки
Запущен в 2006 г.

БОЛЬШИЕ ТЕЛЕСКОПЫ

Разрабатываемые сегодня большие телескопы, в частности космический телескоп «Джеймс Уэбб» стоимостью около \$8 млрд, соперничают по стоимости и масштабу целей с большими ускорителями частиц.

ALMA
\$1 430 млн
Общая стоимость
строительства
2013 г.

Космический телескоп «Джеймс Уэбб»
\$7 998 млн
Затраты NASA на строительство, запуск и введение в строй
Запуск запланирован на 2018 г.

**Марсианская
научная
лаборатория**
\$2,65 млрд
Общая стоимость.
Запущена в 2011 г.

Франция
\$54 680 млн
2012 г.

ITER
\$19,66 млрд
Оценка стоимости
строительства.
Завершение строительства
намечено
на 2027 г.

БОЛЬШАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Главнейшая проблема человечества — обеспечение цивилизации энергией без ущерба для планеты — достаточно насущна для оправдания таких грандиозных проектов, как ITER — Международный экспериментальный термоядерный реактор, строящийся совместно Европейским союзом, Индией, Китаем, Россией, США, Южной Кореей и Японией. Он будет самым большим в мире термоядерным реактором.

Южная Корея
\$58 380 млн
2011 г.

«Аватар»
Фильм, принесший наибольший кассовый сбор во всем мире: \$2778 млн
Выпущен в 2009 г.

ПОЛЕЗНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Даже самые большие расходы на науку меркнут по сравнению с потребительскими тратами и расходами на военные цели. Так, затраты \$2,65 млрд на марсианскую научную лабораторию кажутся огромной суммой, и она действительно огромна, но она меньше кассового сбора от фильма «Аватар». А, пожалуй, самой наглядной точкой сравнения может служить программа строительства истребителей F-35 Lightning II пятого поколения, обошедшаяся в \$391 млрд.

Спиртные напитки
\$174 314 млн
Потрачено на спиртные напитки в США
2013 г.

Истребитель F-35
\$391,1 млрд
Стоимость программы строительства
2457 самолетов
на 31 декабря 2014 г.

Начало на с. 45

Однако Национальный институт психического здоровья вместо того, чтобы начинать работу за закрытыми дверями, отреагировал на критику и дал возможность нейробиологическому сообществу влиять на управление проектом и привлечение в него участников. Организация назвала 15 ведущих специалистов по работе мозга и провела серию открытых семинаров, дав ученым возможность определить суть проекта. После года обсуждений возникла амбициозная междисциплинарная программа развития новых технологий, которые должны помочь исследователям при наблюдении, измерении и стимуляции мозга. Проект объединяет нейробиологов, специалистов в области нанотехнологий и инженеров-материаловедов. Совместными усилиями они будут решать разные задачи — например, как обеспечить электрическую стимуляцию небольшой группы нейронов, чтобы лечить расстройства работы мозга со значительно большей точностью.

Ключевое различие между европейским *Human Brain Project* и американским *BRAIN Initiative* заключается в том, что последний не зависит от научных взглядов одного человека. Вместо этого много групп будут бороться за гранты и делать что-то новое в разных направлениях. Конкуренция контролируется с помощью процесса рецензирования, принятого в Национальном институте психического здоровья; таким образом предотвращается возможность конфликта интересов, которая мешала принятию решений в проекте «Человеческий мозг». Рецензирование — не идеальный способ, поскольку в этом случае поддерживается в первую очередь то, что соответствует известным научным представлениям; да и американское финансирование науки имеет множество своих проблем. Тем не менее в проекте *BRAIN Initiative* заложено больше возможностей для конкуренции и налицо прозрачная система принятия решений — в отличие от политического черного ящика в Брюсселе, создавшего *Human Brain Project*.

У *BRAIN Initiative* есть все шансы на успех, поскольку, хотя он и выглядит как космический мегапроект, это не столько большая наука, сколько централизованная система распределения финансирования для новых областей с правилами, которые способствуют формированию сотрудничества. «Мегапроект» — в данном случае лишь ярлык, фактически это умный пиар-ход для получения финансирования и поддержки. Инсел рассказывает: «Когда я разговариваю с членами Конгресса, они всегда интересуются тем, какие есть новые идеи, они не хотят тратить деньги на одно и то же». Репортажи в СМИ тоже концентрируются вокруг больших новых идей. В результате проект от большой науки — или по крайней мере нечто, «упакованное», как он, легче «толкнётся»

политикам, избирателям и журналистам. Закари Майнен (*Zachary Mainen*), руководитель отдела нейробиологических систем в Фонде Шампанимо в Лиссабоне и один из инициаторов открытого письма против проекта «Человеческий мозг», рассказывает: «Сейчас модно считать, что большая наука обеспечивает большую эффективность, но это не значит, что надо устранять возможность конкуренции».

Сомнительный след

В результате критики согласительной комиссии в *Human Brain Project* происходит кардинальная перестройка, и, возможно, он еще сможет успешно работать. Эбелл говорит, что создается новая структура управления проектом, так что власть не будет сконцентрирована в руках у Марккрама и его приближенных. Появятся новые органы для независимого контроля. В проект уже был возвращен ключевой раздел, финансирующий исследование в области когнитивной нейробиологии, удаление которого из числа основных направлений вызвало шквал возмущения работой проекта в прошлом году. Готовится создание более открытого, конкурентного доступа к средствам *Human Brain Project* для проведения совместных исследований. Эбелл рассказывает, что теперь каждая группа, участвующая в проекте, и в том числе группа Марккрама, должна будет каждые два года вновь подавать заявку на финансирование.

Кроме того, в проекте дополнительное внимание будет уделяться методам обработки данных и программному обеспечению, направленным не только на моделирование работы мозга. Хотя согласительная комиссия и критиковала «Человеческий мозг» за постановку «нереальных целей» (понимание работы мозга и лечение заболеваний), что привело к «потере научной достоверности», даже самые строгие критики, такие как Дайан и Майнен, полностью поддержали наличие параллельных целей, таких как, например, создание вычислительных средств, методов обработки данных и математических моделей для нейробиологических исследований.

Сконцентрировавшись на анализе больших объемов данных, т.е. том, что Марккрам первоначально хотел сделать, европейский *Human Brain Project* мог бы прекрасно дополнить американский *BRAIN Initiative*, новые технологии которого, как ожидается, должны дать большой объем данных о работе мозга. Если «Человеческий мозг» вернется к своей технологической задаче — разработке полезных вычислительных средств и моделей для нейробиологических исследований, как бы скучно это ни звучало, тогда Генри Марккрам вполне может оставить значительный и прочный след в нейробиологии. ■

Перевод: М.С. Багоцкая



БОЛЬШЕ ДАННЫХ, МЕНЬШЕ БЕДНОСТИ

Денег и благих намерений недостаточно для эффективной борьбы с бедностью: нужно еще знать, что работает, а что нет

ДИН КАРЛАН

ОБ АВТОРЕ

Дин Карлан (Dean Karlan) — профессор экономики Йельского университета, а также основатель и президент некоммерческой исследовательской группы «Инновации для борьбы с бедностью» (*Innovations for Poverty Action, IPA*).



В основе возникшей в 1990-х гг. идеи микрозаймов как средства помощи бедным выйти из бедности лежало заманчивое и вроде бы самоочевидное представление о том, что делать деньги, не имея средств, невозможно. Банки не стали бы давать бедным традиционные займы, но маленькие суммы несли меньший риск и позволяли предприимчивым людям быстро начать мелкий бизнес. Экономист Мухаммад Юнус (Muhammad Yunus) и бангладешский банк *Grameen Bank* нашли способ широкого внедрения этой инновации, за что получили в 2006 г. Нобелевскую премию.

К сожалению, хотя микрозаймы и имеют некоторые достоинства, недавние свидетельства показывают, что в среднем они не увеличивают ни доход, ни расходы на питание и ведение домашнего хозяйства, а это — ключевые показатели финансового благополучия.

Тот факт, что программа, существуя более 20 лет и щедро раздавая деньги, так и не помогла людям выйти из бедности, говорит о недостатке свидетельств, на основе которых формируются программы борьбы с бедностью. Так, в рамках программы «Отдельные американцы» (*Individual Americans*) на благотворительность ежегодно выделяется \$335 млрд, но большинство людей жертвуют деньги по внутреннему побуждению или по советам друзей, а не потому, что располагают свидетельствами о том, что их дар принесет хоть какую-то пользу. Филантропы также часто финансируют проект, не имея понятия о том, успешен ли он.

К счастью, мы живем в век больших данных: решения, обычно принимавшиеся по внутреннему побуждению, теперь могут базироваться на основе солидных свидетельств. В последние годы для выяснения того, что работает, а что нет, социологи начали использовать большие данные. Их цель — превратить филантропию в науку, которая

позволит направлять деньги на те программы, для которых есть серьезные доказательства их социальной эффективности.

О микрозаймах я узнал в 1992 г. Будучи 22-летним практикантом в одном из крупнейших микрокредиторов в Сальвадоре, я был поражен тем, как мало знает эта организация о влиянии ее деятельности на ее клиентов (в большинстве — женщин) и о местной экономике.

Микрокредитор знал, что многие клиенты приходят потом за новыми займами, и видел в этом «удержании клиентов» доказательство своего успеха. Действительно, зачем бы клиентам продолжать брать займы, если они не помогают? Но у микрокредиторов не было никаких серьезных свидетельств того, что займы помогают женщинам вывести свои семьи из бедности. Когда я спросил о таких свидетельствах, меня направили к формальной анкете. Я заинтересовался: полезны ли повторные займы, если бизнес клиента не растет? Может быть, истинный успех заключался бы в том, что один заем помог бы нуждающемуся и позволил ему устойчиво вести свое дело, не нуждаясь в новых займах?

Там существовала огромная неправительственная организация, выделявшая крупные гранты на помощь бедным, но не проверявшая, приносят

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Филантропы часто выделяют деньги на проекты, не зная, будет ли от них толк.
- В частности, микрозаймы неэффективны в отношении увеличения среднего дохода беднейших слоев населения нашей планеты.
- Для выяснения того, что работает, а что нет, социологи начали использовать инструменты больших данных. Их цель — превратить филантропию в науку, которая позволит направлять деньги на программы, поддержанные серьезными свидетельствами их социальной эффективности.
- Программы, основанные на конкретных данных, — не панацея от бедности, однако это серьезный шаг вперед.

ли пользу ее усилия. У коммерческих предприятий есть критерии, показывающие, насколько успешно работает предприятие, но большинство финансовых доноров не спрашивают у благотворительных организаций о результатах их деятельности. Вопрос, который необходимо задавать каждый раз при выписке чека благотворительной организации и при каждом выделении государством миллионов долларов на проект помощи бедным, таков: поможет ли это на деле уменьшению бедности? Иными словами: как изменить реализацию данной программы жизнь людей?

Этот вопрос заставил меня уйти со своей дорожки на Уолл-стрит и поступить в аспирантуру по экономике.

Один из моих профессоров, Майкл Кремер (Michael Kremer), тогда только что начал направленные рандомизированные испытания для выяснения того, какие программы на деле помогают ученикам не бросать школу и улучшать свое образование. Этот метод он позаимствовал у работников здравоохранения и специалистов из других областей науки. Он выбирал школы, используя экспериментальные и контрольные группы, а затем сопоставлял результаты этих двух групп.

Его подход подсказал мне идею о том, как вернуться к вопросам о микрозаймах, которые в первую очередь и привели меня в академию. Когда я представлял свои вопросы и описывал простой эксперимент, который мог бы дать ответы на них, я думал, что предлагаю побочный проект, а не диссертацию. Тогда я только что закончил чтение сложных статей за два года, в которых часто рассматривались эмпирические вопросы из воображаемой эконометрики, и подумал, что именно этому должна быть посвящена диссертация. Но я все еще помнил совет Кремера: задавай важные вопросы и не задумывайся о том, не сложен ли твой метод и не слишком ли ты «мудрствуешь». Беспокойся лишь о том, чтобы хорошо ответить на свои вопросы.

Поэтому на четвертом году аспирантуры я отправился в ЮАР, чтобы поставить свой первый эксперимент на тему эффективности микрозаймов. Я подготовил группу, которой предстояло искать людей, желающих получить заем у микрокредитора. Отобранных людей я случайным образом разбил на экспериментальную и контрольную группы, а список экспериментальной группы передал кредитору, чтобы он обращался к людям из этого списка и предлагал им займы. Все представлялось очень простым.

На деле проект с треском провалился. Каждый раз когда я передавал кредитору имена, на поиски этих потенциальных заемщиков уходили месяцы, а иногда их и вообще не находили. А потом кредитор

переманил лучшего члена моей группы, убив мою надежду привлечь больше людей к своему проекту.

Оказалось, что научным организациям и университетам трудно проводить в отдаленных краях исследования с уровнем детализации, требуемым для получения хороших научных результатов. Нужна надежная рабочая команда на месте, члены которой разбирались бы в науке и при этом умели ладить с партнерами и выполнять работы «в поле».

В 2002 г., когда я стал профессором, я основал некоммерческую организацию «Иновации для борьбы с бедностью» (*Innovations for Poverty Action, IPA*) для помощи в заполнении пробелов в знаниях в областях финансов, здравоохранения, образования, пищевых ресурсов, мира и постконфликтного восстановления. Она связала моих пытливых научных коллег, занимающихся обработкой больших объемов численных данных в Массачусетском технологическом институте, Йельском университете и других организациях, с обученной коман-

Простые вмешательства, учитывающие поведение людей, могут давать огромный эффект: так, например, размещение дозаторов хлора в бросающихся в глаза местах у источников воды привело к шестикратному увеличению потребления чистой воды

дой из 500 с лишним человек, занимающихся направленными рандомизированными испытаниями в 18 странах. Сегодня мы проводим больше 500 таких испытаний. Главная мысль состояла в том, что простые вмешательства, учитывающие поведение людей, могут давать огромный эффект. Размещение дозаторов хлора в бросающихся в глаза местах у источников воды привело к шестикратному увеличению потребления чистой воды. В Индии принесение в дар местного лагеря для ежесемейной иммунизации всего лишь мешка чечевицы примерно шестеро увеличило процент детей, получивших полную иммунизацию (и при этом удешевило иммунизацию, поскольку на нее пришлось больше семей). А простые и дешевые текстовые сообщения-напоминания могут быть эффективными в деле помощи людям в выполнении их задач от экономии денег до соблюдения назначенных режимов. Разумеется, работает не все, и нужно определять, что работает, а что нет.

Мы поняли также, что информация — лишь часть решения. Прочные связи с местными властями, некоммерческими организациями, бизнесом и банками позволяют ученым работать именно над теми вопросами, которые действительно актуальны, и передавать решения людям, которые могут ими воспользоваться.

Микрозаймы изводят меня и коллег уже многие годы. За 15 лет, прошедших со времени после моей первой попытки провести исследование в ЮАР, мы завершили семь рандомизированных испытаний по поводу традиционных микрозаймов и одно в отношении вернувших долги заемщиков в ЮАР. Семь проектов выполнены в разных странах мира (Боснии и Герцеговине, Индии, Марокко, Мексике, Монголии, Эфиопии и на Филиппинах) и разными людьми. Эти проекты выявили некоторые достоинства микрозаймов: они помогают семьям переживать трудные времена, вовремя оплачивать товары и даже делать небольшие инвестиции в бизнес. Но на основные показатели финансового благосостояния — доход и траты на домашнее хозяйство и продукты питания — они в среднем не оказывают влияния. К огорчению критиков системы микрозаймов серьезных отрицательных эффектов они тоже не оказывают.

Итак, что же на деле работает на повышение доходов беднейших слоев населения?

Совсем недавно мы провели исследование еще одной программы, призванной преодолеть некоторые из недостатков системы микрозаймов. Одна из причин грустных провалов многих программ состояла в том, что им не удавалось охватить нищих — беднейших из бедных. Их доход в расчете на сутки позволяет купить меньше того, что можно приобрести на \$1,25 в США, а их число превышает 1 млрд человек, т.е. одну седьмую всего населения планеты. Причины, не позволяющие им выбиться из нищеты, настолько сложны, что никакая отдельная мера не способна им помочь. Но одна программа, выполняемая в Бангладеш крупнейшей в мире некоммерческой организацией BRAC и некоторыми другими, стоит особняком. Она рассматривает нищету как комплексную проблему, требующую комплексного решения. Ее подход «сглаживания», нацеленный на вывод самых бедных из их нынешнего состояния, предусматривает использование комплекса из шести элементов:

1) «производственного актива», т.е. средств жизнеобеспечения (скота, ульев для получения меда, припасов для открытия небольшого магазина и т.п.);

2) обучения использованию этого актива;

3) небольшого краткосрочного пособия для удовлетворения неотложных потребностей, чтобы клиенту не пришлось продать актив до того, как он научится использовать его;

4) доступа к органам здравоохранения, чтобы клиент мог оставаться достаточно здоровым для сохранения трудоспособности;

5) способа накопления денег на будущее;

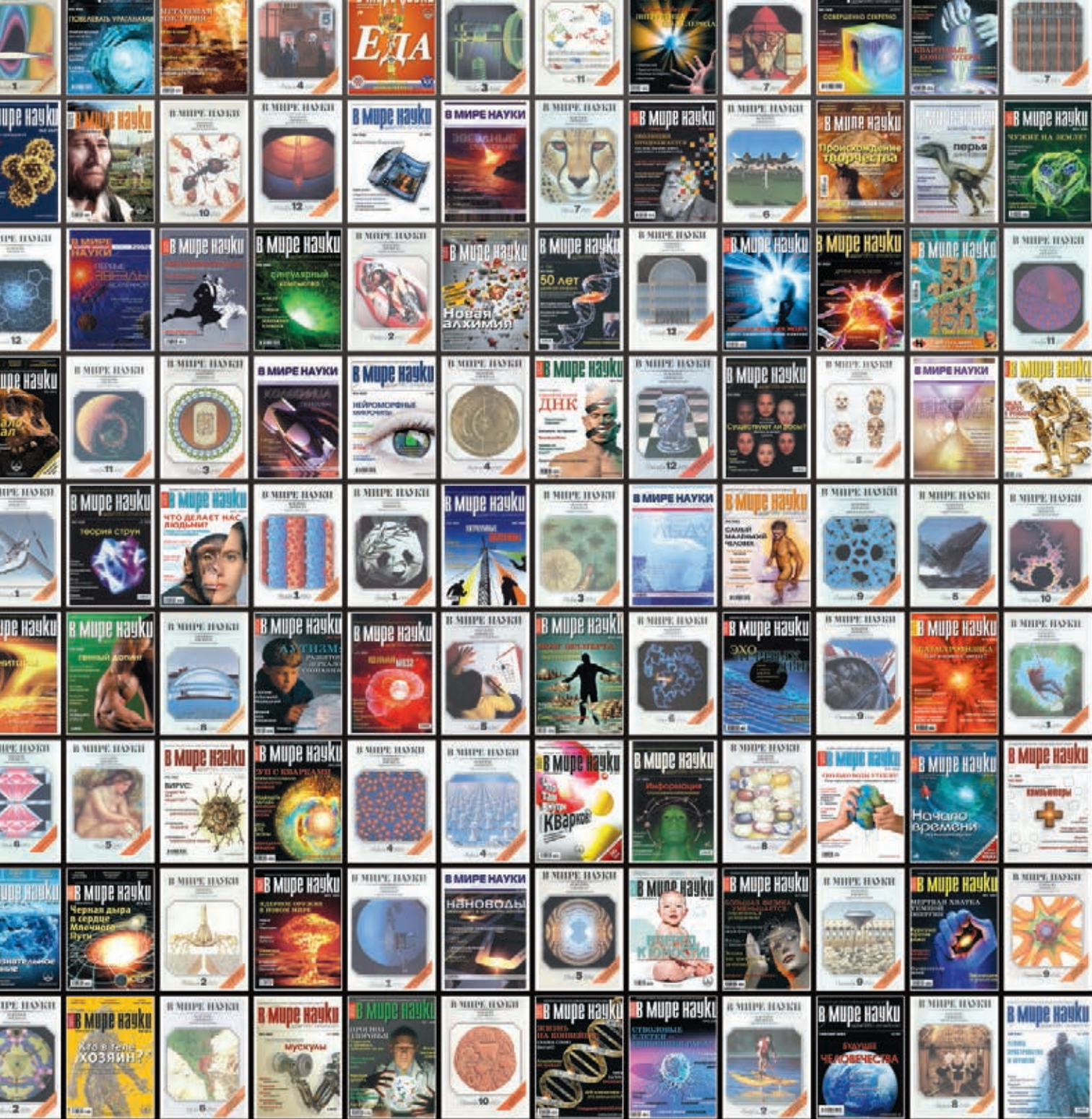
6) регулярных (обычно еженедельных) посещений наставника для развития профессиональных навыков клиента, укрепления его уверенности в себе и помощи ему в деле преодоления любых трудностей, с которыми он может встретиться.

Фонд Форда и вашингтонская Консультативная группа помощи бедным (CGAP) обратились ко мне со смелым предложением: провести испытания этой же программы, выполняемой разными организациями в разных местах. Мы провели такие испытания в шести странах — Гане, Гондурасе, Индии, Пакистане, Перу и Эфиопии. Мы обнаружили нечто небывалое: программа везде работала хорошо. Мы вернулись через год, когда программа была завершена, и убедились, что ее воздействие сохранилось: у людей стало больше денег на расходы и больше пищи. Когда мы посчитали затраты (труд, стоимость активов, транспортировка и накладные расходы) и сопоставили их с экономическим эффектом, в пяти странах из шести баланс оказался положительным, от 133% в Гане до 433% в Индии. Иными словами, каждый вложенный в Индии доллар давал нищим домохозяйствам на \$4,33 больше пищи и денег на расходы.

Единственным исключением стал Гондурас, где производственный актив, выделенный местными организациями, составляли в основном куры не местной породы, неустойчивые к местным заболеваниям, которые поэтому заболели и передохли. В гуманитарном отношении это был провал, но он показал, что производственный актив — важная составляющая программы. Удали его, и остальные пять составляющих не дадут полезного эффекта. Поскольку в Индии, Пакистане и Эфиопии использование программы расширяется, мы надеемся больше узнать о том, как заставить ее работать лучше, либо уменьшив затраты, либо улучшив услуги.

Панацеи в борьбе с бедностью нет. Даже программа «сглаживания» для самых бедных, готовая к широкому внедрению и дающая превосходную отдачу на вложенный доллар, не сможет превратить нищие хозяйства в домохозяйства среднего класса, владеющие автомобилями. Позиция IPA такова: больше данных — меньше бедности. Мы не беремся покончить с бедностью, но при наличии достаточного количества свидетельств мы сможем добиться важных сдвигов. ■

Перевод: И.Е. Сацевич



Хотите знать о науке больше?

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

В мире науки
 SCIENTIFIC AMERICAN

Архив





СРЕДСТВО ОТ УБИЙСТВ

Главы городов на обеих материках Америки используют науку
для уменьшения числа убийств

РОДРИГО ГЕРРЕРО ВЕЛАСКО

Жестокость — большая проблема современного общества, особенно в городах. Когда в 1992 г. я стал мэром своего родного города Кали в Колумбии, в нем свирепствовала эпидемия убийств. Лишь немногие рассматривали это как насущную проблему — в отличие от меня, возможно потому, что я получил докторскую степень по эпидемиологии в Гарвардской школе общественного здравоохранения. Для выявления причин убийств и определения общественных и политических перемен, способных изменить положение, я решил использовать статистические методы, практикуемые специалистами в области здравоохранения.

ОБ АВТОРЕ

Родриго Герреро Веласко (Rodrigo Guerrero Velasco) — мэр города Кали в Колумбии с 2012 г. Этот пост он занимал также с 1992 по 1994 г. После этого первого срока он работал в Панамериканской организации здравоохранения и помогал созданию организации *VallenPaz*, чтобы разработать экономические программы для сельских районов Колумбии, где действуют боевики и выращиваются наркочультуры.



В начале моего первого срока на посту мэра население Кали, да и всей Колумбии, ошибочно полагало, что здесь мало что можно сделать, поскольку жестокость в нас, колумбийцах, «заложена генетически». Другие скептики утверждали, что число жестоких убийств невозможно уменьшить без радикальных изменений таких социально-экономических условий, как безработица и уровень образования. Моя администрация и я доказали, что все эти люди были неправы.

Мы создали эпидемиологическую базу данных о многих социальных факторах, существенно повышающих риск совершения убийства. В их число входили такие незначительные нюансы поведения человека, как желание носить оружие в определенных местах или употреблять спиртное в определенные дни. На основе этой всесторонней и подробной информации были разработаны и введены новые законы, отражающие не политические соображения, а данные.

Этот подход сработал. Всего за три года, с 1992 по 1994 г., после того как основные причины убийств были выявлены и против них были приняты меры, уровень убийств (число в год на 100 тыс. человек населения) в моем городе, население которого в то время составляло около 1,8 млн человек, снизился со 124 до 86. Еще больше был спад за девять лет в нашей столице Боготе после применения тех же методов. А когда в конце 2011 г. я после почти 18-летнего перерыва был опять избран мэром Кали, тот же подход вновь снизил уровень убийств. Позвольте же мне рассказать, как большие данные и научный анализ могут помочь решить глубоко укоренившиеся социальные проблемы.

Выявление основных причин

Когда я заступил на свой первый срок, я сделал то, что обычно делают эпидемиологи: отметил цветными булавками на карте города все места умышленных убийств, ДТП, незаконных проникновений в чужие жилища и других преступлений и повесил эту карту на стену своего кабинета. Когда ее увидел журналист, местная газета опубликовала статью под заголовком «Мэр Герреро намерен лечить жестокость иглоукалыванием».

Очевидно, даже умным журналистам казалось странным смотреть на убийства со статистической точки зрения. Но для меня в этом несомненно был смысл: если эпидемиологические методы позволяют найти причины заболеваний, они могут найти и причины социальных недугов.

Использование статистики было важным, поскольку Колумбия имела долгую историю жестокости, оставившую множество ошибочных представлений. «Виоленсия» (*La Violencia*) — ожесточенная борьба за власть между двумя главными политическими партиями, начавшаяся в конце 1940-х гг., — за десять с лишним лет унесла жизни более 200 тыс. человек. За ней последовали десятилетия боевых действий герильи. Когда я стал мэром, общество было настолько терпимо к жестокости в конфликтах, что убийствами часто кончались ссоры между соседями или участниками ДТП. В 1991 г. в Медельине, втором по величине городе Колумбии, уровень убийств составлял 380, тогда как в Чили примерно в эти же годы — всего 2,9.

Мой эпидемиологический подход начался с определения жестокости, как оно сформулировано Всемирной организацией здравоохранения:

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Эпидемиологический подход может выявить основные причины жестокости и наилучшие меры по снижению ее уровня.
- В городе Кали (Колумбия) этот метод позволил всего за три года снизить уровень убийств (число убийств в год на 100 тыс. человек населения) со 124 до 86. В Боготе он снизился за девять лет с 80 до 20.
- Ключевую роль сыграло изменение законодательства в отношении огнестрельного оружия и спиртных напитков. Большое значение имели также увеличение присутствия полиции и предоставление молодежи работы и возможности деятельно участвовать в общественной жизни.
- Сегодня во многих городах обоих материков Америки проводятся регулярные собрания всех правоохранительных органов для анализа данных, планирования мер и оценки их результатов.

применение силы с целью причинения вреда или смерти. Ни несчастные случаи, ни психологическая или политическая жестокость под это определение не попадают.

Несмотря на предубеждение СМИ в отношении гражданской войны, в Колумбии на долю герильи в 1991 г. приходилось всего 36% убийств, причем главным образом в сельских районах. Я полагал, что виновниками остальных 64% были наркоторговцы. Однако исследуя, кто, где и когда совершал убийства в Кали, мы обнаружили, что в большинстве случаев и жертвами, и убийцами были молодые, безработные и малообразованные мужчины из бедных районов города, часто участвовавшие в столкновениях банд. Мы установили также, что около 80% убийств было совершено с помощью огнестрельного оружия. Когда же мы обнаружили, что две трети убийств были совершены в выходные дни, мы решили исследовать содержание алкоголя в крови жертв. Оказалось, что больше половины из них были пьяны. Этот факт указывал на то, что роль социального разделения в проявлениях жестокости важнее роли наркоторговли.

Да, наркоторговля играет свою роль, но в большинстве убийств не выступает непосредственной причиной. Проанализировав цифры, мы пришли к выводу, что роль наркоторговли в обществе подобна роли ВИЧ в организме человека: ВИЧ атакует его защитные механизмы, делая организм уязвимым для других заболеваний, а наркоторговцы атакуют защитные механизмы общества — полицию, судебную и политическую системы. Эти ослабленные организации становятся факторами риска в отношении жестокости. Например, полиция выявляет всего 6% подозреваемых в убийствах, а судебная система доводит до суда еще меньший процент.

Кроме того, жестокому обращению часто подвергаются дети, а СМИ часто демонстрируют сцены жестокости. В условиях культа жестокости, экономического неравенства и неэффективности органов общественной безопасности люди часто убивают или бывают убиты под воздействием алкоголя, а также в результате таких простых причин, как конфликт с шумными соседями или улаживание споров из-за долгов.

Изменение взглядов

Нашей целью было выявление факторов риска, которыми можно было бы управлять непосредственно. Поскольку в большой доле убийств использовалось огнестрельное оружие и убийства часто были связаны с алкоголем, в ноябре 1993 г. я начал менять законы об оружии и алкогольных напитках. Поскольку в моей стране огнестрельное оружие производится и продается армией, военные власти противились моему предложению общего запрета выдачи разрешений на ношение этого

оружия. Однако они согласились на приостановление действия этих разрешений в общественных местах в определенные дни высокого риска, обычно связанные с большим потреблением алкоголя, в частности в канун Нового года и, как на странно, в День матери, а также в дни зарплаты (в Колумбии это 15 и 30 числа каждого месяца), совпадающие с пятницей. Кроме того, я ограничил продажу спиртных напитков в общественных местах после 14:00. Моя администрация назвала этот запрет полусухим законом. Владельцы ночных клубов резко возражали против этого, поэтому я предложил уступку: я ввожу этот закон на три месяца, и если число травм и убийств не уменьшится, я отменю его. Однако уже через две недели больницы сообщили о резком уменьшении числа происшествий, связанных с жестокостью, так что вопрос об отмене полусухого закона отпал. Я сохранял его действие до конца своего пребывания в должности мэра.

Эпидемиологический подход требует также оценки результатов принятых мер. Через несколько месяцев мы установили, что после ограничения продажи спиртных напитков и права ношения огнестрельного оружия число убийств сократилось на 35%. Одно только сокращение права на ношение огнестрельного оружия уменьшило это число на 14%.

Кроме того, мы увеличили число прокуроров, вывели на улицы больше полицейских и улучшили их оснащение: камеры видеонаблюдения, автомобили и рации. Для поддержки этих людей в их трудной работе мы запустили программу с частным финансированием, целью которой были помощь офицерам полиции в приобретении собственных домов, переподготовка работников юстиции и предоставление им компьютеров. В результате улучшилась ситуация с предотвращением преступлений, а к суду было привлечено больше подозреваемых.

Наконец, мы создали два «дома правосудия» — круглосуточных полицейских участка в криминальных районах на окраинах города. Прежде такие учреждения имелись только в центре города и работали лишь в течение рабочего дня. Это новшество было особенно полезно для уменьшения числа проявлений бытовой жестокости, поскольку расследование теперь могло начинаться сразу после того, как медики установят характер полученных жертвой травм, что уменьшало вероятность отзыва женщинами своих жалоб под давлением мужей.

Для предоставления молодым парням из бедных районов более широких возможностей получения образования, восстановления здоровья, повышения дохода и расширения общественных связей я запустил программу восстановления общественной безопасности путем укрепления связей между

соседями — DESEPAZ. В рамках этой программы мы открыли в нескольких общинах «дома молодежи», где люди получили возможность неформального общения и объединения вокруг спортивных и культурных событий и мероприятий. Работники города обучали там связанную с бандами молодежь ведению мелкого бизнеса. Город даже нанял одно из таких предприятий, производящее брусчатку, для мощения улиц.

Улучшение данных

Мы довольно быстро поняли, что данные, которыми мы пользовались, не всегда согласовывались между собой. Например, на первой же моей встрече с советом безопасности в июле 1992 г. выяснилось, что полиция и суд используют разные дефиниции убийства, а это затрудняет определение причины смерти. Чтобы выйти из положения, я организовал еженедельные совещания по безопасности с участием представителей полиции, суда, экспертов-криминалистов, работников Институ-

Публикация данных о преступности может быть неприятной, но она так же необходима, как необходима публикация сведений об уровне безработицы и значений ВВП

та исследований и разработок в области предотвращения жестокости и содействия общественному согласию (CISALVA) Университета Валле, членов кабинета, отвечающих за общественную безопасность, и работников муниципального статистического агентства. Информация еженедельно доводилась до меня и до командования полиции. Каждую неделю мы проводили также заседания совета безопасности. Постепенно данные становились более согласованными. Эти заседания со временем превратились в «обсерватории преступности», или «общественные обсерватории». Институт CISALVA, задачей которого стало изучение способов предотвращения жестокости, еженедельно собирал и хранил данные этих обсерваторий на протяжении 22 лет. Насколько я знаю, в итоге в Кали была собрана совокупность надежных данных за период более длительный, чем в каком-либо другом из городов Колумбии.

На основе этого улучшенного анализа факторов риска мы в конце 1993 г. начали принимать оперативные меры и расширяли их до конца срока моего пребывания в должности мэра в декабре 1994 г. Мой преемник продолжил их. Уровень убийств в Кали снизился со 124 в 1994 г. до 112 в 1995 г.,

до 100 в 1996 г. и до 86 в 1997 г. Сказать, какая доля этого снижения была прямым результатом наших действий, довольно трудно, поскольку национальное правительство также сменило тактику борьбы полиции с наркокартелями. Но оценки, сделанные в Кали и Боготе, подтверждают, что эпидемиологический подход сыграл важную роль. Я думаю, что так и есть, отчасти потому, что те, кто занимал пост мэра после моего непосредственного преемника, не стали сохранять такие непопулярные меры, как ограничение продажи спиртных напитков, и число убийств стало значительно расти.

Опыт Боготы, самого крупного города Колумбии, подтверждает эффективность метода, основанного на использовании данных. Когда в январе 1995 г. мэром Боготы стал Антанас Моккус (Antanas Mockus), он применил и усовершенствовал нашу стратегию. Самыми важными его мерами были десятикратное увеличение бюджета полиции, улучшение разъяснительной работы с ней в отношении жестокой преступности, создание центров временного содержания под стражей для мелких преступников и создание в правительстве определенного поста по предотвращению жестокости. В число социальных мер вошли восстановление разрушенных общественных мест и трехкратное увеличение инвестиций в здравоохранение и образование.

Кроме того, Моккус ввел в действие полусухой закон и ограничения на ношение огнестрельного оружия, что быстро привело к такому же снижению уровня числа убийств, как в Кали. В Боготе строгое применение эпидемиологического подхода продолжалось в течение трех мэрских сроков — с 1995 по 2003 г., и за это время уровень убийств снизился с 59 до 25. Как и в Кали, часть этого снижения могла быть вызвана переменами на национальном уровне.

Новая тактика, 20 лет спустя

В Колумбии мэр не может переизбираться на второй срок (да у меня в любом случае были другие планы). Оставив свой пост, я занялся распространением своей идеи, что жестокость в городах можно контролировать, а также дальнейшими исследованиями в этом направлении. Я пошел работать в Панамериканскую организацию здравоохранения в Вашингтоне, активно участвовал в создании Межамериканской коалиции по предотвращению жестокости и помогал добывать у Межамериканского банка развития займы для Кали, Медельина и Боготы с целью сдерживания жестокости. Через три года я вернулся в Кали и помог созданию организации *VallenPaz*, задачей которой было создание экономических программ для сельских местностей на юго-западе Колумбии в качестве альтернативы соблазну получению денег от герильи и незаконного сбора урожая наркосодержащих растений.

Однако через несколько лет я понял, что пожизненного иммунитета от политики нет, и вновь пошел на выборы в мэры Кали.

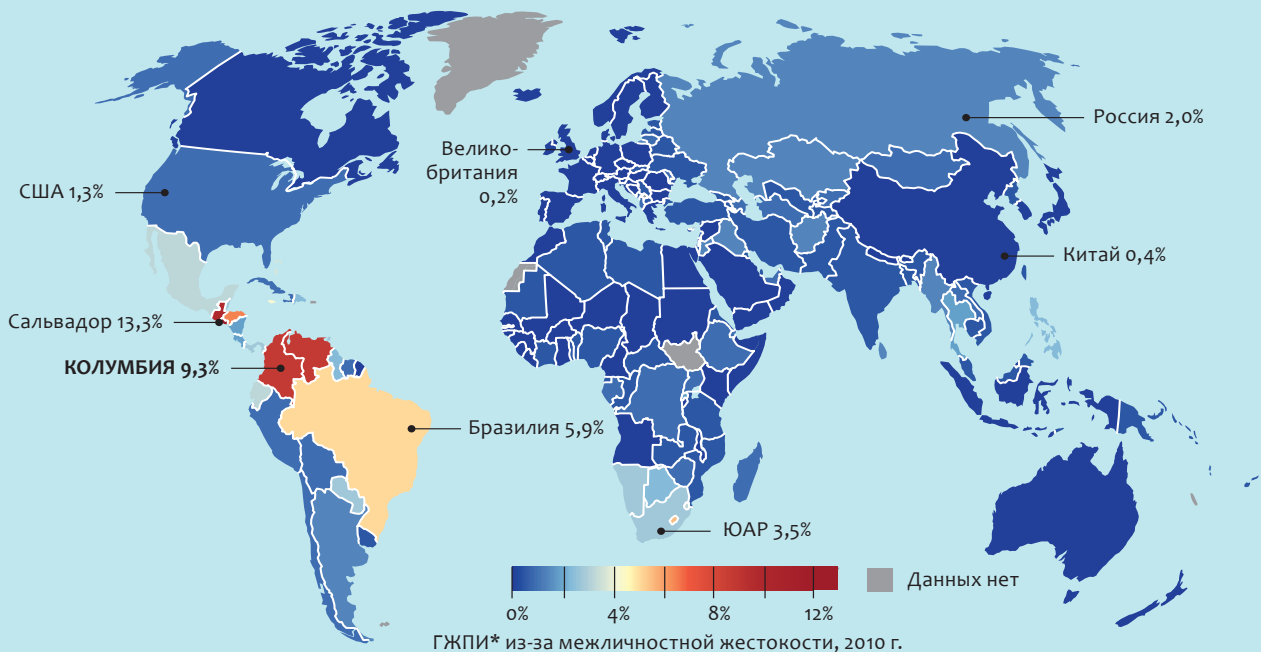
Когда 1 января 2012 г. я занял этот пост, я нашел совершенно другой город. Его население выросло с 1,8 млн человек в 1994 г. до 2,4 млн. Большую часть этого прироста составили мигранты — в основном с тихоокеанского побережья страны и из соседних сельских местностей. После ряда лет некомпетентного правления и даже смещения одного из мэров с должности уровень самоуважения в обществе сильно упал, а безработица выросла с 6,9% в 1994 г. до 13% в 2013 г. И хотя в 1990-х гг. большие наркокартели были ликвидированы, они распались на более мелкие, работавшие почти независимо в разных городах страны, в частности в Медельине и Кали. Торговля наркотиками продолжалась, и возникли новые виды преступлений, в том числе вымогательство бандами поборов за «крышевание» местных предприятий и войны между бандами за зоны распространения наркотиков в городах.

Хорошей новостью было то, что выросли профессионализм и добросовестность колумбийской полиции. Уровень убийств в целом по стране понизился с 79 в 1991 г. до 36 в 2011 г. Однако в Кали он составлял около 80, тогда как в Боготе 22, а в Медельине 70.

Я сразу же возобновил еженедельные заседания совета безопасности. Скоро наш анализ данных показал, что доля убийств в результате личных конфликтов и уличных пьяных драк уменьшилась по сравнению с периодом с 1992 по 1994 г. Однако доля убийств, которые можно отнести к действиям организованных преступных банд (заранее продуманных, с использованием такого серьезного оружия, как пулеметы), составила в 2012 г. 67%. Это говорило о росте роли организованной преступности. Данные свидетельствовали также о росте социального расслоения со времени моего первого пребывания в должности мэра.

Мы представили свои данные правительству страны и предложили создать специальные группы из следователей и представителей полиции и прокуратуры для борьбы с преступными группировками, а моя администрация начала масштабную программу социальных инвестиций в 11 районах города, где проживает в общей сложности около 800 тыс. человек, причем 26% из них в бедности, а еще 6,5% в крайней нищете. Эта программа под названием «Территории приобщения и возможностей» действует и сегодня. Для борьбы с бедностью, концентрации инвестиций в бедные районы и поощрения их жителей к большей активности в этой программе используется

САМЫЕ ЖЕСТОКИЕ. Список стран с наиболее высоким уровнем преждевременных смертей или инвалидностей, вызванных жестокостью в межличностных конфликтах (огнестрельные или ножевые ранения), возглавляют страны Центральной и Южной Америки. В большинстве стран мира от жестокости страдает меньше 3% населения (темно-синий и синий), но в некоторых частях Америки этот процент выше (в Колумбии 9,3%, в Сальвадоре 13,3%). Меры по снижению жестокости, предпринятые на основе данных, принесли успех в Колумбии и начали применяться в других странах.



*Годы жизни с поправкой на инвалидность (потерянные в результате смерти или проведенные в состоянии тяжелой инвалидности).

географический подход. Местные и общегосударственные чиновники работают над повышением уровня доходов населения, расширением школьных программ, поощрением культурной и спортивной активности, улучшением жилищных условий, здравоохранения и образования. Мы обучаем также родительскому искусству и мирному разрешению конфликтов.

В сочетании с усилиями правительства по борьбе в организованной преступностью наши действия снова снизили уровень жестокости. Уровень убийств в Кали упал с 83 в 2012 г. до 62 в 2014 г., и эта тенденция продолжается: число убийств в первом квартале 2015 г. было меньше, чем в соответствующий период любого из 12 предыдущих лет.

Все эти скоординированные действия полиции и социальные меры снова помогли борьбе с преступностью. Хорошим примером такой стратегии служит район Кали под названием Коммуна 6 с населением в 212 тыс. человек, в большинстве со средним уровнем дохода. Там мы скоординировано принимали полицейские и социальные меры, в результате чего число убийств за год уменьшилось на 44%: со 160 в 2013 г. до 89 в 2014 г.

Эпидемиологический подход к снижению уровня жестокости оправдал себя также в других городах Колумбии и на обеих материках Америки. В этом подходе очень важную роль играют обсерватории преступности, выросшие из наших регулярных заседаний совета безопасности. Сегодня Межамериканский банк развития, Агентство международного развития США, Всемирный банк и другие организации рекомендуют городам и странам создавать такие обсерватории при поиске финансирования программ предотвращения жестокости. Четыре такие обсерватории общенационального масштаба и множество муниципальных уже функционируют в 26 странах и городах обеих Америк.

Исследование, результаты которого опубликованы в журнале *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, показывают, что за трехлетний период после создания этих обсерваторий уровень убийств в 22 городах Колумбии существенно понизился. Однако проводить непосредственные сравнения ситуаций в разных странах и городах трудно, поскольку там используются разные определения преступлений и разные критерии сбора информации. Чтобы исправить это положение, Межамериканский банк развития поддерживает проект единой стандартизации показателей жестокости во всех странах обеих Америк.

Политическая воля важнее всего

Использование эпидемиологической стратегии для помощи в разрешении социальных проблем может показаться простым делом, но это не так. Первый урок, которым я могу поделиться, состоит в том, что для этого требуется политическая

воля, поскольку данная стратегия требует, чтобы государственные чиновники делали то, чего им делать не хочется, например принимали непопулярные, но необходимые меры вроде закрытия баров или запрета ношения огнестрельного оружия. Публикация данных о преступности может быть неприятной, но она столь же необходима, как для формулирования экономической стратегии необходима публикация сведений об уровне безработицы и значений валового национального продукта. Данные о таких социальных вопросах, как жестокость и состояние дел в образовании, периодически публикуют такие некоммерческие организации, как «Богота, как мы действуем», «Кали, как мы действуем» и другие. Эта информация делает государственных чиновников и мэров подотчетными перед своими общинами.

Второй урок состоит в том, что универсального подхода к использованию эпидемиологического метода в решении социальных вопросов не существует и факторы риска в разных странах — различные. В каждом контексте государственные чиновники должны руководствоваться выводами, сделанными на основе данных.

Кроме того, этот подход требует настойчивости и терпения. Некоторыми факторами риска можно управлять быстро, например путем запрета ношения огнестрельного оружия или ограничения времени работы баров, но действие других мер, например улучшения взаимодействия полиции и прокуратуры, проявляется не так скоро. А такие шаги, как исправление социального неравенства или внедрение здоровой практики воспитания детей, требуют не только времени и терпения, но и немалых ресурсов.

Городская жестокость социально регрессивна, поскольку сильнее всего она влияет на бедных, а борьба с преступностью поглощает часть общественного бюджета, которую иначе можно было бы направить на искоренение бедности. Поэтому предотвращение жестокости должно быть важнейшей целью человечества. ■

Перевод: И.Е. Сацевич

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Сакс Д. Как искоренить бедность? // ВМН, № 12, 2005.
- Маркхам Г. Проект цифрового мозга // ВМН, № 8, 2012.
- The Evaluation of a Surveillance System for Violent and Non-Intentional Injury Mortality in Colombian Cities. Maria Isabel Gutierrez-Martinez et al. in *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, Vol. 14, No. 2, pages 77–84; 2007.
- More Than Good Intentions: How a New Economics Is Helping to Solve Global Poverty. Dean Karlan and Jacob Appel. Dutton, 2011.
- Сайт проекта «Человеческий мозг» (Human Brain Project): www.humanbrainproject.eu

МИРОВЫЕ ЛИДЕРЫ

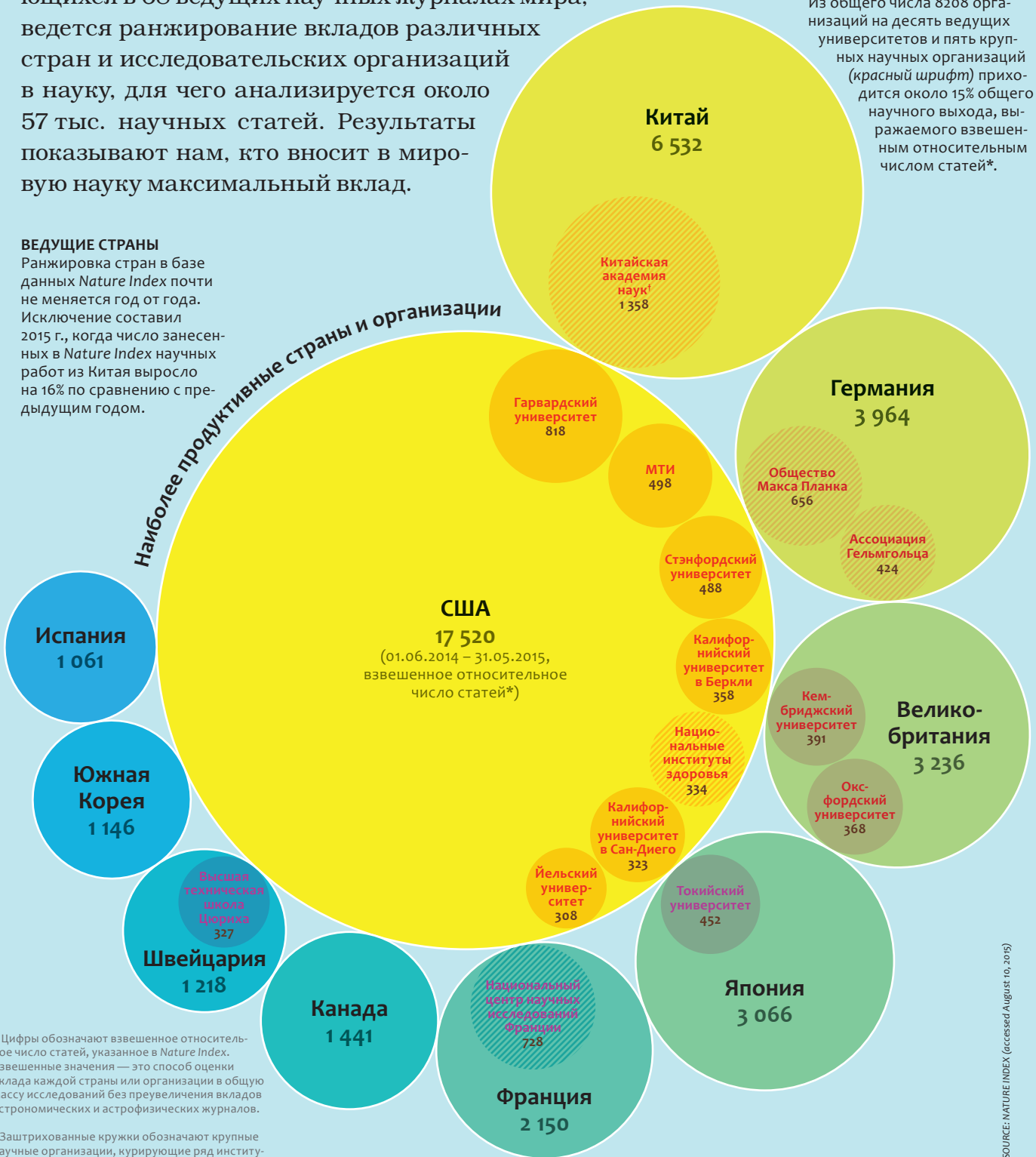
В базе данных *Nature Index* об авторах, публикуемых в 68 ведущих научных журналах мира, ведется ранжирование вкладов различных стран и исследовательских организаций в науку, для чего анализируется около 57 тыс. научных статей. Результаты показывают нам, кто вносит в мировую науку максимальный вклад.

ВЕДУЩИЕ СТРАНЫ

Ранжировка стран в базе данных *Nature Index* почти не меняется год от года. Исключение составил 2015 г., когда число занесенных в *Nature Index* научных работ из Китая выросло на 16% по сравнению с предыдущим годом.

ВЕДУЩИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Из общего числа 8208 организаций на десять ведущих университетов и пять крупных научных организаций (красный шрифт) приходится около 15% общего научного выхода, выражаемого взвешенным относительным числом статей*.



Мы продолжаем рассказывать о старейшем в азиатской части России техническом вузе — Томском политехническом университете (ТПУ). На этот раз наш путь лежит в Институт физики высоких технологий (ИФВТ). Технологии здесь разные, от наноразмерных до космических



Институт физики высоких технологий создан в Томском политехе 1 июня 2010 г. на базе научно-исследовательских лабораторий НИИ высоких напряжений и кафедр электрофизического, машиностроительного, химико-технологического факультетов и факультета естественных наук и математики. Возраст большинства из них уже перевалил за 100 лет.



От нано

ДО ВЕЛИКА



ИФВТ ТПУ: КОРОТКО О ГЛАВНОМ

Научно-педагогический состав ИФВТ насчитывает:

230 научных сотрудников

в том числе пять академиков и членов-корреспондентов РАН

60 докторов

130 кандидатов наук

Среди преподавателей и ученых:

лауреат Нобелевской премии **Дан Шехтман** (Израиль), **Йиндрых Мусил** (Чехия), **Игорь Севостьянов** (США), **Валентин Попов** (Германия), **Юджин Эл Олевски** (США), **Элазар Гутманас** (Израиль), **Владимир Углов** (Белоруссия), **Сундер Рамасуббу** (Индия) и др.

Только за последние пять лет центры и кафедры ИФВТ были оснащены современным лабораторным и технологическим оборудованием на сумму более 1 млрд руб. В своей работе ученые института используют просвечивающий электронный микроскоп, трехмерный лазерный виброметр, оборудование для световых и спектральных измерений, ресурсных циклических испытаний. Многие уникальные установки разработаны и собраны в стенах ИФВТ. Среди них — оборудование для электронно-лучевого и лазерного сплавления, 3D-принтер для печати непрерывно армированными полимерами, установки на базе импульсных ускорителей и др.

Студенты проходят практику на ведущих российских и зарубежных предприятиях:

в Авиационной холдинговой компании «Сухой», АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф. Решетнева, Ракетно-космической корпорации «Энергия» им. С.П. Королева, Концерне радиостроения «ВЕГА», ОАО «Дальневосточный центр судостроения и судоремонта», ОАО «Газпром», ОАО «Камаз», *Nissan Motor Co., Ltd.* (Япония), *Lafarge SA* (производитель строительных материалов, Франция) и многих других.

Гроза в стакане

Думать надо о великом, это мы знаем. В лаборатории №12 ИФВТ ТПУ думают о будущем всего человечества. Официально направление, в котором работают сотрудники лаборатории, называется «Исследование природы активации физико-химических процессов и веществ в импульсном электрическом разряде». Грубо говоря, ученые берут какой-то материал, хоть твердый, хоть жидкий, хоть газообразный, и воздействуют на него электричеством. В результате получается много интересного и полезного.

Одна из главных проблем, стоящих сейчас перед человечеством, — нехватка питьевой воды. Объем пресной воды в общем планетарном запасе составляет всего лишь 3,5%, и эта доля постоянно сокращается. За период, в течение которого число людей, проживающих на планете, выросло в три раза, объем потребляемой ими пресной воды вырос в 17 раз! По некоторым прогнозам, за ближайшие десять лет этот показатель увеличится еще втрое. Поэтому пора бить тревогу. И ее бьют. Различные проекты предполагают перенаправление крупных рек, создание плавучих ядерных опреснительных установок, буксировку айсбергов... А вот ученые из 12-й лаборатории предлагают нечто другое.

— Если быть честными, — рассказал нам старший научный сотрудник, ведущий инженер лаборатории Михаил Борисович Хаскельберг, — мы фактически подглядели все у природы, поскольку она все делает правильно. Мы просто воспроизвели в лабораторных условиях процесс естественной очистки. Получилась такая незатейливая, но очень эффективная, энергоэкономичная и экологически чистая технология.

Ученые назвали свою установку для очистки воды «Импульс». Происходящий в ней процесс выглядит примерно так: после предварительной грубой очистки с помощью самых обычных механических фильтров вода распыляется в аэрационной колонне наподобие мелкого морозящего дождика. Капли воды, попадая в зону электрического разряда, обрабатываются сопутствующими ему факторами: ультрафиолетовым излучением, озоном, гидроксильными радикалами, атомарным кислородом и т.д. При этом растворенные в воде загрязнения «слипаются» и превращаются в видимые частички, а микроорганизмы просто гибнут. Вода, разумеется, мутнеет, но только до момента окончательной фильтрации. Комки «грязи», включающие не только различные химические компоненты, но и убитые бактерии, легко отсекаются механическими песчаными фильтрами. В отличие от опреснительных установок «Импульс» производит именно питьевую воду, в которой сохраняется оптимальный для человека солевой состав. Раньше такое «комкование» производили с помощью



Установка для обеззараживания и очистки промышленно-бытовых сточных вод импульсным электронным пучком

специальных реактивов, но это было отнюдь не безопасно, поскольку химреактивы не улучшают питьевые свойства. В более качественных установках воду озонировали, но применение разряда позволило вовлечь в процесс кроме озона другие полезные факторы. Да и по соотношению «цена/качество» «импульсная» обработка оставляет все другие способы далеко позади.

— Наша установка чрезвычайно ресурсоэффективна. — М.Б. Хаскельберг дает нам по стакану кристально чистой воды, еще недавно бывшей мутно-бурой. — Для обработки одного кубометра требуется всего 50 Вт/ч. Обычная лампочка потребляет больше. А себестоимость кубометра очищенной воды составляет порядка 30 центов, т.е. литр стоит примерно одну-две копейки.

Человеку на сутки требуется порядка трех литров питьевой воды, в год получается примерно 1,1 тыс. л. Согласитесь, даже если взять верхнее значение, 22 рубля за годовую порцию питьевой воды, — это совсем не дорого.

Водоочистной комплекс Томского политеха может готовить воду не только для питья, но и для других нужд: бытовых, медицинских, производственных. Специалисты ИФВТ ТПУ уже выпустили более 120 «Импульсов», которые сегодня работают в разных частях России, в Китае и Германии. Комплекс собирается по модульному принципу, поэтому максимальная его производительность может быть ограничена разве что потребностями заказчика. Он активно используется в северных регионах страны: в Ямало-Ненецком, Ханты-Мансийском автономных округах, на севере Томской области, на Алтае. Кто жил в этих местах, знает, что органолептические показатели воды, вкус, запах, цвет, там, мягко говоря, оставляют желать лучшего, а содержание железа, марганца и органических загрязнителей часто превышает предельно допустимые нормы в несколько раз. Но стоит только один раз



Инженер-исследователь лаборатории № 1 Михаил Журавлев электрическими разрядами легко очищает металлы от грязи и ржавчины

прогнать местную воду через искусственную томскую грозу, как все меняется кардинально. И всякому вкисившему впору почти в унисон Корнею Чуковскому продекламировать:

*И в ванне, и в бане,
Всегда и везде —
Вечная слава томской воде!*

Взорвать в порошок

За окошком в установке металлическая проволока активно превращается во множество рассыпающихся искр. Такое бывает разве только при электросварке и при коротком замыкании. Но если замыкание — это аварийная короткотекучая ситуация, а при электросварке искры — побочный, нежелательный, а порой и опасный эффект, то в 12-й лаборатории ИФВТ ТПУ электрическое горение проволоки, а точнее ее электрический взрыв, может продолжаться часами, искры же — это и есть основной, желанный и дорогой продукт.

— Это другая сторона деятельности нашей лаборатории, — рассказывает научный сотрудник Владимир Вилорьевич Ан, — использование процесса электрического взрыва проводников, разрядной эрозии металлических материалов для получения нанодисперсных частиц размерами около 100 нм. Идея создания установки родилась почти случайно. Если взять сам процесс, электрический взрыв проводников, то его история насчитывает несколько веков. Еще на стыке XVIII–XIX вв. Майкл Фарадей впервые обнаружил, что при приложении



Получаемый в 12-й лаборатории мелкодисперсный порошок нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т

к проводнику напряжения происходит его взрывное разрушение. Электрический взрыв — фактически мгновенное введение в проводник очень большой энергии высокой плотности. В результате получаются частицы, которые сохраняют в себе эту высокую энергию в метастабильном состоянии и при этом имеют высокую химическую активность. Процессы в них по отношению к обычным материалам ускорены в несколько раз. Наша установка позволяет получать такие материалы быстро и в больших количествах.

Установка «УДП-150» работает следующим образом. От высоковольтного источника питания заряжается емкостный накопитель энергии. Механизм подачи проволоки обеспечивает автоматическую установку взрываемого отрезка между двумя электродами. Как только он занимает нужное положение, происходит разряд накопителя на этот отрезок, отчего проводник взрывается, рассыпаясь на множество огненных металлических крупинок. Образовавшийся порошок собирается в накопителе, пассивируется и поступает на дальнейшую переработку. Взрывная камера, дабы разогретые до тысяч градусов нанокрупички не вступили в ненужную реакцию, заполнена инертными газами, преимущественно аргоном.

Производительность установки «УДП-150» варьируется от 50 г в час для алюминиевой проволоки до 80 г для вольфрамовой и 100 г для медной.

— Такой нанопорошок, — продолжает свой рассказ В.В. Ан, — применяется для уменьшения трения и износа различных деталей механизмов и машин. В этой области сейчас получены очень хорошие результаты. Мы используем наши материалы для модифицирования известных смазок и сами делаем прототипные смазки, которые позволяют существенно снижать коэффициент трения и степень износа. Это происходит за счет использова-

Магнитный порошок для дактилоскопии, полученный из железа, замечательно выявляет папиллярные линии в следах, оставленных на поверхностях многих материалов даже месяц назад

ния нанослоистых частиц дисульфида вольфрама и молибдена, которые мы получаем. Они могут снижать коэффициент трения в паре до минимальных значений — порядка 0,02. А наночастицы меди позволяют использовать эффект металлоплакирования, когда частицы фактически «залечивают» трещины и царапины, которые возникают при трении. Это такой «ямочный ремонт», когда изъян

заполняется пластичным материалом. Мы добивались фактического снижения износа на 98%. Это имеет огромное значение, особенно при использовании большегрузной техники, такой как карьерные самосвалы.

Кроме того, металлические нанопорошки прекрасно показали себя как активаторы спекания. Добавка в спекаемую шихту от 0,1 до 5% позволяет существенно снизить температуру спекания материала, повысить характеристики изделий, а также снизить требования к чистоте исходного сырья.

И уж совсем экзотическим выглядит изготовление черного магнитного порошка для дактилоскопии. Полученный из железа, обладающий магнитными и «проявляющими» свойствами, он замечательно выявляет папиллярные линии в следах, оставленных на поверхностях многих материалов даже месяц назад.

— Вообще, применений у наших нанопорошков может быть множество, — подключается к разговору старший научный сотрудник 12-й лаборатории Сергей Петрович Журавков, отвечающий за работу установки. — Нами уже найдено порядка 10–15. Порошки могут выступать как носители новых свойств, с одной стороны, или в качестве катализаторов процессов — с другой. Уже опробовано применение оксидно-гидроксидных фаз алюминия в качестве сорбентов для очистки воды от ионов тяжелых металлов, от микробиологических загрязнений — бактерий и вирусов. Найти

ГАРАНТ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Сегодня созданный в лаборатории № 12 ИФВТ ТПУ на основе полученных взрывным методом нанопорошков препарат «Гарант-М» (патент РФ № 2054030) позволяет:

увеличить ресурс работы двигателя в полтора-два раза

восстановить компрессию в цилиндрах двигателя до 20%

облегчить запуск и уменьшить шумность работы двигателя

Препарат прошел эксплуатационные испытания на автомобилях АЗЛК, ВАЗ, УАЗ, ЗИЛ, КамАЗ, МАЗ, ЛиАЗ, БелАЗ, «Икарус» грузоподъемностью от 27 до 180 т.

практические применения, которые были бы востребованы нашей современной жизнью, — самое сложное. Но и самое важное.

Не плазмой, так разрядом

В лаборатории №1 ИФВТ ТПУ чистят не только воду, но и металлы, а нанопорошки получают прямо из воздуха. О работе лаборатории нам рассказал инженер-исследователь Михаил Валерьевич Журавлев.



Церемония открытия НОЦ СПТ 11 мая 2015 г. На фото слева направо: заместитель генерального конструктора РКК «Энергия» А.Г. Чернявский, ректор ТПУ П.С. Чубик, директор ИФВТ А.Н. Яковлев



Инженер НОЦ СПТ Юрий Донцов за установкой 3D-печати армированными композиционными материалами

— Одно из направлений, в котором работает наша лаборатория, — электронно-ионные импульсные пучки. Применяются они в самых разных сферах. Вот здесь стоит ускоритель, который мы сделали по контракту с ООО «Газпром трансгаз Томск» для обеззараживания воды. Зараженная вода распыляется через форсунку и облучается электронным пучком. В результате убивается до 100% микробов — в зависимости от дозы облучения. Причем доза убийственна для микроорганизмов, но совершенно безвредна для человека. И это не единственное применение подобных ускорителей. Например, мы используем их для синтеза нанопорошков из газовой фазы. Наполняем газом реактор и воздействуем на него пучком. В зависимости от созданных в реакторе условий это активизирует нужные нам плазмохимические реакции, результатом которых становится выпадение нанопорошкового осадка. Так мы получаем нанопорошки оксидов титана, кремния, которые используют даже в пищевых красителях.

Еще одно интересное направление — использование ионных ускорителей для модификации поверхностей. Мы ставим на пути пучка мишень. Ионы в ускорителе разгоняются и врезаются в эту мишень. При этом идет нагрев поверхности мишени плюс сами ионы внедряются в поверхность, образуя в ней соединения и твердые растворы. Совокупность факторов при ионной бомбардировке уникальна, другими способами ее достичь невозможно. Мы насыщаем поверхность

нужными ионами, меняем структуру за счет очень быстрого охлаждения. Один из вариантов применения такой технологии — упрочнение инструментов. Возьмем резец. Он имеет большую массу, он холодный, объемный. У него поверхностный слой нагрелся, но за счет теплопроводности это тепло быстро уходит, перераспределяясь по всему объему. За счет таких быстрых отводов тепла мы можем добиться на поверхно-

Путем экструдирования и добавления армирующей кевларовой нити получается бронированный пластик

сти очень мелкой структуры, вплоть до аморфной. Если мы отведем тепло очень быстро, то кристаллизации у нас не будет. Получится аморфное железо, у которого нет кристаллической решетки. Срок службы такого резца увеличивается минимум в два раза. А если его сверху еще покрыть алмазным напылением, то и больше. Для такого покрытия мы используем плазму — ионизированный газ. На любой поверхности всегда есть оторванные связи. Вот на эту связь мы сажаем один ион, к нему цепляем другой, третий, таким образом, покрытие у нас растет. Оно может быть самых разных толщины и структуры.

Очень перспективны процессы дуговой или искровой очистки поверхности металлов. Они даже по себестоимости выигрывают у абразивной или механической чистки. Чтобы очистить квадратный метр черного металла с толщиной загрязнения 10 мкм, нам требуется всего 1 кВт·ч. Конечно, у такого метода есть свои ограничения: он сильно нагревает поверхность, и поэтому с тонкими материалами его использовать нельзя, минимальная толщина — 4–5 мм. Если необходимые условия соблюдены, то по эффективности аналога нет. В искре температура может достигать 40 тыс. градусов. Мы работаем при 20–30 тыс. градусов, но разогрев происходит локально. Взяли поверхность, ударили по ней разрядом, она разогрелась, но до следующего разряда успеет остыть в этом месте, и следующий разряд опять бьет по холодному. Размер пятна кратера не превышает диаметра 300 мкм, это почти точка. Соответственно, такая обработка не может привести к пережжению поверхности, геометрическая форма остается неизменной. Глубина воздействия составляет порядка 10 мкм. В сущности, на поверхности происходит маленький взрыв, получается большая ударная волна, которая за счет механического воздействия отслаивает ненужные наслоения, такие как ржавчина или старая краска.

Очень высокая печать

Одно из самых молодых подразделений института — Научно-образовательный центр «Современные производственные технологии». Ему еще только-только исполнилось полгода. Однако и за этот короткий срок его специалисты уже успели сделать довольно много.

Сам центр был открыт в мае, в рамках мегапроекта ТПУ «Материалы для экстремальных условий». Вот тут мы и подошли к тем самым космическим технологиям, о которых говорили в самом начале. Большие перепады температуры, солнечная радиация — все это требует от материалов и конструкций особой прочности и особых свойств. Основная задача центра — создание полного цикла аддитивного производства на базе современных отечественных разработок. Сегодня в центре работают 18 человек, из которых большая часть — аспиранты и молодые ученые, т.е. штат молодежный, а значит, работы в центре нацелены в будущее.

— Мы выделили и реализуем в нашем центре наиболее перспективные аддитивные технологии, — рассказывает директор центра Василий Викторович Федоров. — Это электронно-лучевое спекание, селективное лазерное сплавление и 3D-печать армированными композиционными материалами. Занимаемся мы и неразрушающим контролем полученных образцов на уникальном оборудовании с трехмерной визуализацией и автоматической обработкой результатов в реальном

времени, разработанном в ТПУ. Совместно с Санкт-Петербургским политехом и Массачусетским технологическим институтом готовится распределенная магистерская программа в области аддитивных технологий.

Сейчас в центре проводятся опытные работы по заказу РКК «Энергия». Говорить о результатах пока рано, заказчик предъявляет жесткие требования, в соответствии с которыми готовятся опытные образцы.

Опять за стеклянним окошком — россыпь искр, только поменьше, чем в 12-й лаборатории. Но теперь там, в вакууме, порошок выступает не продуктом, а сырьем для 3D-печати. Мощность этого 3D-принтера на базе электронно-лучевой пушки — 4 кВт. Управляет установкой техник Юрий Кушнарев. Аппарат печатает металлические детали послойно, по 100 мкм каждый слой. Принтер спроектирован и изготовлен в ИФВТ ТПУ, конкретно под нужды центра. Все агрегаты кроме вакуумного насоса — местной сборки.

Рядом — другой агрегат. Рассказывает инженер центра Юрий Владимирович Донцов:

— Нами создана система экструдирования (выдавливания через специальное сопло) пластика, при этом в него добавляется армирующая нить. Сейчас у нас идет кевларовая. Она входит в композицию, и получается пластмассовая пластина, армированная кевларом. Тем самым прочность увеличивается во много раз. Можно сказать, мы получаем бронированный пластик. Делаем и более дешевый, но тоже очень прочный вариант со стеклонитью. Можно добавить и другие варианты под другие задачи, у каждого будут новые уникальные свойства.

Аппарат планируется использовать на борту орбитальной станции для изготовления в условиях невесомости простейших образцов новых материалов, которые будут испытываться уже на Земле. В окончательном виде космический вариант установки по размеру будет уместиться в небольшой чемоданчик.

Разработки Научно-образовательного центра «Современные производственные технологии» были представлены на авиакосмическом салоне МАКС-2015 в Жуковском. Там же были показаны и другие достижения ТПУ: компактный электронный ускоритель, роботизированный модуль ультразвуковой томографии, тепловой дефектоскоп для контроля качества корпусов самолетов, промышленный томограф. Обо всех этих аппаратах мы читателям уже рассказывали. А о чем не рассказали — расскажем в следующих номерах. Например, об уникальном учебно-исследовательском реакторе и о том, какую коммерческую пользу можно извлечь из потока нейтронов. ■

Подготовил Валерий Чумаков





НЕЙТРИНО

НА

КРАЮ

АСТРОФИЗИКА

СВЕТА

Десятки космических частиц оказались пойманными в эксперименте *IceCube* на Южном полюсе. Информация, принесенная этими гостями с другого конца Вселенной, поможет решить многие загадки космоса

Фрэнсис Халзен

ОБ АВТОРЕ

Фрэнсис Халзен (Francis Halzen) — исследователь в области физики частиц, астрофизики и космологии. Работает в Висконсинском университете в Мадисоне. Руководитель проекта *IceCube*.



IceCube — это один из наиболее ярких и амбициозных проектов, стартовавший в 2010 г. на Южном полюсе. *IceCube* представляет собой гигантский детектор частиц в толще полярных льдов, предназначенный для ловли нейтрино — частиц, обладающих высокими энергиями, которые мало взаимодействуют с веществом, свободно проходя практически сквозь все, что встречается на пути. Исследование нейтрино важно для понимания процессов в далеком космосе, в том числе процессов рождения жестких космических лучей — высокоэнергетических заряженных частиц, постоянно бомбардирующих Землю.

Ожидается, что *IceCube* сможет обнаруживать высокоэнергетические нейтрино довольно редко. Масса нейтрино чрезвычайно мала, они не несут электрического заряда (поэтому-то они почти не взаимодействуют с другими частицами) и летят с околосветовыми скоростями. Прибыв на Землю — издалека или из ближнего космоса, — большинство из них не задерживаются. Нейтрино продолжают путешествие, не сбившись с маршрута, прямо сквозь Землю. Если принимать во внимание такие свойства этих частиц, то нет ничего удивительного в том, что в первые несколько лет работы детектора, когда он был еще на стадии тестирования и доработок, ничего особенно интересного не было обнаружено. Однако в 2012 г. ситуация изменилась.

Однажды во время обычной видеоконференции между членами научной команды *IceCube* рабочие экраны компьютеров озарились вспышками, которые никогда раньше не наблюдались. Это были сигналы, порожденные двумя нейтрино с энергиями, более чем в тысячу раз превышающими энергии

нейтрино, когда-либо полученные на земном ускорителе, и почти в миллиард раз превышающими энергию солнечных нейтрино. Очевидно, они были рождены в каких-то процессах, происходивших вдали от нашей планеты и сопровождавшихся мощными выбросами энергии. Событие действительно оказалось экстраординарным: пришедшие в возбуждение исследователи по предложению одного из аспирантов тут же окрестили частицы именами двух забавных кукол из международной детской программы «Улица Сезам» — Влас и Еник. Идея оказалась не только смешной, но и отчасти полезной, потому что имена легче запомнить, чем длинные строки цифр, обычно характеризующие события регистрации нейтрино.

Потребовались год работы и полная переработка методики анализа данных, чтобы исследователи полностью поверили в то, что они увидели: первые элементы изображения (так называемые пиксели) далекой нейтринной Вселенной. С тех пор было зарегистрировано в общей сложности 54 высокоэнергетических нейтрино, и многие получили имена других кукольных персонажей «Улицы Сезам» — например, одно из них, энергия которого вдвое превышала показатель для Власа и Еника, окрестили Большой Птицей.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- *IceCube* — детектор нейтрино, расположенный во льдах на Южном полюсе. Как правило, нейтрино свободно проходят сквозь вещество, не взаимодействуя с ним, но иногда при контакте с ядрами атомов льда нейтрино порождают потоки светящихся частиц, которые *IceCube* может обнаруживать.
- Этот ледяной детектор зафиксировал десятки высокоэнергетических нейтрино, большинство из которых предположительно пришли из дальних уголков Вселенной.
- Такие космические нейтрино могут помочь восстановить траекторию своего путешествия, указав, таким образом, во Вселенной области экстремально высокого энерговыделения. Подобные области могут служить источниками космических лучей сверхвысоких энергий, бомбардирующих Землю.

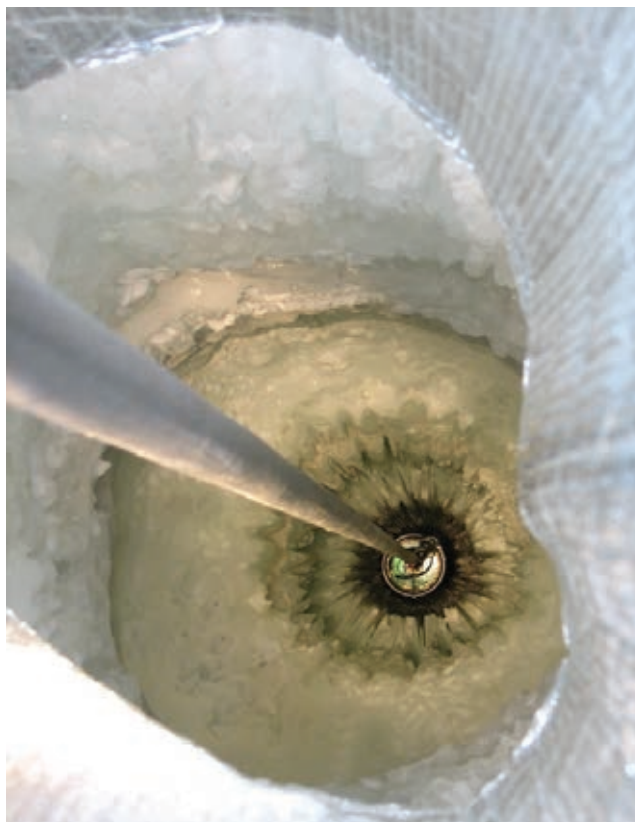
Поймав нейтрино, исследователи задались вопросом, с какого участка неба они прибыли и какие процессы их породили. Кандидаты на роль колыбели таких частиц — это экстремальные по количеству выделенной энергии объекты, такие как сверхновые или другие типы взрывающихся звезд, для которых характерны мощные всплески гамма-излучения. И те и другие порождают космические лучи сверхвысоких энергий. Важно суметь проследить путь высокоэнергетического нейтрино до вероятных источников космических лучей, что позволит лучше понять физическую суть грандиозных космических событий.

Мощные частицы

Космические лучи, которые постоянно бомбардируют Землю из космоса, представляют собой протоны экстремально высоких энергий и другие заряженные частицы. Прошло более полувека после их открытия. Однако физические процессы, порождающие эти частицы, до сих пор неизвестны. Нет возможности указать ту область на небе, откуда частицы прибывают на Землю, потому что из-за наличия электрического заряда они отклоняются галактическими и межгалактическими магнитными полями. К счастью, согласно теории, космические лучи в месте своего рождения взаимодействуют с фотонами, порождая нейтрино.

Нейтрино в отличие от космических лучей способны указать, откуда прилетели. Это происходит потому, что нейтрино индифферентны ко всему остальному веществу и практически ничто не может исказить их траекторию движения. Таким образом, хотя сами по себе космические лучи не могут привести нас к своему источнику, высокоэнергетические нейтрино, порождаемые космическими лучами, могут это сделать за них.

У астрономов, конечно, есть гипотезы о том, как возникают космические лучи. Однако для проверки, какая из них более жизнеспособна, необходимы реальные наблюдательные данные. Один из возможных источников космических лучей — массивные звезды, находящиеся на финальной стадии эволюции. Звезды живут долго и на протяжении всей жизни поддерживают устойчивость благодаря балансу внутренних ядерных сил и сил гравитационного сжатия, но наступает период, когда все внутреннее ядерное топливо выгорает и больше не может противодействовать сжимающим звезду гравитационным силам. Происходит коллапс звезды в сверхплотную нейтронную звезду или даже в еще более плотную конфигурацию — черную дыру, от которой ничто не может ускользнуть. Кроме ярчайшей вспышки сверхновой при коллапсе (предположительно посредством ударных волн) происходит преобразование гравитационной энергии в энергию для разгона частиц. Еще в 1934 г. остатки сверхновых звезд были



Ушедший на 1,5 км под ледяной панцирь Антарктиды детектор IceCube состоит из 86 гирлянд датчиков, протянутых сквозь кубический километр льда. Каждую гирлянду опускали в соответствующее отверстие, просверленное с помощью горячей воды.

предложены астрономами Вальтером Бааде (Walter Baade) и Фрицем Цвикки (Fritz Zwicky) в качестве вероятных источников космических лучей. Прошло 80 лет, а это предположение до сих пор остается всего лишь обсуждаемой гипотезой. Взрывы каждые 100 лет трех сверхновых (преобразующих некоторую часть своих масс в «топливо для разгона» частиц) достаточно для объяснения наблюдаемого устойчивого потока космических лучей.

Внегалактические космические лучи, приходящие из-за пределов Млечного Пути, обладают, как правило, энергиями, превышающими энергии космических лучей от близких источников. Следовательно, внегалактические космические лучи требуют более высокоэнергетических источников для рождения. Один из претендентов — это всплески гамма-излучения. Будучи даже ярче обычных сверхновых, гамма-всплески во многом загадочны, хотя с большой вероятностью порождаются процессами коллапса некоторых звезд, обладающих сверхбольшими массами и оказавшихся в экстремальных внешних условиях.

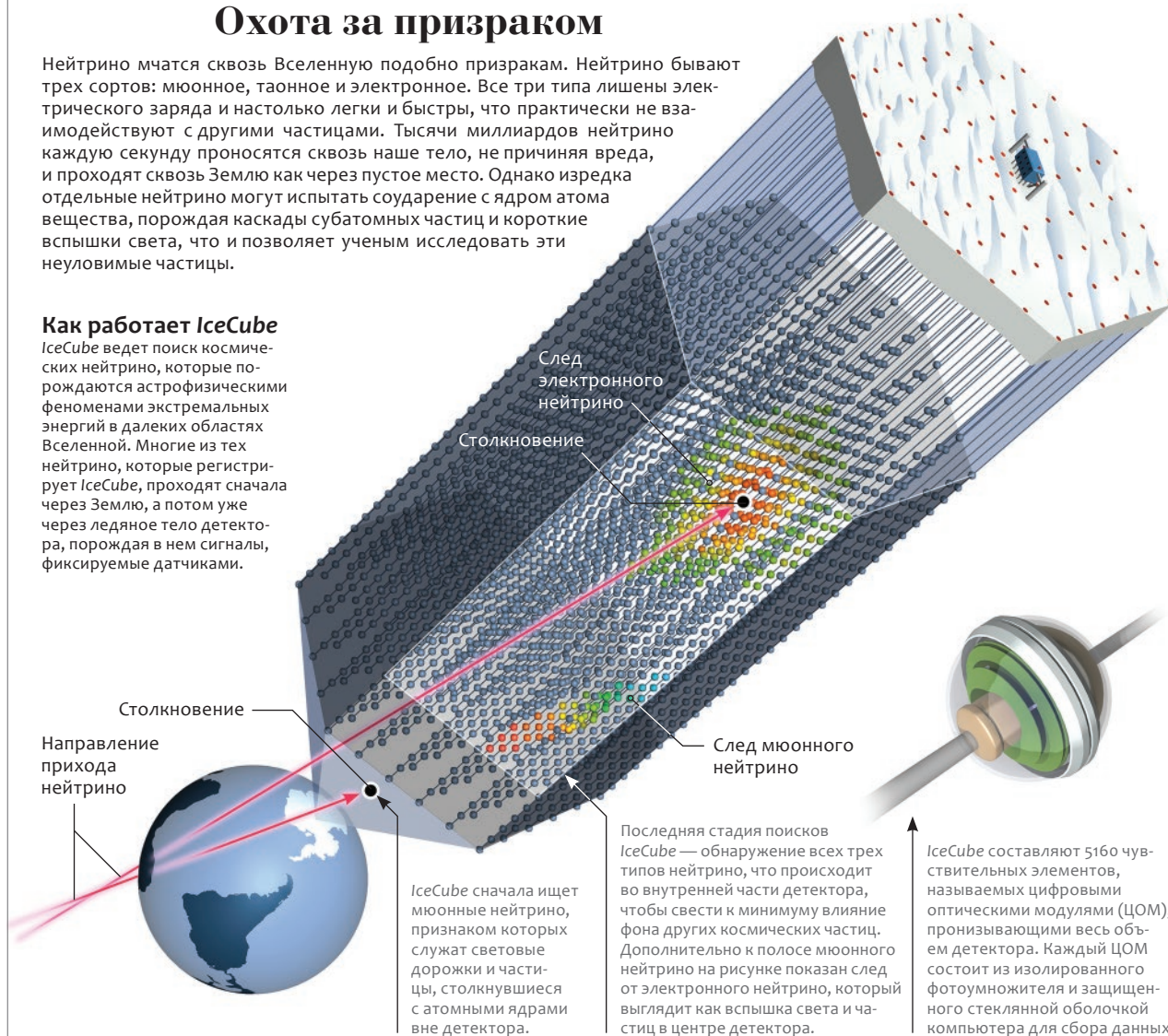
Еще одним теоретическим источником внегалактических космических лучей могут служить ядра активных галактик — таких галактик, в центре

Охота за призраком

Нейтрино мчатся сквозь Вселенную подобно призракам. Нейтрино бывают трех сортов: мюонное, таонное и электронное. Все три типа лишены электрического заряда и настолько легки и быстры, что практически не взаимодействуют с другими частицами. Тысячи миллиардов нейтрино каждую секунду пронесаются сквозь наше тело, не причиняя вреда, и проходят сквозь Землю как через пустое место. Однако изредка отдельные нейтрино могут испытать соударение с ядром атома вещества, порождая каскады субатомных частиц и короткие вспышки света, что и позволяет ученым исследовать эти неуловимые частицы.

Как работает IceCube

IceCube ведет поиск космических нейтрино, которые порождаются астрофизическими феноменами экстремальных энергий в далеких областях Вселенной. Многие из тех нейтрино, которые регистрирует *IceCube*, проходят сначала через Землю, а потом уже через ледяное тело детектора, порождая в нем сигналы, фиксируемые датчиками.



IceCube сначала ищет мюонные нейтрино, признаков которых служат световые дорожки и частицы, столкнувшиеся с атомными ядрами вне детектора.

Последняя стадия поисков *IceCube* — обнаружение всех трех типов нейтрино, что происходит во внутренней части детектора, чтобы свести к минимуму влияние фона других космических частиц. Дополнительно к полосе мюонного нейтрино на рисунке показан след от электронного нейтрино, который выглядит как вспышка света и частиц в центре детектора.

IceCube составляют 5160 чувствительных элементов, называемых цифровыми оптическими модулями (ЦОМ), пронизывающими весь объем детектора. Каждый ЦОМ состоит из изолированного фотоумножителя и защищенного стеклянной оболочкой компьютера для сбора данных.

Что мы увидели и что мы до сих пор пытаемся найти

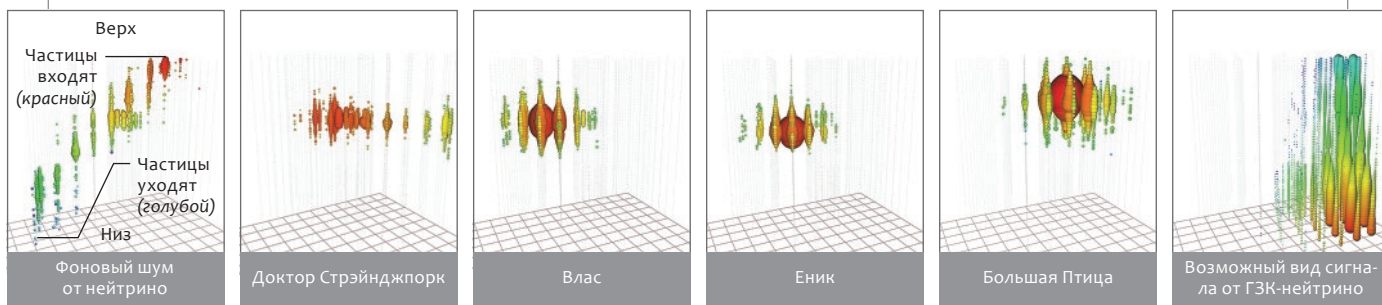
Большинство зарегистрированных *IceCube* нейтрино представляют собой «фоновый шум» от процессов в атмосфере Земли. У таких нейтрино низкие энергии, и создаваемые ими ливни вторичных частиц (рис. внизу слева) регистрируются с интенсивностью 3 тыс. событий в секунду.

Космические нейтрино могут прийти с любой стороны — даже пройдя сквозь Землю. Мюонные нейтрино («доктор Стрэйнджпорг», внизу) проявляют себя длинными полосами, тогда как электронные или таонные нейтрино появляются в виде световых вспышек и частиц («Влас», «Еник» и «Большая Птица», внизу).

IceCube все еще находится в поиске характерных световых полос или вспышек от высокоэнергетических ГЗК-нейтрино. Такие нейтрино должны обладать энергиями в тысячу раз большими, чем энергии всех остальных космических нейтрино.

Низкая энергия ←

→ Высокая энергия



SOURCE: COURTESY OF ICECUBE COLLABORATION (bottom six panels); Illustration by George Retseck

которых находится сверхмассивная черная дыра, поглощающая огромные количества вещества. При аккреции (падении) вещества на сверхмассивную черную дыру возникают высокоскоростные струи вещества, направленные от черной дыры, которые могут стать космическими лучами.

Поймать нейтрино

Высокоэнергетические процессы в космосе порождают космическое излучение, которое в свою очередь становится «поставщиком» нейтрино. Для регистрации нейтрино *IceCube* должен обладать очень большими размерами. И действительно, этот эксперимент использует кубический километр антарктического льда возрастом 100 тыс. лет, находящийся на глубине 1,5 км на Южном полюсе. Лед — превосходный природный детектор нейтрино. При очень редких событиях взаимодействия нейтрино с ядрами атомов льда происходит вспышка, распадающаяся на ливень заряженных частиц, светящихся голубым светом. Это так называемое черенковское излучение проходит сотни метров сквозь чистый сверхпрозрачный лед. *IceCube* оснащен 5160 оптическими сенсорами, распределенными по всему объему ледяного куба для обнаружения такого излучения.

Датчики позволяют уловить в мельчайших деталях распределение свечения, которое появляется вследствие прохождения нейтрино. С помощью таких следов можно определить не только тип (или «аромат») пришедшего нейтрино, но и его энергию и направление прихода. Энергии Власа и Еника, а также других нейтрино, которые удалось таким образом наблюдать, оказались огромными, никогда раньше не регистрируемыми — порядка петаэлектронвольта (ПэВ), или 10^{15} эВ: для Еника — 1,09 ПэВ, для Власа — 1,24 ПэВ. Сравните: пучки частиц, исследуемые на самом мощном в мире ускорителе заряженных частиц Большом адронном коллайдере (БАК), обладают энергиями порядка тераэлектронвольта (ТэВ), т.е. 10^{12} эВ. Энергетические возможности БАК на три порядка ниже, чем у *IceCube*. Световые вспышки примерно 100 тыс. фотонов, порожденных Власом и Еником, протягиваются более чем на 500 м.

Важно отметить, что энергии Власа и Еника порядка 1 ПэВ сигнализируют о том, что эти частицы обязательно должны быть частью какого-то космического сигнала. Для близлежащих источников энергетическая шкала сигнала слишком высока. Местных нейтрино полным-полно: каждые шесть минут *IceCube* детектирует нейтрино, образовавшееся при взаимодействии космических лучей с водородом и кислородом земной атмосферы. Но эти частые гости, будучи рожденными очень близко от нас, совершенно бесполезны в качестве источников информации о космических лучах или природе астрофизических явлений. Не следует

вообще уделять им внимание, поскольку они досконально изучены в других экспериментах.

Таким образом, можно быть совершенно уверенными, что высокоэнергетические нейтрино, регистрируемые *IceCube*, приходят из дальнего космоса. И приходят они из тех же источников, что и космические лучи. Однако возможны и более экзотические варианты объяснения происхождения таких нейтрино. Например, они могут быть следами темной материи, не видимого телескопами типа вещества, составляющего более 80% всего вещества Вселенной. Это предположение выглядело бы реалистично, если бы темная материя состояла из очень тяжелых частиц со средним временем жизни, превышающим возраст Вселенной. В таком сценарии частицы темной материи могли бы иногда распадаться, производя нужное (очень небольшое) количество наблюдаемых высокоэнергетических нейтрино.

Подсчитывая нейтрино

До открытия нейтрино с энергиями порядка 1 ПэВ проект *IceCube* был ориентирован почти исключительно на поиски космических нейтрино определенного аромата — так называемых мюонных нейтрино (всего известно три типа, или аромата, нейтрино: мюонное, электронное и таонное). Считается, что нейтрино всех трех типов приходят на Землю в равных пропорциях, но некоторые из них легче обнаружить по производимым ими сигналам на детекторе. Изначально *IceCube* был оптимизирован для поиска мюонных нейтрино, сталкивавшихся с ядрами атомов в основном за пределами границ детектора, порождая световые следы километровой длины, которые могли тянуться через весь объем детектора. Технология регистрации позволила существенно расширить области «сбора» нейтрино, увеличив рабочий объем до размеров, превосходящих сам детектор. Однако при этом увеличилась и степень «загрязнения» данных посторонними частицами, отличными от космических нейтрино. Пришлось применять дополнительные меры для возможности отсеивать нужные сигналы на паразитном фоне.

Параллельно шли и другие исследования, ориентированные на поиск специального класса нейтрино, обладающих экстремально большими энергиями, так называемых нейтрино Грайзена — Зацепина — Кузьмина (ГЭК-эффект). Такие нейтрино рождаются при взаимодействиях космических лучей и фотонов микроволнового реликтового излучения. (Напомним, что микроволновое реликтовое излучение — это излучение порядка 3К самых первых фотонов, которые стали распространяться свободно в ранней горячей Вселенной, прошедшей состояние плазмы. — Примеч. пер.) ГЭК-нейтрино способны достигать колоссальных энергий порядка эксаэлектронвольт (ЭэВ), или 10^{18} эВ.

ОТ ПЕРЕВОДЧИКА

Существует несколько международных экспериментов по поиску и исследованию космических лучей сверхвысоких энергий. К наиболее известным по важности полученных данных следует отнести массив телескопов *Telescope Array*, состоящий из 507 детекторов частиц общей площадью порядка 700 км², расположенный в штате Юта (США). В 2014 г. было сообщено об открытии космических лучей с энергиями порядка 57 ЭэВ, а также была локализована область на небе, откуда они приходят. Отметим и космический эксперимент «Мушинный глаз высокого разрешения» (*HiRes, High Resolution Fly's Eye*) по исследованию ГЗК-эффекта. Измеренные энергии космических лучей составляют величину порядка 60 ЭэВ (2006). Еще следует упомянуть результаты Обсерватории Пьера Оже (*PAO, Pierre Auger Observatory*), независимо подтвердившие регистрацию космических лучей сверхвысоких энергий указанного порядка.

Поиск ГЗК-нейтрино происходил в ограниченной части *IceCube*, в его внутренней половине, оставляя меньше возможностей для шумовых вкладов. Преимущество такого ограничения в том, что становится возможным измерять полную энергию каждого нейтрино с точностью 10–15%. Это существенное улучшение измерений по сравнению с теми, которые проводятся вне детектора. На *IceCube* ГЗК-нейтрино пока не обнаружены, зато удалось найти множество нейтрино всех трех типов.

Со времен открытия нейтрино Власа и Еника было обнаружено много космических нейтрино тем же самым методом и методом по поиску мюонных нейтрино. В первый год были детектированы 26 нейтрино с энергиями от 30 до 1,2 тыс. ТэВ, что в сумме с Власом и Еником составило 28 штук. Такое количество значимо превосходит (говоря языком математической статистики, «на четыре стандартных отклонения») допустимые отклонения от всех возможных событий по регистрации атмосферных нейтрино, что означает высокую вероятность (больше 99,9%) прихода этих частиц именно из глубокого космоса. Второй год наблюдений пополнил список «гостей». Суммарное количество нейтрино за два года составило 54, что увеличило статистическую значимость сигнала до пяти стандартных отклонений, а это с точки зрения математической статистики говорит об «открытии», т.е. об уверенном обнаружении сигнала от космических нейтрино.

Где же именно были рождены все эти высокоэнергетические нейтрино? Имеющиеся на сегодняшний момент события обнаружения нейтрино, к сожалению, пока дают не слишком репрезентативную выборку. Другим словами, пока таких нейтрино слишком мало для убедительного ответа

на поставленный вопрос. Похоже, место их обитания не ограничивается нашей Галактикой. На карте неба, где прочерчены их траектории, наблюдаются только незначительные совпадения направлений прибытия с плоскостью Галактики. Большая часть нейтрино приходят с направлений, далеких от плоскости Галактики, и, скорее всего, имеют внегалактическое происхождение. Тем не менее есть отдельные превышения среднего числа нейтрино, приходящих от плоскости Галактики. Влас, по-прежнему один из самых высокоэнергетических отловленных нейтрино, испущен из направления в пределах одного градуса от центра Галактики. Нельзя сказать наверняка, в чем причина высокоэнергетических процессов в этой области неба, однако вполне точно известно, что в центральных областях Галактики довольно близко друг от друга содержатся остатки сверхновых, а кроме того, гигантская черная дыра. Таким образом, возможных источников высокоэнергетических нейтрино в такой густонаселенной области довольно много.

Ученые надеются получить более полное представление о месте образования нейтрино с помощью планомерного сбора информации о достигающих Земли мюонных нейтрино. В ледяном детекторе эти частицы показывают себя светящимися линиями километровой длины, и поэтому направление их прихода может быть восстановлено с точностью выше 0,50. Полученная карта всех траекторий может показать, откуда идут космические лучи. Если эти направления пересекутся с направлениями на известные объекты на небе, яркие галактики, содержащие активные ядра или вспышки гамма-излучения, то, возможно, удастся выявить источники космических лучей.

IceCube еще только начал работу: его ориентировочные сроки эксплуатации — 20 лет или более. Однако уже сейчас ученые задумываются о его «сиквеле». Речь идет о детекторе будущего, объем которого в десять раз превысит объем существующего *IceCube*. Чем больше детектор, тем больше нейтрино он сможет поймать. Большие количества регистрируемых событий позволят указать, откуда прибыли они сами и породившие их космические лучи. ■

Перевод: О.С. Сажина

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Вейлер Т., Джелмини Г., Кузенко А. Глазами нейтрино // ВМН, №7, 2010.
- Detection of the Free Neutrino: A Confirmation. C.L. Cowan, Jr., et al. in *Science*, Vol. 124, pages 103–104; July 20, 1956.
- Observation of High-Energy Astrophysical Neutrinos in Three Years of IceCube Data. M. G. Aartsen et al. in *Physical Review Letters*, Vol. 113, No. 10, Article No. 101101; September 5, 2014. Статья доступна по адресу: <http://arxiv.org/abs/1405.5303>



ДЕКАБРЬ 1965

Неприкасаемые в Индии. Без кровопролития и почти незаметно для внешнего мира Индия проводит коренную социальную революцию. Здесь издревле существовало кастовое общество, в котором низшие касты на основании религиозных мотивов подвергались социаль-

альному, экономическому и правовому угнетению. Сегодня правительство страны твердо намерено изменить это положение. По понятным причинам народ Индии всегда избегал употребления слова «неприкасаемые». Сегодня большинство людей в этой стране называет бывших неприкасаемых так же, как и Махатма Ганди, хариджанами, т.е. божьими детьми. По закону хариджаны вольны выбирать любой стиль жизни, все традиционные запреты и ограничения законодательно отменены. Кроме того, они вправе носить любую одежду и пить из колодцев всех деревень.

Сигареты и атеросклероз. Установлена прямая связь между курением и коронарным атеросклерозом — отложением жира на стенках коронарных артерий, которое уменьшает их просвет. Прежние исследования показали, что у курящих риск возникновения ишемической болезни сердца и смерти от сердечного приступа выше, чем у некурящих. Однако эти исследования ничего не говорили об артериях курящих. Они могли просто указывать на то, что курение увеличивает нагрузку на сердце. Теперь же ученые сообщают, что у курящих коронарный атеросклероз наблюдается чаще, чем у некурящих.



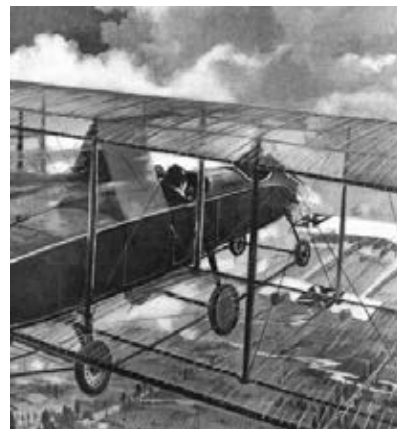
ДЕКАБРЬ 1915

Мечты о невидимости. Военные специалисты с большим интересом ожидают разработки нового французского невидимого самолета. Его фюзеляж и каркас крыльев изготовлены из обычных материалов, но обтянуты крылья не полотном, а «целлоном» — прозрачным ма-

териалом, выглядящим как гибрид слюды и целлулоида (на илл.). Он представляет собой химическую комбинацию целлюлозы и уксусной кислоты. Будучи почти таким же прозрачным, как стекло, он не трескается и не расщепляется, а по прочности и эластичности похож на резину.

Примечание: слайд-шоу о развитии авиации в 1915 г. см. по адресу: www.ScientificAmerican.com/dec2015/aviation

Радиевое удобрение. Компания продает радиоевое удобрение, рекомендуя дозировку в 1 фунт на 50 квадратных футов (около 100 г/м²). По оценке Р.Р. Рэмзи (R.R. Ramsey), это добавляет в почву лишь 0,1 того количества радия, которое уже содержится в ней. Это значит, что для удвоения доступного растению количества радиации фермер должен внести 75 мг радия на акр, что обойдется ему «всего лишь» в \$7,5 тыс. (\$177 тыс. по ценам 2015 г.).



Прозрачный самолет: первая попытка сделать самолет невидимым, однако материал не обладает ни прочностью, ни долговечностью, 1915 г.




ДЕКАБРЬ 1865

О геотермальной энергии.


На последнем собрании Литературного и философского общества Манчестера мистер Джордж Гривз (George Greaves) выступил с предположением использовать вместо топлива «внутреннее тепло Земли». Гривз считает, что тепла огненного океана, который, как он верит, лежит у нас под ногами, хватит для удовлетворения всех наших потребностей в механической энергии. Заставить же работать это тепло можно будет, вероятно, «путем непосредственного получения пара из воды, закачиваемой с поверхности на глубину, где пласты нагреты до достаточно высокой температуры, через артезианские скважины или иным способом». Он, однако, не объяснил, как пробурить достаточно глубокие скважины до этих горячих пластов, даже если они существуют.

Наука и погода. Данные ежедневных метеорологических наблюдений, передаваемые по телеграфу в Парижскую обсерваторию и публикуемые на литографированных листах под деятельным и компетентным надзором ее директора мсье Лаверь (Urbain Jean Joseph Le Verrier), становятся все интереснее и важнее. В каждом ежедневном выпуске продолжают публиковаться контурные карты Европы с нанесенными на них изобарами (линиями равного атмосферного давления) и направлениями ветра в разных ситуациях дня публикации, а также таблицы оценки погоды на следующий день. ■



АСТРОФИЗИКА

НЕРАСКРЫТЫЕ ТАЙНЫ



Галактика Туманность Андромеды, подобно большинству других спиральных галактик, вращается быстрее, чем если бы за действующие в ней гравитационные силы отвечало только видимое вещество. Для того чтобы объяснить такое быстрое вращение, было введено понятие «темная материя» — не наблюдаемое телескопами вещество, обладающее гравитационным полем.

Богдан Добреску и Дон Линкольн

СКРЫТОГО КОСМОСА

В нашей Вселенной преобладают невидимые частицы темной материи, которые отличаются большим разнообразием и необычностью свойств

ОБ АВТОРАХ

Богдан Добреску (Bogdan A. Dobrescu) — исследователь по теории физики частиц, работает в Национальной ускорительной лаборатории им. Энрико Ферми в Батавии, штат Иллинойс. Занимается поиском новых частиц и их взаимодействий. Исследовал возможность рождения частиц темной материи на ускорителе в Фермилабе и их последующего наблюдения в нейтринных детекторах.



Дон Линкольн (Don Lincoln) — сотрудник лаборатории им. Ферми, проводящий исследования с данными БАК. Автор нескольких научно-популярных книг, включая «БАК: невероятная история бозона Хиггса и другие вещи, которые взорвут ваш мозг» (*The Large Hadron Collider: The Extraordinary Story of the Higgs Boson and Other Stuff That Will Blow Your Mind*, 2014).



К

расивые завитки спиральных рукавов нашей ближайшей космической соседки, галактики Туманность Андромеды, представляются загадочными. Головокружительная скорость их вращения не может быть объяснена с помощью известных законов физики, описывающих движение видимого вещества в диске галактики. Другими словами, силы притяжения, генерируемые видимым веществом галактик, привели бы к тому, что звезды, находящиеся на периферии, двигались бы медленнее, чем это происходит в действительности. Если видимое вещество — это все, что есть в Туманности Андромеды, то и эта галактика, и другие подобные ей быстро вращающиеся галактики просто не могли бы существовать.

Согласно представлениям современной космологии, существует невидимый тип вещества, так называемая темная материя. Она окружает и пронизывает многие галактики, в том числе галактику Туманность Андромеды, добавляя необходимое гравитационное поле для поддержания наблюдаемого темпа вращения. Темная материя составляет около 25% от общей массы нашей Вселенной, и с ее помощью удастся объяснить многие загадки космоса: быстрое вращение галактик в скоплениях галактик, распределение вещества при слиянии

скоплений галактик, а также наблюдения гравитационного линзирования (отклонение лучей света в гравитационном поле) далеких галактик.

В простейших моделях темная материя представлена однотипными невидимыми и до сих пор не обнаруженными частицами, которые должны восполнять недостаток полной массы Вселенной. Десятилетия поисков прямых доказательств существования частиц темной материи не увенчались успехом. Кроме того, сохраняются некоторые несоответствия между астрономическими

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

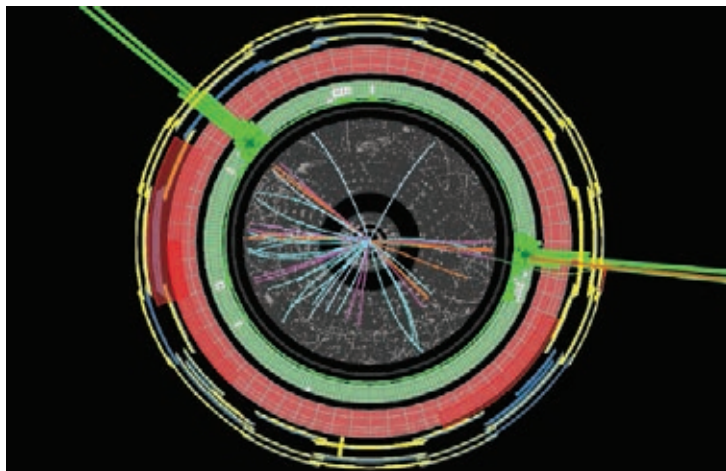
- Согласно научным данным, наша Вселенная должна содержать больше вещества, чем то, которое доступно телескопам. Первоначально поиск темной материи был сфокусирован на поиске невидимых частиц только одного типа. Однако десятилетия экспериментальных поисков не дали результата. Все более правдоподобными становятся экзотические модели. Мир темной материи может оказаться очень многообразным и содержать множество разных частиц, очень слабо взаимодействующих с привычным видимым миром.
- Многокомпонентная темная материя могла бы формировать темные атомы, темные молекулы и даже большие структуры из них, которые могли бы составлять гигантскую невидимую часть галактических дисков, простирающуюся за спиральные рукава Млечного Пути и других галактик. В настоящее время ведутся наблюдения с целью поиска следов таких темных структур.

наблюдениями и простейшими теориями темной материи. Сочетание теоретических противоречий в совокупности с отрицательными результатами наблюдений этой неуловимой субстанции привели некоторых ученых к переосмыслению традиционных теорий и к представлению о более сложной структуре темной материи. Это невидимое вещество может не состоять из единственного типа частиц, но, аналогично обыкновенному известному нам веществу, также может оказаться многосоставным.

Последние несколько лет ученые укрепились во мнении, что темная материя должна быть разнообразна. Возможно, существуют даже новые типы взаимодействий, к которым почти не чувствительны обычные частицы, но которым подчиняются частицы темной материи. Недавние наблюдения сливающихся галактик могут послужить предварительным подтверждением такой гипотезы. Неизвестные силы взаимодействия могли бы объяснить имеющиеся противоречия между моделями темной материи и наблюдениями. Если темная материя действительно обладает сложной структурой, то наша Вселенная предстанет гораздо более интересной и интригующей, чем в стандартной космологической модели.

Скрытое вещество

Несмотря на то что до сих пор не известен состав темной материи, все-таки можно кое-что сказать о ее свойствах, исходя из наблюдений ее влияния на обычное вещество, а также из моделирования гравитационных свойств этого невидимого вещества. Например, частицы темной материи должны двигаться гораздо медленнее света, в противном случае флуктуации плотности в ранней Вселенной не смогли бы привести к формированию наблюдаемых нами крупномасштабных структур (галактик). Далее, поскольку темная материя не поглощает и не испускает электромагнитное излучение, то она должна быть электрически нейтральной. Частицы этого скрытого вещества должны быть достаточно массивными, иначе они двигались бы с околосветовыми скоростями, что, как было сказано, противоречит наблюдательным данным. Кроме того, такие частицы практически не должны быть подвержены сильным взаимодействиям, формирующим ядра атомов, — в противном случае следы взаимодействия частиц темной материи были бы широко наблюдаемы в виде образования частиц сверхвысоких энергий (космических лучей). До недавнего времени считалось, что частицы темной материи подвержены силам слабого взаимодействия (силы, ответственные за радиоактивный распад), но наблюдения практически исключили и это предположение. Заметим,



Результат протон-протонного столкновения, зарегистрированного детектором ATLAS на Большом адронном коллайдере в CERN, совместим с некоторыми моделями темных фотонов (зеленые линии)

что все же остается возможность того, что темная материя подвержена влиянию слабого взаимодействия. Однако для соответствия наблюдениям необходимо существование дополнительных неизвестных частиц помимо темной материи.

Мы знаем также, что темная материя стабильна на космологических временных интервалах. Аргумент в защиту этой гипотезы простой: нет хорошо обоснованного механизма непрерывного рождения скрытого вещества. Другими словами, темная материя — это первичное вещество, рожденное в результате Большого взрыва. Слова о том, что частица стабильна, подразумевают ее важнейшие физические особенности. Стабильность означает наличие свойства сохраняться, т.е. частица темной материи не может меняться, ее распад запрещен. Можно проиллюстрировать вышесказанное на примере хорошо знакомого электрического заряда, дающего стабильность электрону. Прописная истина физики гласит, что частицы всегда распадаются на более легкие, если ничто не препятствует распаду. Электрон обладает электрическим зарядом, а все известные стабильные частицы, которые легче электрона, — фотон и нейтрино — электрически нейтральны. Из энергетических соображений электрон мог бы распасться на эти элементы, но закон сохранения заряда запрещает такие каналы распада.

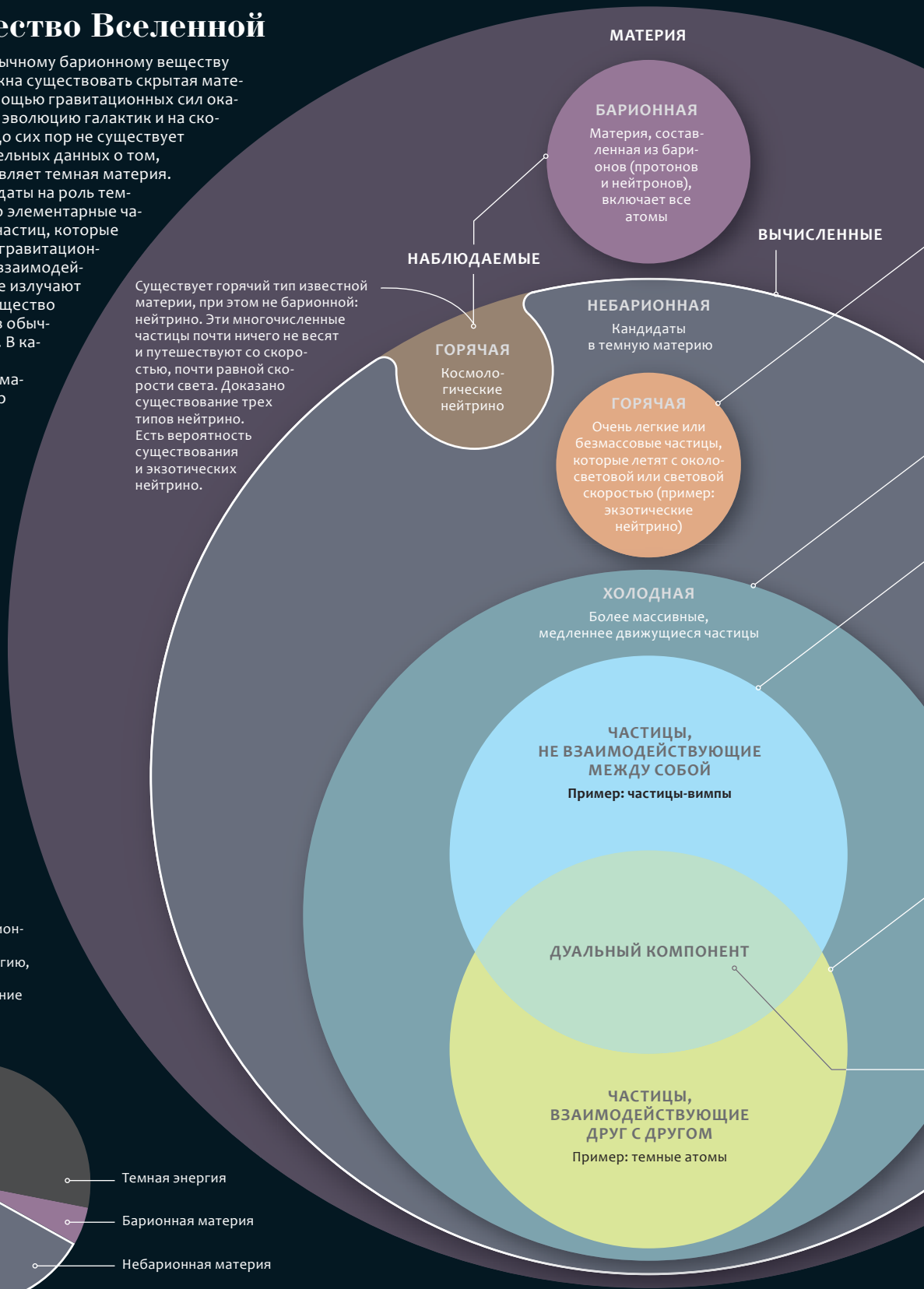
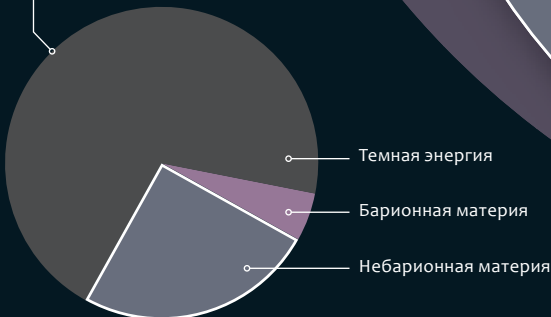
Большинство моделей темной материи основываются на предположении о том, что существует некая сохраняющаяся характеристика, по историческим соображениям названная «паритетность»; она (для определенности) равна -1 для частиц темной материи и $+1$ для всех других известных частиц. Таким образом, запрещен распад частиц темной материи на частицы обычной материи, потому что в противном случае паритетность не сохранялась бы.

Все вещество Вселенной

В дополнение к обычному барионному веществу во Вселенной должна существовать скрытая материя, которая с помощью гравитационных сил оказывает влияние на эволюцию галактик и на скопления галактик. До сих пор не существует прямых наблюдательных данных о том, что собой представляет темная материя. Возможные кандидаты на роль темной материи — это элементарные частицы или группы частиц, которые не испытывают ни гравитационного, ни сильного взаимодействия, и поэтому не излучают и не поглощают вещество и не связываются в обычные атомные ядра. В каком именно виде находится темная материя — до сих пор не решенная проблема.

Существует горячий тип известной материи, при этом не барионной: нейтрино. Эти многочисленные частицы почти ничего не весят и путешествуют со скоростью, почти равной скорости света. Доказано существование трех типов нейтрино. Есть вероятность существования и экзотических нейтрино.

Полная масса нашей Вселенной включает вещество — как барионное, так и не барионное — и темную энергию, которая вызывает ускоренное расширение пространства.



Основные кандидаты в темную материю

ГОРЯЧАЯ

Если вся первичная темная материя состояла из быстро движущихся частиц, то она никогда не смогла бы сгруппироваться в достаточно плотные облака для формирования протогалактик. Однако небольшая часть темной материи все-таки может быть горячей.

ХОЛОДНАЯ

Модель медленно движущихся частиц темной материи лучше согласуется со структурой галактик и с наблюдаемым распределением вещества во Вселенной. По крайней мере 95% темной материи должны быть холодными.

МАТЕРИЯ, ЧАСТИЦЫ КОТОРОЙ НЕ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ ДРУГ С ДРУГОМ

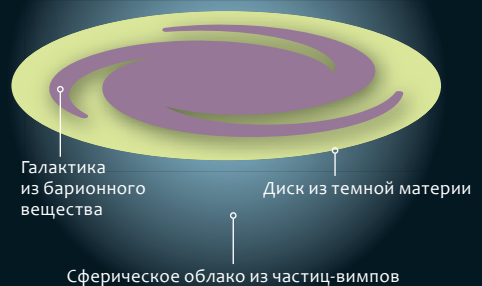
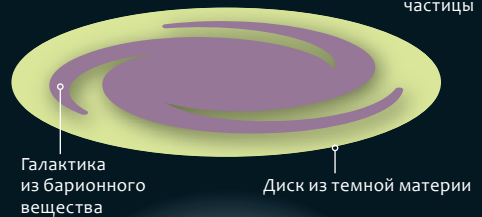
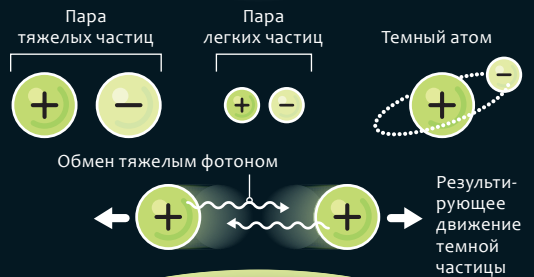
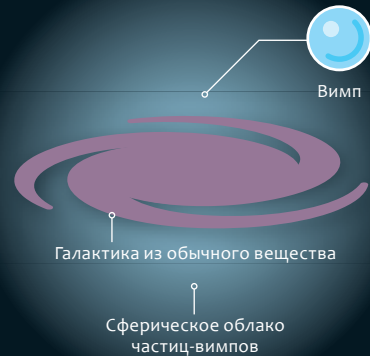
Простейший тип частиц холодной темной материи — это слабо взаимодействующие массивные частицы, вимпы (*WIMP*). Такие частицы очень редко или вообще никогда не взаимодействуют ни друг с другом, ни с частицами обычной материи. Частицы-вимпы могут формировать большие сферические облака, гравитационно притягивающие обычную барионную материю, служа, таким образом, зародышами галактик.

МАТЕРИЯ, ЧАСТИЦЫ КОТОРОЙ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ ДРУГ С ДРУГОМ

Если частицы темной материи взаимодействуют между собой, то взаимодействие должно осуществляться какой-то силой — «темной», потому что она не должна влиять на обычное вещество. Эта сила может быть разновидностью «темного электромагнетизма», а темные частицы могут обладать соответствующими положительными и отрицательными зарядами и обмениваться переносчиками сил темного электромагнетизма — темными фотонами. В рамках такой теории возможны многие типы темных частиц — и тяжелых, и легких, — которые могут притягивать друг друга и формировать атомы. Таким образом, в дисках галактик могут формироваться сложные структуры темной материи, превышающие размерами спиральные рукава барионной материи.

ДУАЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ

Темная материя может состоять из двух типов холодных частиц — не взаимодействующих друг с другом (подобно вимп-частицам) и взаимодействующих друг с другом. В такой модели вокруг галактики существует сферическое облако частиц-вимпов, а в плоскости ее барионного диска — второй диск из взаимодействующих друг с другом (но не с обычным веществом) частиц темной материи.



Простейшая модель темной материи, которая отвечает всем требованиям, содержит одну частицу, называемую «вимп» (от англ. *WIMP, weakly interacting massive particle* — «слабовзаимодействующая массивная частица»). Термин «слабо» используется в общем смысле и может обозначать не только силы именно слабого взаимодействия. Частицы-вимпы имеют хорошее теоретическое обоснование, но найти их оказалось гораздо сложнее, чем ожидалось. С 90-х гг. прошлого века ученые проводили множество экспериментов с целью прямого обнаружения взаимодействия вимпов с частицами обычной материи. Такие события должны быть очень редкими.

Для получения необходимой чувствительности детекторы охлаждались до экстремально низких температур и помещались глубоко под землю, чтобы защитить их от космического излучения, которое могло бы имитировать следы темной материи. Несмотря на серии все более мощных экспериментов, никаких следов вимпов обнаружено не было. Модель частиц-вимпов действительно способна объяснить многие загадки наблюдаемой Вселенной, однако она не может учесть все. Например, согласно теории, включающей вимпы, вокруг нашей Галактики должно вращаться огромное количество мелких галактик-спутников, а этого не наблюдается. Кроме того, темная материя должна обладать даже большей плотностью в центре галактик, чем та плотность, которая требуется для объяснения их кривых вращения. В современной наблюдательной космологии ситуация быстро меняется, и некоторые проблемы находят возможные решения. Так, недавнее открытие дополнительных галактик-спутников (проект *Dark Energy Survey*) дает основания утверждать, что карликовые галактики — спутники Млечного пути все же существуют, но просто еще не обнаружены в предсказываемом количестве.

Недостатки теорий с вимпами открыли путь для более сложных моделей темной материи.

Составная темная материя

Разумно предположить, что темная материя состоит не из одного-единственного типа частиц, но существуют разные типы невидимых частиц, управляемых силами, которые никак не влияют на обыкновенные частицы. Одна из идей, которая в силах примирить наблюдения и моделирование, заключается в способности частиц темной материи взаимодействовать друг с другом. Другими словами, существуют силы, действующие только на частицы темной материи и не действующие на частицы обыкновенной материи. Эти частицы могли бы, например, быть носителями нового типа «темного заряда», который притягивает или отталкивает частицы темной материи, сохраняя

их электрическую нейтральность. Подобно тому как обычные электрически заряженные частицы могут рождают фотоны (частицы света — переносчики электромагнитного взаимодействия), частицы темной материи могут испускать «темные фотоны», которые, конечно, не будут частицами света, но они взаимодействуют с частицами, обладающими темным зарядом, аналогично тому, как фотоны взаимодействуют с электрически заряженными частицами.

Однако нельзя проводить полные аналогии темного мира с миром нормальных частиц. Действительно, предположим, что законы темного мира в точности зеркальны по отношению к нашим законам. В таком темном мире темные атомы могут порождать темные фотоны в том же количестве, что и обычная материя обычные фотоны. В нашем мире излучение фотонов приводит к обмену энергией, что служит объяснением того, почему галактики приобретают дисковую структуру.

Разумно предположить, что темная материя состоит не из одного-единственного типа частиц, но существуют разные типы невидимых частиц, управляемых силами, которые никак не влияют на обыкновенные частицы

Облака газа внутри галактик — источники электромагнитной энергии; в них вещество имеет тенденцию сгущаться. Закон сохранения углового момента препятствует сжатию вещества в точку, но способствует формированию дисковых структур. Если для темной материи справедливы те же законы, что управляют обычной материей, то излучение темных фотонов должно способствовать образованию плоских дисков в галактиках из темной материи. Однако распределение подавляющего количества темной материи в обычных галактиках, необходимого для объяснения свойств этих галактик, больше напоминает сферическое облако. Таким образом, модель темного мира, полностью зеркального нашему миру, не может быть принята.

Существуют альтернативные теории. Возможно, что свойства небольшой части темной материи представляют собой зеркальное отражение свойств обычной материи, а большая часть темной материи ведет себя подобно частицам-вимпам. Существует другая модель, когда темный заряд

гораздо меньше электрического заряда обычных электронов и протонов, в результате чего излучение темных фотонов уменьшается. Физики-теоретики (включая и одного из авторов этой статьи, Богдана Добреску) предложили множество идей о возможных частицах темного сектора и действующих на них силах, используя наблюдательные данные для направления теоретической мысли и отсеечения заведомо нежизнеспособных спекуляций. Один из наиболее простых сценариев — привлечение всего лишь двух сортов невидимых частиц, дающее некоторые представления о работе со структурами темной материи.

Темные фотоны

Представьте себе темный мир, в котором существуют два типа темных зарядов — один положительный и один отрицательный. В такой модели можно определить аналог электромагнитных сил, благодаря которым темные частицы излучают или поглощают темные фотоны. Как было изначально определено, частицы заряжены по аналогии с обычными электромагнитными зарядами. Таким образом, положительно и отрицательно заряженные темные частицы могут взаимодействовать и аннигилировать с образованием темных фотонов, аналогично нормальным частицам.

Можно оценить силы темного электромагнитного взаимодействия и, следовательно, сделать предположение, как часто происходит аннигиляция частиц темной материи, с помощью анализа того, как эти силы могли бы воздействовать на эволюцию галактик. Напомним, что причина, по которой галактики обладают плоскостной структурой, заключается в том, что электромагнитные силы ведут к потере энергии обычной материей и, как следствие, к ее концентрации в диске. Потеря энергии происходит даже без учета процесса аннигиляции. Поскольку известно, что первичное распределение темной материи в галактиках преимущественно сферическое и со временем темная материя не сгруппировалась к плоскости диска, то можно заключить, что темная материя не теряла энергию за счет излучения темных фотонов в той же мере, как и обычная материя. В работе, опубликованной в 2009 г. группой ученых из Калифорнийского технологического института, было показано, что из вышеприведенных рассуждений следует чрезвычайно малость темного заряда, примерно 1% от обычного электромагнитного заряда. Несмотря на небольшую величину заряда, соответствующая сила все же может существовать и значительно влиять на динамику галактик.

Темная галактика

До сих пор мы рассуждали о модели темной материи, состоящей из положительно и отрицательно заряженных частиц, испускающих темные фотоны.

Однако такой сценарий выглядит довольно невзрачно по сравнению с избытком частиц обычной материи. На что походил бы темный мир, допусти и он подобное разнообразие составляющих?

Существует не одна теория многокомпонентной темной материи, которая включает как две, так и большее количество темных частиц. Один из интересных вариантов — модель частичного взаимодействия темной материи — был предложен в 2013 г. Лизой Рэндалл (Lisa Randall) и ее коллегами из Гарвардского университета. Ученые построили модель темной энергии, состоящей из частиц-вимпов, а также из небольшого количества двух типов фермионов — тяжелого и легкого, — каждый из которых обладает темным зарядом (напомним, что фермионами называют частицы с квантовомеханическим спином $1/2$; в обычном мире примеры фермионов — протоны, нейтроны и составляющие их кварки). Поскольку в модели постулируется, что темные фермионы обладают темным зарядом, то они излучают темные фотоны и могут притягиваться друг к другу.

Хотя следует быть очень осторожными, следуя аналогиям между обычной и темной материей, вышеописанная модель дает темный протон, темный электрон и темный фотон — переносчик аналога электромагнитного излучения, который связывает вместе две темные частицы. В зависимости от массы и зарядов темных фермионов частицы могут комбинироваться, формируя темные атомы со своей химией, темными молекулами и, возможно, даже более сложными структурами. Концепция темных атомов была детально разработана в 2010 г. Дэвидом Капланом (David E. Kaplan) и другими учеными из Университета Джонса Хопкинса.

Физики из Гарвардского университета, которые предложили идею фермионов темной материи, задались целью определить верхние пределы количества скрытого вещества, которое могло бы сильно взаимодействовать с темными фотонами, с помощью наблюдательных данных. Была определена общая масса темной материи — и оказалось, что она сопоставима с массой всей видимой материи. В такой модели наша Галактика состоит из большого сферического облака частиц, подобных вимп-частицам, которые составляют 70% от общей массы Млечного Пути. Облако окружает два плоских диска, каждый из которых содержит 15% общей массы. Один диск — из обычного вещества, он включает в себя спиральные рукава, наблюдаемые телескопами. Другой диск состоит из сильно взаимодействующей темной материи. Положения обоих дисков не обязательно совпадают, но диски одинаково ориентированы. При таком представлении галактика из темной материи располагается в том же самом месте, что и наша Галактика. Сразу сделаем предостерегающее замечание: галактика из темной материи может не включать темные

звезды или большие планеты, потому что в противном случае их бы обнаружили методами гравитационного линзирования.

Это может прозвучать странно, но дополнительный невидимый диск в нашей Галактике не окажет значительного влияния на наш обычный мир. Доказательством истинности теории должна быть ее совместимость с наблюдательными данными. Диск темной материи может существовать, но так, что мы его не замечаем.

О будущих возможных наблюдениях

Поиск многокомпонентной темной материи можно осуществлять теми же методами, что и поиск вимп-частиц, т.е. используя чувствительные подземные детекторы. Одним из указаний на существование частично взаимодействующей темной материи и аргументом в пользу модели о концентрации темной материи в диске, почти в плоскости нашей Галактики, может послужить более плотный, чем в случае вимп-частиц, поток темных частиц. Более плотный поток означает повышенную вероятность регистрации частиц темной материи.

Ввиду отсутствия естественно наблюдаемого материала для проведения подобных экспериментов ученые надеются понаблюдать темной материи (наряду с другими экзотическими частицами) на ускорителях. Поскольку о взаимодействии темной материи с обычным веществом известно очень немного и, следовательно, о процессах, возможных на ускорителях, тоже ничего с определенностью сказать нельзя, требуется долгосрочная программа действий. Следует учесть всевозможные модели темной материи начиная от простейших вимп-моделей и заканчивая более сложными темными структурами. При этом необходимо сделать ряд дополнительных предположений о том, как темная материя взаимодействует с обычной материей и какие новые силы могут отвечать за такие взаимодействия, не противореча наблюдательным данным. Такие предположения необходимы, потому что если темная материя взаимодействует с обычным веществом только гравитационно, то ее невозможно будет создать в ускорителе и никогда нельзя будет обнаружить прямыми наблюдательными методами. Новое взаимодействие должно быть отлично от того, посредством которого темная материя взаимодействует сама с собой.

Расположенный вблизи Женевы в CERN Большой адронный коллайдер (БАК) — самый мощный из существующих ускорителей. Достигаемые сверхвысокие энергии позволяют вести поиски

тяжелых частиц темной материи (напомним, что чем массивнее частица, тем больше энергии требуется для ее рождения на ускорителе), а также тех частиц, взаимодействия которых становятся более частыми с повышением энергии. Поскольку уже совершенно очевидно, что темная материя если и взаимодействует с обычным веществом, то очень слабо, то, в противоположность обычному веществу, очень маловероятно ожидать каких-то непосредственных следов темной материи на ускорителе. Поиски темной материи на ускорителях ведутся косвенными методами: выявляются взаимодействия, в которых не хватает энергии. Поясним сказанное примером. В результате столкновения двух протонов может образоваться обычная частица, или после столкновения обычных частиц могут образоваться частицы темной материи. Наблюдательные проявления последнего

В зависимости от масс и зарядов темных фермионов они могут комбинироваться, создавая темные атомы со своими собственными химическими законами и темные молекулы. Открываются возможности создания и более сложных структур

события заключаются в том, что до столкновения есть энергия, а после столкновения ее нет. Можно рассчитать, в скольких столкновениях могут быть такие эффекты исчезновения энергии, если априори принять, что темной материи не существует. Далее следует оценить, происходит ли в действительности таких событий больше, чем это следует из теоретических расчетов.

Никакого избытка подобных событий на БАК обнаружено не было, из чего следует, что взаимодействия частиц темной материи с обычным веществом действительно очень редки (если они вообще происходят). Однако с установкой весной 2015 г. дополнительного оборудования на БАК появилась новая возможность выявить сигналы от темной материи. Быть может, уже не за горами открытие века.

Помимо поиска частиц-вимпов и других более сложных частиц темной материи ведутся исследования и по другим направлениям: например, ищут темные фотоны. В некоторых моделях темные фотоны могут непрерывно переходить в обычные фотоны и обратно, согласно законам квантовой механики. Такой механизм дает потенциальную

возможность выявить темные фотоны. Иногда темный фотон наделяется массой (в этом случае термин «темный фотон» не следует ассоциировать с обычным безмассовым фотоном). Если темный фотон обладает массой, то он в принципе может распадаться на более легкие частицы. Поскольку, в свою очередь, темный фотон может трансформироваться в обычный фотон, то в таком процессе существует вероятность рождения пар электронов и антиэлектронов или мюонов и антимюонов.

Экспериментальные группы (в одной из которых задействован автор настоящей статьи, Дон Линкольн) и занимаются поиском столкновений частиц, результатом которых становится рождение электрон-позитронных или мюон-антимюонных пар. Такие исследования готовятся на БАК и других ускорительных комплексах, из которых перечислим несколько: *KLOE-2* (проект Национальной лаборатории Фраскати Национального института ядерной физики, Италия), эксперимент по поиску тяжелых фотонов в Национальной ускорительной лаборатории им. Томаса Джефферсона (Ньюпорт-Ньюс, штат Виргиния, США), эксперимент *ВаВаг* в Национальной ускорительной лаборатории *SLAC*.

Другой интересный подход реализован в Национальной ускорительной лаборатории им. Энрико Ферми (Батавия, штат Иллинойс, США). Предлагается создавать потоки частиц темной материи. В настоящее время в лаборатории генерируются потоки нейтрино, которые попадают в удаленные мишени. Нейтрино — очень легкие частицы, подчиняющиеся силам слабого взаимодействия. Если темная материя взаимодействует с обычной материей посредством частиц, подобных темным фотонам, то, возможно, темная материя создается в таких потоках и, вероятно, будет обнаружена детекторами Фермилаба (детекторы *MiniBooNE*, *MINOS*, *NOvA*).

Наконец, можно искать проявления темной материи в астрономических событиях, например при слиянии двух галактик. Когда темная материя одной галактики ударяет в темную материю другой галактики, то частицы могут отталкивать друг друга, обмениваясь темными фотонами. Изучение столкновений галактик пока не выявило такого феномена, но недавние наблюдения скопления Абеля 3827, достаточно близкого к Земле и удачно ориентированного, возможно, обнадеживают исследователей. Однако необходимы дополнительные исследования для подтверждения сигнала, который мог бы подтвердить модели многосоставной темной материи.

Космическая загадка

Нет сомнений, что ученым предстоит решить серьезную загадку. На гигантских космологических масштабах обычное вещество не ведет себя

согласно известным законам физики и видимому распределению масс. Из-за такого несоответствия считается, что существует темная материя. Дискуссии о том, какой вид имеет эта скрытая материя, становятся все более ожесточенными, поскольку ни наблюдения, ни эксперименты до сих пор не могут предоставить доказательств даже простейших ее моделей. По этой причине, а также из-за несоответствий простейшей вимп-модели и астрономических наблюдений, предпочтительными становятся модели многосоставной темной материи. В таких моделях наличие большого количества свободных параметров позволяют более точно согласовывать теории и наблюдения. Такой подход более естественен и исходя из разнообразия обычной материи.

Критика такого подхода заключается в постоянном усложнении моделей, подобно существовавшей некогда громоздкой теории эпициклов для объяснения движения планет. Тем не менее в настоящий момент сама гипотеза существования темной материи позволяет объяснять многие космологические проблемы, и нет причин считать, что темная материя обязана обладать простейшей формой наподобие вимп-частиц.

Парадоксальность ситуации заключается в том, что существование темной материи практически не подвергается сомнению, но ее состав до сих пор совершенно не известен. Пока не найдена разгадка, нужно быть готовыми к любому из множества пусть даже самых экзотических объяснений, в том числе и к тому, что мы живем рядом с параллельным невидимым миром. Быть может, ученые этого параллельного мира тоже скептически размышляют о нашем существовании? ■

Перевод: О.С. Сажина

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Тродден М., Фэн Д. Темные миры // ВМН, № 1, 2011.
- Dark Matter and Dark Radiation. Lotty Ackerman et al. in *Physical Review D*, Vol. 79, No. 2, Article No. 023519; January 23, 2009.
- Atomic Dark Matter. David E. Kaplan et al. in *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, Vol. 2010, No. 5, Article No. 021; May 19, 2010.
- Dark-Disk Universe. JiJi Fan et al. in *Physical Review Letters*, Vol. 110, No. 21, Article No. 211302; May 23, 2013.
- The Cosmic Cocktail: Three Parts Dark Matter. Katherine Freese. Princeton University Press, 2014.

ЗВЕЗДЫ МЕРТВЫХ

В древнеегипетских гробницах, чей возраст насчитывает 4 тыс. лет, обнаружены загадочные астрономические таблицы. Каким могло быть их назначение?

Сара Саймонс и Элизабет Таскер

Египетский город Маллави находится в 290 км к северо-западу от знаменитых храмов Луксора и не относится к местам паломничества туристов. Однако в мае 2013 г. одна из нас (Сара Саймонс) отправилась туда вместе с Робертом Кокрофтом (Robert Cockcroft), научным сотрудником своей лаборатории, в надежде своими глазами увидеть одну из древнейших в мире астрономических записей. Этот документ, описанный лишь в общих чертах, действительно находился там, но, к изумлению исследователей, он не был единственным.



Фрагмент астрономической таблицы возрастом 4 тыс. лет, обнаруженной в Египте на внутренней стороне крышки одной из гробниц. На нем изображены небесные божества (крупные фигуры) и предназначенные им подношения (горизонтальная полоса посередине). В колонках расположены названия звезд, за которыми астрономы наблюдали в течение недели.

ОБ АВТОРАХ

Сара Саймонс (Sarah Symons) — ассистент профессора Университета Макмастера и директор Планетария им. Уильяма Маккаллиона в Онтарио, где она занимается историей науки и разработкой инновационных методов в педагогике. Ее изысканиям в области астрономии Древнего Египта оказывают поддержку журнал *Social Sciences* и Совет по гуманитарным наукам Канады.



Элизабет Таскер (Elizabeth Tasker) — доцент Университета Хоккайдо в Японии. Занимается распространением научных знаний и исследованиями образования галактик, звезд и планет в рамках созданной с помощью компьютерного моделирования Вселенной.



«Я вижу текст!» — воскликнул Кокрофт, припав к выставочной витрине, ограждающей гробницу в центральном зале Музея древностей города Маллави. Изогнувшись, он пытался рассмотреть обратную сторону приподнятой деревянной крышки. Саймонс направила луч своего карманного фонарика на тонкую поперечную рейку, скрепляющую плотно прилегающие друг к другу деревянные панели. Вся планка была покрыта изящными иероглифами — названиями звезд. И Саймонс, и Кокрофт сразу поняли, что она представляет собой часть еще одной древней астрономической записи. До них никто не придавал этой планке особого значения, считая, что ее прикрепили к уникальному саркофагу по ошибке.

Впервые загадочные таблицы на саркофагах археологи обнаружили в 1890-х гг. во время раскопок многочисленных могил вблизи города Асьюта. Вскрыв несколько саркофагов с мумиями представителей местной знати, они увидели на внутренней стороне крышек не выдержки из религиозных текстов, как в большинстве древних египетских гробниц, а необычные таблицы с названиями звезд, указывающие годовое перемещение по небу некоторых из них, например Сириуса.

Как историк науки Саймонс последние 20 лет занималась каталогизацией и анализом этих астрономических таблиц. По-разному располагая отдельные фрагменты, удалось составить только 27 таблиц: одна из них украшала потолок храма, остальные принадлежали гробницам. Большинство таблиц датируются примерно 2100 г. до н.э. Изучая эти и другие древние иероглифы



Звездная таблица, изображенная на предыдущей странице, выставлена в музее Тюбингенского университета; она укреплена на стене над гробницей, которую она украшала

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Древние египтяне придавали большое значение перемещению звезд по ночному небосводу.
- Результаты их наблюдений записаны в астрономических таблицах — схемах, высеченных на внутренней поверхности крышек саркофагов четырехтысячелетней давности.
- Долгое время считалось, что эти таблицы играли роль часов для религиозных церемоний, но недавние исследования дают основания полагать, что они скорее служили путеводителями для усопших в загробной жизни среди звезд.

и используя сложные программы для моделирования Солнечной системы, она надеется выяснить, как и зачем древние египтяне составляли такие таблицы и какие методы наблюдения они для этого использовали. Пока ее выводы ставят под сомнение общепринятые взгляды на то, для чего египтяне эпохи Среднего царства составляли такие таблицы. Возможно, в конечном счете ее работа поможет выяснить, что древнеегипетские астрономы знали о звездах, а что нет.

Звездные часы?

Археологи, нашедшие таблицы, понимали, что на них изображены звезды, но только в 1960-х гг. появились разумные гипотезы относительно назначения таблиц и обращения с ними. В трехтомном труде под названием «Египетские астрономические тексты» (*Egyptian Astronomical Texts*) историк науки Отто Нойгебауэр (Otto Neugebauer) и египтолог Ричард Паркер (Richard A. Parker) описали 13 обнаруженных к тому времени таблиц и предположили, что они описывают очередное появление конкретных звезд (или их небольших скоплений) над восточной линией горизонта в течение ночи каждую неделю на протяжении года. По мнению ученых, это были ночные звездные часы. Отметив, какая звезда появляется над горизонтом в данный момент, можно было установить, сколько времени прошло с захода Солнца.

Такие часы, если они находились не только на стенах гробниц, возможно, использовались служителями культа (жрецами) времени. Согласно египетской мифологии, ночью бог Солнца Ра совершал путешествие по подземному миру, где его подстерегали разного рода опасности. Ночные службы в храмах, совершаемые в строго определенных часы, должны были поддерживать Ра в его путешествии.

Трактовка звездных таблиц Нойгебауэром и Паркером полностью соответствовала такому их использованию. Вся таблица разделялась на четверти горизонтальной и вертикальной полосами. На горизонтальной полосе располагались строки из религиозных текстов с обращениями к различным египетским богам, а на вертикальной находились изображения четырех из них. Это навело Нойгебауэра и Паркера на мысль, что часы, идущие вдоль верхней части таблицы, — это древнеегипетский гражданский календарь.

Каждый месяц древнеегипетского гражданского календаря состоял из трех десятидневных недель, общее число которых в году составляло 36; год

включал 12 одинаковых месяцев по 30 дней плюс пять дополнительных дней, получивших позднее название эпагоменов; так что продолжительность года равнялась 365 дням. Полная звездная таблица, если читать справа налево, состоит из 40 колонок, где каждая из 36 первых из них соответствует одной «неделе». Следующие три колонки содержат полный список названий всех звезд, описанных в таблице (представленных от номера 1 до 36); последний, 40-й столбец соответствует оставшейся половине недели гражданского календаря. Верхнюю часть колонок, отвечающих десятидневным неделям, занимают разные звезды, которые сегодня называют деканами (от греч. *deca* — «десять»).

Каждый столбец деканов состоит из 12 строк, расположение которых, по мнению Нойгебауэра и Паркера, соответствует очередности появления деканов над горизонтом на ночном небе. (Таким образом, каждая строка представляет отдель-

Согласно египетской мифологии, ночью бог Солнца Ра совершал путешествие по подземному миру, где его подстерегали разного рода опасности. Ночные службы в храмах, совершаемые в строго определенных часы, должны были поддерживать Ра в его путешествии

ный «час» ночи.) В самой верхней клетке таблицы находится название декана, который появляется на востоке сразу после захода Солнца. (Звезды на ночном небосводе с течением времени перемещаются с востока на запад.) Далее сверху вниз в колонке идут следующие 11 деканов в том порядке, в каком они появляются вслед за первой звездой. Через десять дней начинается вторая неделя гражданского календаря, и ночное небо меняется; теперь другой декан — второй — поднимается с заходом Солнца, поэтому он занимает верхнее положение в столбце этой недели. В итоге деканы в таблице располагаются по диагонали, вдоль которой каждый из них перемещается от нижнего правого угла к верхнему левому.

Если бы в году было ровно 360 дней, то звездная таблица представляла бы собой замкнутый круг из 36 деканов. После появления 36-го декана в ночном небе за ним на следующей неделе должен был бы снова показаться первый декан. Однако такому движению мешает половина недели из оставшихся пяти дней года. Чтобы решить эту проблему, Нойгебауэр и Паркер предположили, что после первого

Ориентиры — звезды

Уже более 4 тыс. лет назад древние египтяне вели наблюдения за ночным небом и составили сложные таблицы, отражающие порядок, в котором определенные звезды появлялись и скрывались за горизонтом. Считалось, что эти таблицы служили для отсчета времени ночью. Но, как полагает Сара Саймонс, поскольку большинство из них находились внутри гробниц, их предназначение состояло в помощи усопшим в их поисках пути к своему новому обиталищу среди звезд. Схематическое изображение внизу помогает понять, как работает звездная таблица.



ВМЕСТО ИСХОДНЫХ ИЕРОГЛИФОВ, таких как этот, использованы цифры и буквы

КАЖДЫЙ ИЗ ТРЕХ СЕЗОНОВ (Ахет, Перет и Шему) состоит из четырех месяцев по три недели в каждом

В ТАБЛИЦУ из 360 дней добавлены пять дней, чтобы дополнить ее до года. Звезды, соответствующие этим дням, помещены в особую колонку, которая вместе с тремя предыдущими содержит названия всех деканов в звездной таблице.

Колонки	IV Шему	III Шему	II Шему	I Шему	IV Перет	III Перет
A 25 13 1	36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19					
B 26 14 2	A 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20					
C 27 15 3	B A 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21					
D 28 16 4	C B A 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22					
E 29 17 5	D C B A 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23					
F 30 18 6	E D C B A 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24					
<i>Полоса текста с религиозными жертвоприношениями богам</i>						
G 31 19 7	F E D C B A 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25					
H 32 20 8	G F E D C B A 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26					
I 33 9	H G F E D C B A 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27					
J 34 22 10	I H G F E D C B A 36 35 34 33 32 31 30 29 28					
K 35 23 11	J I H G F E D C B A 36 35 34 33 32 31 30 29					
L 36 24 12	K J I H G F E D C B A 36 35 34 33 32 31 30					

ДЕКАНЫ ТРЕУГОЛЬНИКА названы так в соответствии с фигурой, которую они образуют

ОБЫЧНЫЕ ДЕКАНЫ

Имена богств ассоциируемые с небом

раунда древние египтяне переходили к совершенно новой группе деканов. Поскольку последние располагаются в таблице по идущей сверху вниз диагонали, все вместе они образуют треугольник в левой части таблицы.

При схематическом представлении таблиц деканы этого треугольника обозначают буквами, а не цифрами. Но сами рисунки на гробницах никак не указывают на то, что египтяне считали деканы треугольника более либо менее значимыми, чем остальные 36. Существуют, однако, другие, отличные от описанных выше астрономические изображения на сводах храмов и стенах гробниц, которые, возможно, были созданы в ту же эпоху. И тогда возникает вопрос, что появилось раньше — идея о 36 «совершенных» деканах, постоянно движущихся по небу с запада на восток, или наблюдения за реально существующими звездами с их более сложными годичными перемещениями.

В любом случае наличие треугольника свидетельствует о том, что таблицы основаны на реальных астрономических наблюдениях. Усложнение, связанное с введением дополнительных деканов, указывает на то, что таблицы не представляют собой всего лишь идеализированную модель космического пространства.

Не все так просто

Несмотря на изящество разъяснения Нойгебауэром и Паркером содержания таблиц, в их устройстве осталось много неясного. Одна из проблем, признанная самими учеными в 1960-х гг., была вынесена на обсуждение, когда они поняли, что не все известные им звездные таблицы идентичны.

На первый взгляд таблицы устроены одинаково — это набор колонок, заполненных названиями по большей части одних и тех же деканов. Но при более тщательном рассмотрении обнаруживается, что таблицы подразделяются на две большие

На исходе ночи, перед рассветом, над горизонтом появляется декан под номером 12. Теперь на небосводе видны все двенадцать деканов.



В течение второй недели декан под номером 1 появляется до захода Солнца, поэтому он расположен во второй колонке таблицы. Теперь первым после захода Солнца появляется декан 2, а последним — новый декан под номером 13.

Как читать древнеегипетскую звездную таблицу

Оригинальные таблицы читают слева направо.

II Перет		I Перет		IV Ахет		III Ахет		II Ахет		I Ахет							
18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Полоса текста с религиозными жертвоприношениями богам																	
24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12

КОЛОНКИ обозначают десятидневные недели. Год состоит из 36 таких недель.

В КАЖДОЙ КЛЕТКЕ находятся названия деканов — особенно ярких звезд или их групп.

РЯДЫ в каждой колонке обозначают порядок, в котором деканы появляются на ночном небосводе. Один декан появляется на востоке над горизонтом сразу после захода Солнца (самая верхняя клетка), за ним в течение каждого периода в десять дней по порядку следуют 11 деканов (расположены вертикально).

На следующей неделе (следующая колонка) первым появится другой декан, и новый декан поднимется над горизонтом 12-м по счету. Деканы перемещаются в таблице снизу вверх и справа налево, образуя диагональные линии.

группы, в которых деканы смещены на несколько колонок. Нойгебауэр и Паркер сочли, что это связано с отсутствием високосного года в гражданском календаре. Предположим, что создатели древних таблиц, пренебрегая четвертью суток в году, составили две таблицы с разницей в 40 лет; тогда отставание в 40 четвертей суток должно привести к смещению положения звезд на более поздней таблице ровно на одну десятидневную неделю, т.е. сдвиг каждого декана на одну клетку. По мнению Нойгебауэра и Паркера, с обнаружением новых звездных таблиц или имеющих к ним отношение документов появятся примеры расположения колонок, промежуточного между описанными выше случаями.

Этой идее противоречат данные, полученные Саймонс. Она исследовала как сами таблицы, так и фотографии всех известных звездных таблиц, в том числе обнаруженных после 1960-х гг. Каждая попадала строго в одну из двух общепринятых

групп, никаких альтернативных конфигураций деканов не наблюдалось. Более того, расстояние между соответственными парами деканов варьирует; в високосный год все деканы должны сместиться согласованно, так что их взаимное расположение сохраняется.

Нойгебауэр и Паркер не уверены также, что таблицы действительно отображали появление звезд над горизонтом, как это предполагает их структура. Данные Саймонс допускают существование альтернативных, в равной степени правдоподобных вариантов. Ее рассуждения основывались на том, что несогласованность двух видов таблиц превышает смещение деканов. Порядок появления некоторых деканов тоже варьирует.

В распоряжении Саймонс имеются сложные компьютерные программы, которые позволяют вернуться на тысячелетия назад и увидеть, как выглядело ночное небо над Древним Египтом. Сегодня ось вращения Земли направлена примерно

на Полярную звезду. Но ось нашей планеты очень медленно прецессирует, совершая один оборот примерно за 25,8 тыс. лет. Поэтому, хотя общий вид небесной сферы остался прежним (Солнце, как и раньше, восходит на востоке и заходит на западе, взаимное расположение звезд тоже не меняется), в результате прецессии все объекты на небосводе сегодня находятся не там, где они были 4 тыс. лет назад.

Возможность увидеть небо древних времен — пожалуй, единственный шанс объяснить необъяснимое. Определить местоположение звезд в далеком прошлом можно было бы математическими методами, но соответствующие уравнения настолько громоздки, что работать с ними очень трудно. Компьютерные же модели выдают картинку мгновенно, стоит лишь нажать кнопку клавиатуры.

Мы воспринимаем время как абстрактное течение стандартных часов, минут и секунд, а для жителей Древнего Египта день или ночь были связаны с различными событиями, например перемещением по небу Солнца или звезд. Так, полночь или закат ассоциировались с нахождением определенных звезд или Солнца в конкретной части неба, а не с каким-то строго определенным моментом времени

Различие между двумя группами таблиц проще всего объяснить тем, что наблюдения за звездами велись двумя разными способами. Как показывает компьютерное моделирование, все звезды, поднимающиеся из-за восточной линии горизонта в одно и то же время, в каком бы месте Египта вы ни находились, заходят за горизонт на западе в разное время, что связано с наклоном оси вращения Земли относительно небесной сферы. Эта особенность движения звезд серьезно искажает и даже в каком-то смысле разрушает упорядоченность деканов, если отслеживать их закат. Движение, отражаемое двумя типами звездных таблиц, согласуется с одним набором, соответствующим восходящим звездам, и другим, представляющим звезды заходящие.

Компьютерное моделирование можно также использовать для тестирования других вероятных ситуаций с тем, чтобы исключить неадекватные.

Различия между двумя группами звездных таблиц могли бы объясняться и тем, что за звездами наблюдали из двух разных мест Египта. Однако сравнение компьютерных моделей для разных широт с реальными таблицами с несомненностью отменяет такое толкование. Для того чтобы объяснить различие между таблицами таким образом, места наблюдения должны были бы находиться в самой северной и самой южной точках Египта.

Однако компьютерное моделирование не все-таки. Сценарий «восходы — закаты» работает, но нужно учитывать некоторые моменты. Например, «горизонт» может быть на самом деле верхним краем стены или точкой над конкретным деревом. Модели — при всей их мощи — можно только сопоставлять с имеющимися данными, и поэтому сегодня они годятся скорее для исключения каких-то вариантов, чем для воспроизведения реальных событий.

Такие же ограничения возникают и в случае, когда компьютерное моделирование используется для того, чтобы определить, какие звезды на нашем сегодняшнем небе соответствуют названиям древних деканов. До сих пор модели подтверждали, что один из деканов, Сириус (Сопдет в египетской традиции), — как и сегодня, самая яркая звезда на небе и важный небесный объект. Лишь немногие предлагают более или менее убедительные трактования других деканов, при этом степень правдоподобия для разных деканов неодинакова.

Преобладает мнение, что декан *Khai* соответствует Плеядам; об этом свидетельствуют и результаты компьютерного моделирования. *Tjemes en Khentet* — это скорее всего какая-то красная звезда (*tjemes* означает «красный»); такое название декана и его расположение относительно Сириуса/Сопдет соответствуют Антаресу (альфе Скорпиона). Вне рамок этих достаточно очевидных умозаключений, однако, мнения египтологов расходятся, и связано это с тем, что они придерживаются разных точек зрения относительно выбора древними египтянами той или иной звезды в качестве декана. В каком именно направлении нужно смотреть, чтобы увидеть восход конкретной звезды? Прямо на восток? На восток с точностью до пяти градусов, а может быть десяти? Будет ли яркая, легко распознаваемая, но находящаяся в не совсем удачном месте звезда выбрана в качестве декана вместо другой, более тусклой, но восходящей и заходящей в точке, точно соответствующей тем целям, с которыми составлялась таблица?

Если бы мы точно знали, какие звезды использовали древние египтяне в своих постройках, мы могли бы установить порядок наблюдений. Зная этот порядок, мы смогли бы догадаться, какие это были звезды. Но нам не известно ни то, ни другое, и мы можем только предполагать.

Еще более фундаментальные разногласия могут возникнуть в вопросе назначения двух типов таблиц. Как уже говорилось, Нойгебауэр и Паркер считали, что таблицы играли роль часов. Этот термин подразумевает наличие некоей системы отсчета, сходной с современным хронометражем: таблицы, по их мнению, представляли собой инструмент для точного определения времени. Однако эта точка зрения противоречит представлению египтян о ходе времени. Мы, живущие в XXI в., воспринимаем время как абстрактное течение стандартных часов, минут и секунд, а для жителей Древнего Египта день или ночь были связаны с различными событиями, например перемещением по небу Солнца или звезд. Так, полночь или закат ассоциировались с нахождением определенных звезд или Солнца в конкретной части неба, а не с каким-то строго определенным моментом времени.

Это расходится с трактовкой таблиц как инструмента определения времени, их правильнее называть «звездными таблицами», нежели «звездными часами». Кроме того, по данным компьютерного моделирования яркая звезда не всегда находилась там и тогда, где вам это было нужно. И далее: звезды невозможно увидеть, пока не станет достаточно темно. Суммируя, можно сказать, что «час» по звездным часам может быть меньше 60 минут и к тому же не всегда одинаков. Сегодня Саймонс придерживается мнения, что звездные таблицы больше похожи на календари, фиксирующие состояние небосвода в разные моменты времени, чем на часы в истинном смысле этого слова.

Остается один очевидный вопрос: почему звездные таблицы находились по преимуществу на стенах гробниц? Зачем усопшим нужно было знать время? Может быть, их интересовало изменение вида звездного неба?

Правильный ответ должен соответствовать представлениям древних египтян о загробной жизни. Храмы, надгробия и даже гробницы имитировали миры, где потолок или внутренняя часть крышки соответствовали небосводу. В некоторых ранних религиозных текстах, например «Текстах пирамид», прямо говорится, что душа может возродиться в виде звезды. Считалось, что фараон после смерти присоединяется к группе звезд, находящихся вблизи северного полюса мира, которые никогда не восходят и не заходят; это — бессмертные звезды. В продолжение этого допускалось, что другие выдающиеся личности, например представители местной знати Асьюта, воскресают в виде

меньших звезд, которые временами заходят за горизонт. В этом случае покойникам нужна была звездная таблица, которая указывала бы, когда они возродятся к жизни и присоединятся к сообществу деканов.

Оцифровывая прошлое

Чтобы облегчить дальнейшие исследования звездных таблиц, Саймонс создала интерактивную базу данных, которая содержит информацию, почерпнутую из всех известных образцов. Этот всеобъемлющий свод сведений создает основу для последующих действий и исключает необходимость манипуляций с самими таблицами, сохраняя гробницы — весьма хрупкие сооружения.

Есть надежда, что в будущем обнаружатся и другие таблицы. Во время археологических раскопок на территории Египта иногда действительно находят нечто новое. К сожалению, сохранившиеся культурные объекты не охраняются должным образом. Так, в 2013 г., спустя несколько недель после пребывания Саймонс и Кокрофта в Египте и обнаружения новых артефактов, мародерами был разграблен музей в Маллави, где тогда шла гражданская война. Некоторое количество экспонатов удалось спасти, но в каком состоянии сейчас находятся звездные таблицы, неизвестно. Вернувшись в Египет в 2015 г., Саймонс и Кокрофт все же смогли исследовать звездные таблицы из других музеев, что позволит им и дальше систематизировать наследие Древнего Египта. Каждый новый фрагмент — это дополнительная возможность осуществить прорыв в нашем понимании хода мыслей древних астрономов. Тем больше оснований бережно сохранять все, что у нас есть, и продолжать исследования. ■

Перевод: С.Э. Шафрановский

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Шефер Б. В погоне за Большой Медведицей // ВМН, № 3, 2007.
- A Star's Year: The Annual Cycle in the Ancient Egyptian Sky. Sarah Symons in Calendars and Years: Astronomy and Time in the Ancient Near East. Edited by J.M. Steele. Oxbow Books, 2007.
- Cultural Heritage in Times of Crisis: The View from Egypt. Salima Ikram in Journal of Eastern Mediterranean Archaeology and Heritage Studies, Vol. 1, No. 4, pages 366–371; 2013.
- База данных по древнеегипетской астрономии: <http://aea.physics.mcmaster.ca>
- Слайд-шоу фотографий звездных таблиц см. по адресу: ScientificAmerican.com/oct2015/star-tables

НАУКИ О ЖИЗНИ

Л Тайная жизнь Ш А Д Е И

В ходе длительных наблюдений
за дикими лошадьми ученые узнали
много нового об их поведении

Уэнди Уильямс

Адаптированный отрывок из книги Уэнди Уильямс «Лошадь: великая история нашего благородного спутника» (The Horse: The Epic History of Our Noble Companion) с разрешения Scientific American / Farrar, Straus and Giroux, LLC (US), HarperCollins (Canada), Oneworld (UK).
© Уэнди Уильямс, 2015 г.





РОЖДЕННЫЕ ДИКИМИ: неукрощенные лошади свободно бродят в горах Монтаны

ОБ АВТОРЕ

Уэнди Уильямс (Wendy Williams) — журналистка и наездница из Машпи, штат Массачусетс. Среди ее публикаций материалы для *New York Times*, *Wall Street Journal* и *Audubon*. «Лошадь» — ее шестая книга.



Приимерно 35 тыс. лет назад, когда большая часть Европы была скована льдами, художник раздобыл кусок бивня мамонта и начал из него вырезать. Получилось произведение искусства в виде лошади пятисантиметровой длины. Великолепно изогнутая шея коня сочетает в себе мышечную силу и естественную грацию. Мы почти слышим его всхрапывание и видим рывок головой, предупреждающий соперников. Никому не известно, кто создал это маленькое чудо, названное лошадью из пещеры Фогельхерд — по тому месту в Германии, где была найдена фигурка, — но очевидно, что резчик по кости много времени наблюдал за дикими лошадьми, изучая их социальные взаимодействия и язык телодвижений.

К сожалению, в современном мире такое наблюдение — забытое искусство. Специалисты по лошадям ищут наилучшие способы подготовки выставочных лошадей, кормления скаковых, лечения костей у хромящих. Но в отличие от наблюдений за поведением шимпанзе, китов или слонов в естественных условиях поведение диких лошадей редко привлекало интерес ученых. И среди небольшого количества проведенных исследований почти не было долгосрочных проектов.

Только недавно начала появляться некоторая информация в этой области, и результаты оказались удивительными. Ученые, наблюдая поведение свободно пасущихся лошадей, опровергли многие давно существующие представления о том, как эти животные взаимодействуют друг с другом.

Кобылы или жеребцы

Лошади — необычные копытные млекопитающие. Большинство копытных ходят большими стадами, обеспечивая себе безопасность за счет высокой численности группы. А дикие лошади

круглый год живут в небольших табунах, состоящих из трех-десяти особей. Тесно связанные друг с другом кобылы и их жеребята составляют ядро табуна.

Члены лошадиного табуна — не просто группа животных со стайным поведением. Ученые обнаружили, что у них, так же как и у людей, личные отношения между особями могут быть важнее, чем принадлежность к группе. Иногда такие отношения базируются на семейных связях, но часто они возникают на основе личных предпочтений. Предпочтения эти могут меняться: дружба появляется и пропадает, жеребята вырастают и уходят жить отдельно, отношения между самцом и самкой складываются или не складываются. Поэтому социальная жизнь лошадей очень бурная. Действительно, продолжительные наблюдения за жизнью этих животных в дикой природе похожи на просмотр мыльной оперы: постоянный скрытый спор, маневрирование с целью занять определенное место и добиться влияния, борьба за личное пространство, верность и предательство.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Исследователи уже давно интересуются тем, как можно обучать и лечить домашних лошадей, но на поведение свободноживущих лошадей ученые не обращали особого внимания. Сейчас этот пробел начинает заполняться.
- Результаты многолетних наблюдений за дикими лошадьми показывают, что традиционные представления о главенствующей роли самца в иерархии ошибочны.
- В действительности часто именно самки играют ведущую роль, добиваясь своего с помощью сотрудничества и настойчивости.

В недавних этологических исследованиях специалисты, проведя изучение поведения в естественных условиях, выяснили, что иерархические взаимодействия лошадей более сложны, чем считалось ранее. Согласно традиционной точке зрения, описанной в недавнем докладе Национальной академии наук США, «гарем, который также называют табуном, состоит из доминирующего жеребца, подчиненных взрослых самцов, самок и жеребят». На первый взгляд такое описание кажется соответствующим действительности: когда люди наблюдают за дикими лошадьми, то видят, что жеребцы влияют на поведение всего табуна. Но исследования Джейсона Рэнсома (Jason Ransom) из Университета штата Колорадо и других ученых показывают, что представления о главенстве жеребца ошибочны. Кобылы играют далеко не подчиненную роль и часто инициируют активность в табуне. Жеребцы — часто не более чем приживальщики.

Однажды Рэнсом наблюдал табун кобыл, которые прекратили пастись и пошли к водоему. Жеребец этого не заметил. Когда он поднял голову и увидел, что его самки уходят, он запаниковал. Рэнсом рассказывает, что жеребец побежал за ними. «Он был похож на маленького мальчику, кричащего: "Куда вы все ушли?"» Кобылы проигнорировали его. Догонит он или нет, их не интересовало.

Кобылы тоже иногда выбирают жеребцов. С заведомым упорством они не уступают самцу, который им не нравится, даже если он зарекомендовал себя как хозяин табуна. Джоэль Бергер (Joel Berger) из Монтанского университета изучал поведение двух неродственных кобыл, несколько лет живших вместе. Эта пара присоединилась к табуну, который затем был захвачен новым жеребцом. Он самоутверждался, пытаясь насильно покрыть кобыл. Кобылы отвергали его внимание и неоднократно помогали друг другу, кусая и лягая жеребца, когда он пытался спариться. Бергер описал такое поведение диких лошадей в книге «Дикие лошади Большого бассейна» (*Wild Horses of the Great Basin*). Давно известно, что таким образом сотрудничают самки слонов, но, пока этологи не начали систематических исследований свободноживущих лошадей, мало кто подозревал, что объединившиеся кобылы могут вести подобную борьбу и, более того, ее выигрывать. Если учитывать всю имеющуюся на сегодня информацию о кобылах, понятие «гарем» для них устарело.

Отпор нежелательным женихам — не единственная ситуация, когда кобылы бунтуют. В течение многих лет Лаура Лагос (Laura Lagos) и Фелипе Барсена (Felipe Bárcena) из Университета Сантьяго-де-Компостелы изучали поведение гаррано, необычной разновидности свободноживущих лошадей. Гаррано живут в тяжелых, суровых условиях на скалистых холмах северо-западной Испании и северной Португалии, где им постоянно угрожает нападение волков. В ходе своей работы Лагос и Барсена регистрировали в одном табуне поведение пары кобыл, которые были сильно привязаны друг к другу и часто стояли чуть в стороне от остальной группы.

В период размножения кобылы ходили вместе к жеребцу из другого табуна. Лагос наблюдала, что одна из кобыл была покрыта им, а не жеребцом из своей группы. Затем кобылы вернулись в свой табун. Когда вторая кобыла была в охоте,

В недавних этологических исследованиях специалисты выяснили, что иерархические взаимодействия лошадей более сложны, чем считалось ранее. Оказалось, что представления о главенстве жеребца ошибочны. Кобылы играют далеко не подчиненную роль и часто инициируют активность в табуне

эти двое опять ушли из своего табуна к другому жеребцу. А потом снова вернулись в свою группу. Это не что-то аномальное. На следующий год кобылы поступили так же. «Они предпочитают эту территорию, но жеребца из другой группы», — рассказывает Лагос.

Настойчивость торжествует

Пока ученые не начали этологические исследования лошадей, мало кто предполагал, что кобылы способны на такое коварство. Получается, что им в отличие от жеребцов не надо устраивать большие драки, чтобы добиться желаемого. Вместо этого они используют настойчивость. Например, Рэнсом рассказывает про Высокохвостую, некрасивую кобылу с провисшей спиной и облезлой шкурой. Высокохвостая была названа так за то, что основание ее хвоста располагалось слишком высоко. Это была дикая лошадь из популяции, обитающей в горах Прайор на американском Западе. Если вы не знакомы с историей ее жизни,

вы легко можете подумать, что это пони или старая рабочая лошадь. Поскольку дни ее славы явно остались в далеком прошлом, вы вряд ли удостоите ее повторным взглядом. Однако Рэнсом знает, что у этой кобылы были богатая и разнообразная жизнь, а также длительные отношения с несколькими wybranными ею жеребцами.

Впервые Рэнсом обратил внимание на Высокохвостую в 2003 г. Кобыла проводила время в компании Сэма, жеребца, родившегося в 1991 г. Рэнсом думает, что эти двое встретились друг с другом, вероятно, еще в молодости во время скитаний. Они оставались вместе в течение долгих лет. Потом другие кобылы присоединились к ним и образовался табун. Исследования показывают, что примерно в половине случаев кобылы и жеребцы сходятся мирно. Жеребцу не нужно «покорять» кобылу, часто она сама проявляет инициативу.

Вскоре после того как Рэнсом начал наблюдение за табунем Высокохвостой и Сэма, он заметил второго молодого жеребца, блуждающего поблизости. Сэм не приветствовал появление нового жеребца, получившего имя Сидящий Бык. Чем настойчивее Сидящий Бык пытался присоединиться к табуну, тем сильнее Сэм нападал на него. Сэм тратил много сил, пытаясь его отогнать, но безрезультатно.

Когда Рэнсом видел табун Высокохвостой, то Сидящий Бык всегда был поблизости, приставал к кобылам и преследовал Сэма, ожидая возможности одолеть его. В научной литературе описаны случаи, когда доминантные жеребцы учились сотрудничать с главным жеребцом и таким образом постепенно обретали возможность иногда спариваться с кобылами, но в случае Сэма и Сидящего Быка это было явно не так. Эти двое воевали непрерывно. Сидящий Бык оставался поблизости, ожидая нужного момента.

Его час наступил в 2004 г. Лошади, которые живут в горах, постоянно сталкиваются с проблемой поиска пресной воды. Табун Высокохвостой часто спускался по крутым скалам в ущелье реки Бигхорн, где можно было напиться. Однажды, когда они пошли туда, Сэм не позволил Сидящему Быку идти с ними. Пока молодой жеребец ждал наверху, остальные лошади стояли на небольшом уступе и пили. Вдали в это время прошли проливные дожди. Вода затопила ущелье, отрезав животным путь к отступлению. На протяжении двух недель Высокохвостая со своим табунем и Сэмом оставались в ловушке без еды.

Поняв, что лошади попали в тяжелую ситуацию, люди вмешались и помогли им освободиться. Истощенным животным удалось выбраться из ущелья. Сэм утратил свою физическую форму. Почти умирающий от голода, он был легкой жертвой для Сидящего Быка, болтающегося поблизости над ущельем. Рэнсом рассказывает, что, когда лошади подошли, Сидящий Бык налетел на Сэма и прогнал

его. Сэм неоднократно пытался отбиться от своего молодого конкурента, но ему не хватало сил.

Большинство лошадей в табуне приняли молодого жеребца. Но не Высокохвостая. При каждой возможности она уходила из группы на поиски своего старого приятеля Сэма. Всякий раз когда она удалялась, Сидящий Бык гнался за ней, вытянув шею и оскалив зубы, угрожая ей. Чтобы избежать укуса, она подчинялась и возвращалась в группу, но в следующий раз, когда Сидящий Бык терял бдительность, Высокохвостая сбегала снова. Это продолжалось много недель, пока, наконец, молодой жеребец не прекратил преследования. Рэнсом рассказывает, что с тех пор Сэм и Высокохвостая были вдвоем. Они набрали вес, и Сэм пытался прогнать Сидящего Быка и вернуть других кобыл, но, сколько он ни старался, у него так ничего и не получилось.

Высокохвостая оставалась с Сэмом до его смерти в 2010 г. (Из-за стресса от постоянных драк с другими самцами жеребцы часто живут гораздо меньше кобыл.) После смерти Сэма исследователи видели Высокохвостую с жеребцом, которого они назвали Адмирал. Но потом Адмирал впал в немилость. Почему так произошло, Рэнсом не знает.

Мы встретили Высокохвостую как-то раз одним июльским днем этого года. Она была с двумя другими лошадьми. Одна лошадь была кобылой из ее старого табуна, Высокохвостая знала ее много лет. Вторым был Сидящий Бык. Отвергнутый Высокохвостой в ее молодые годы, сейчас он стал одним из ее товарищей. При изучении приматов в диких условиях давно обнаружены такие колебания отношений в группах, но до недавних пор никто не наблюдал за дикими лошадьми достаточно долго, чтобы понять, что и им свойственно такое поведение. Я спросила Рэнсома, есть ли какие-то жесткие правила поведения лошадей в дикой природе. Он ответил: «Они редко выбирают одиночество».

Перевод: М.С. Багоцкая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Мельман П. Последние дикие лошади // ВМН, № 7, 2005.
- Wild Horses of the Great Basin: Social Competition and Population Size. Joel Berger. University of Chicago Press, 1986.
- The Importance of Ethology in Understanding the Behavior of the Horse. D. Goodwin in Equine Veterinary Journal, Vol. 31, No. S28, pages 15–19; April 1999.
- Фотографии диких лошадей см. по адресу: ScientificAmerican.com/oct2015/horses

ОБ АВТОРЕ

Джессика Уопнер (Jessica Warner) — журналист-фрилансер, автор книги «Филадельфийская хромосома: генетическая загадка, смертельный рак и невероятные поиски спасительного лечения» (*The Philadelphia Chromosome: A Genetic Mystery, a Lethal Cancer, and the Improbable Invention of a Lifesaving Treatment*, 2014).



Убийственная комбинация

Новые компьютерные программы и генетический анализ могут предсказывать, какие лекарственные препараты при совместном приеме опасны



за своевременным приемом предписанных ей и ее мужу лекарственных средств и пищевых добавок. Таблица включает названия 20 медикаментов с указанием времени их приема и дозы. «Я обновляю ее после каждого визита к новому врачу», — говорит Барбара.

Семья Пайнз относится к числу 40% американских семей в возрасте старше 65 лет, принимающих более пяти разных препаратов. В 2014 г. врачи США выписали пациентам свыше 4 млрд рецептов — в среднем 13 на каждого жителя страны.

Необходимость принимать сразу несколько лекарственных препаратов повышает риск осложнений, очень часто не распознаваемых врачами и пациентами: некоторые комбинации медикаментов (прописанных лечащим врачом или принимаемых пациентом по собственному выбору) дают побочные эффекты, не возникающие при отдельном приеме тех же препаратов. Результаты исследований, проведенных за последние 20 лет, указывают на то, что взаимодействие между принимаемыми одновременно препаратами становится причиной более 30% побочных эффектов от суммарного их числа. К сожалению, работники фармацевтической индустрии далеко не всегда способны предсказать последствия приема нового препарата одновременно с уже известными — не говоря уже о биологически активных добавках и пищевых продуктах, и нередко первым сигналом о несовместимости служит внезапная смерть пациента.

Конечно, далеко не все побочные эффекты летальны, но увеличение их числа заставляет наращивать усилия по предотвращению рисков. Очень многое в этой работе зависит от «выживания» информативных сведений из огромной массы данных.

Среди всяческих туалетных принадлежностей в ванной комнате 76-летней Барбары Пайнз (Barbara Pines) главное место занимает большая раскладывающаяся таблица, которая кажется здесь совершенно неуместной. Между тем для нее она — самый простой способ следить

Illustration by Thomas Fuchs

Метаболизм лекарственных веществ

Взаимодействия между лекарственными препаратами обычно начинаются, когда организм расщепляет их на составляющие. Чаще всего это происходит в кишечнике, откуда вещества поступают в кровотоки, и в печени, где они разлагаются.

Разложение осуществляет целое семейство печеночных ферментов под общим названием *P450*. Всего шесть из примерно 50 ферментов — членов этого семейства расщепляют 90% всех назначаемых препаратов. Иногда в деградации двух веществ участвует один и тот же фермент. И если одно из них отвлекает на себя все молекулы фермента, то второе практическое не расщепляется и попадает в кровоток. С другой стороны, если цитохром стимулируется одним из веществ пары, то действие второго ослабляется, поскольку фермент будет выводить его из организма слишком быстро. В кишечнике лекарственные вещества могут связываться друг с другом до попадания в печень и вообще не абсорбироваться.

Участниками процесса часто становятся и посторонние вещества. Так, сок грейпфрута подавляет активность цитохрома *P450 3A4*, фермента, участвующего в метаболизме эстрогена и многих статинов, назначаемых для снижения уровня холестерина, а растительная пищевая добавка на основе зверобоя, напротив, повышает ее. В результате действенность такой комбинации препаратов становится непредсказуемой.

Опыт показывает, что прием одновременно четырех препаратов повышает уровень нежелательных побочных реакций экспоненциально. По словам Дугласа По (Douglas S. Raauw), преподавателя Вашингтонского университета, чтобы избежать худшего, «нужно понимать, когда вы ступаете на опасную территорию».

Банк данных

Но вот в чем загвоздка. Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (*FDA*) США фиксирует данные о побочных эффектах всех известных лекарственных средств и о взаимодействиях между ними в своей *Adverse Event Reporting System*. Однако никто не может знать обо всех — и даже о большинстве — этих эффектов и ответить на вопрос, не возник ли тот или иной случай. Клинические испытания

новых препаратов обычно не затрагивают вопросов, связанных с их взаимодействием с другими медикаментами, пока не получено разрешение на применение «новичков». Такие испытания занимают только целевым препаратом; они не очень продолжительны, и в них участвует недостаточное количество испытуемых. Поэтому *FDA* вынуждено полагаться в основном на результаты наблюдений лечащих врачей.

Нигам Шах (Nigam H. Shah), преподающий биоинформатику в Медицинской школе Стэнфордского университета, надеется изменить ситуацию, суммируя онлайн-данные, поступающие от пациентов, и информацию, передаваемую врачами на фармацевтический сайт *UpToDate*. Основываясь на данных 16 млн источников — электронных записях диагнозов, предписаниях лечащих врачей, результатах клинических обследований, охватывающих примерно 3 млн человек, — Шах с коллегами недавно получил предварительные данные о связи между частотой инфарктов и при-

Клинические испытания новых препаратов обычно не затрагивают вопросов, связанных с их взаимодействием с другими медикаментами. Они занимают только целевым препаратом, не очень продолжительны, и в них участвует недостаточное количество испытуемых. Поэтому *FDA* вынуждено полагаться в основном на результаты наблюдений лечащих врачей

емом группы сердечных препаратов, продающихся под названиями прилосок и превасид. По данным Шаха, прием препаратов этого типа, прописываемых в США за год 21 млн раз, повышает число инфарктов на 16%. Такого рода корреляция, однако, не рассматривается как причинно-следственная, и в инструкции к препаратам о ней не упоминается.

Генетическое тестирование

Коренной перелом в предсказаниях подверженности того или иного пациента вредному воздействию комбинаций различных препаратов может наступить благодаря привлечению данных о его генетическом статусе. «Метаболизм лекарственных веществ у разных людей протекает не совсем

одинаково», — говорит По. И благодаря применению численных методов в биологии мы начинаем выявлять связь между генными вариациями и различиями в том, как организм абсорбирует, распределяет, метаболизирует и выводит те или иные лекарственные вещества.

Генетик Сюзанн Хага (Susanne Haga) из Центра персонифицированной и прецизионной медицины при Университете Дьюка исследует, как наиболее эффективно использовать быстро накапливающиеся генетические данные для предупреждения возможных нежелательных последствий комбинированной терапии. Обнаружилось, что в течение последних 12 месяцев 17% фармацевтов использовали в своей работе результаты генетического тестирования (не обязательно предписанного врачом). Многие из них сегодня предлагают пройти такое тестирование пациентам, принимающим клопидогрил (препарат, разжижающий кровь), с тем чтобы убедиться в отсутствии генных вариантов, продукты которых могли бы с ним взаимодействовать.

Хага не пытается выявлять неизвестные ранее побочные эффекты. Просто она хочет быть уверенной, что уже установленные генетически обусловленные нежелательные эффекты всесторонне изучены и идентифицированы. Чтобы облегчить генетическое тестирование и анализ его результатов, она решила создать компьютерную сеть *Community Pharmacist Pharmacogenetic Network*. Сегодня никакого общенационального банка данных, куда стекалась бы соответствующая информация, не существует, но Хага надеется на помощь участников проекта *Precision Medicine Initiative*, осуществляемого под эгидой Национальных институтов здравоохранения.

Поскольку одному пациенту часто прописывают сразу несколько препаратов и один из них может взаимодействовать с продуктами нескольких генов, Хага полагает, что в будущем придется проводить превентивное тестирование, чтобы идентифицировать ключевые гены, определяющие способность организма метаболизировать различные лекарственные вещества. Такого рода тесты, конечно, очень дороги, и сегодня приходится довольствоваться однократным тестированием.

Альтернативы

Тем временем FDA пытается найти другие подходы к выявлению потенциально опасных взаимодействий между лекарственными препаратами еще до того, как они проявились. В Центре по исследованию лекарственных средств ведутся работы по созданию компьютерных моделей, которые позволяли бы оценивать, как один препарат влияет на концентрацию другого в условиях, когда оба они метаболизируются при участии одного и того же фермента. Зная концентрацию препарата

и время, за которое каждый из них распределяется по всему телу, можно предсказать, как они будут взаимодействовать.

Этот подход уже привел к определенным результатам. В инструкции к противораковому препарату под названием ибрутиниб отмечается, что его концентрация может значительно повыситься при одновременном приеме эритромицина, ингибитора CYP3A, и понизиться в присутствии эфавиренца, средства против ВИЧ. К этим выводам исследователи пришли не в результате клинических испытаний, а с помощью компьютерного моделирования.

Беспокойство вызывает тот факт, что многие компании, вероятнее всего, не согласятся предоставлять информацию о разрабатываемых лекарственных средствах (об их метаболизме или оптимальной дозе), которая необходима для построения работающей компьютерной модели. Такая информация может быть коммерческой тайной, разглашение которой нанесет ущерб производителю.

FDA пытается также найти новые способы составления инструкций по применению препаратов, которые служили бы руководством как для врачей, так и для пациентов. Некоторые из таких нововведений уже используются применительно к недавно одобренным FDA препаратам.

К сожалению, предусмотреть все невозможно, особенно если учесть, что реестр медикаментов и пищевых добавок стремительно расширяется. Одно из возможных паллиативных решений могло бы состоять в том, чтобы наиболее детально исследовать потенциальный риск взаимодействия между чаще всего назначаемыми препаратами. Примерно треть инцидентов, случающихся с 100 тыс. ежегодно госпитализируемых больных преклонного возраста, связаны с приемом тромболитического препарата варфарина. Беспокойство вызывают и другие тромболитики, а также инсулин и гипотензивные препараты. Если бы лечащие врачи уделяли больше внимания хотя бы десяти наиболее часто назначаемым медикаментам, многих проблем, связанных с их взаимодействием с другими препаратами, удалось бы избежать.

Свою долю ответственности должны нести и пациенты. Им стоит разузнавать о назначенных препаратах все, что только возможно, и ставить в известность лечащих врачей об уже принимаемых лекарствах, об употреблении алкоголя и марихуаны, а также о любых побочных эффектах. ■

Перевод: Н.Н. Шафрановская



Неписанные **ЗАКОНЫ**

Марк Дингеманзе и Ник Энфилд

Лингвисты путешествовали по всему миру, чтобы проанализировать 31 язык, и сделали потрясающее открытие: повсюду собеседники соблюдают одни и те же правила коммуникации

МАТЕРИАЛ ПРЕДОСТАВЛЕН
НАШИМИ КОЛЛЕГАМИ ИЗ ЖУРНАЛА

GEHIRN UND GEIST

(ГЕРМАНИЯ)



Вопрос, как звери общаются друг с другом, имеет длинную и красочную историю. В 1950-е гг. Николас Тинберген (1907–1988) начал наблюдение за колюшками в брачный период. Именно тогда нидерландский биолог обратил внимание на то, что животы самцов светятся ярким красным цветом, когда они обозначают свои владения и строят гнезда. Цвет сдерживает потенциальных соперников. В брачный сезон колюшки оказываются чрезвычайно агрессивными и атакуют все красное, что оказывается рядом с их территорией, — будь то кубики, которые Тинберген держал перед аквариумом, или красные машины, которые проезжают мимо окон лаборатории.

Тинберген был первым, кто совместил наблюдение за естественным поведением с систематическими экспериментами и основал тем самым сравнительную этологию. Это принесло ему Нобелевскую премию 1973 г. в области физиологии и медицины и переросло в классическую методику изучения общения животных. Очевидно, что подход, который показал себя настолько успешным в исследовании животных, не могли не попытаться применить к людям. Что могут рассказать наши повседневные беседы о структуре языка?

Мы думаем, что массу всего интересного. С 2005 г. наша команда, состоящая из лингвистов из разных стран, регистрировала обычные разговоры людей, а затем анализировала их в нашей лаборатории в Институте психолингвистики Общества Макса Планка в Неймегене (Нидерланды). В результате выяснилось, что язык обладает некоей структурой, превосходящей грамматику и действующей более непосредственно, чем сами слова, которые мы используем. Как представляется, эта «инфраструктура» языков весьма сходна в самых различных культурах — неважно, находимся ли мы на рисовых полях Лаоса или во фьордах Исландии.

Больше чем половину нашего бодрствования мы проводим с другими людьми. Конечно, в это время мы перебрасываемся словами друг с другом. Таким образом мы укрепляем отношения, обмениваемся информацией и выстраиваем социальные взаимодействия.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- 1 Изучение повседневных разговоров раскрывает четкие связи стандартов коммуникации, которые выходят за культурные и языковые рамки.
- 2 В разговорах мы избегаем пауз и стараемся не перебивать собеседника. Молчание, длящееся всего лишь менее чем полсекунды, уже заставляет нас насторожиться.
- 3 В разговорах мы интуитивно заботимся о том, чтобы правильно понять друг друга, часто прибегая для этого к коротким вопросам, простейший из которых — «А?».

ОБ АВТОРАХ

Марк Дингеманзе (Mark Dingemanse) — лингвист, ведет исследования в Институте психолингвистики Общества Макса Планка в Неймегене (Нидерланды).

Ник Энфилд (Nick Enfield) — профессор лингвистики в Сиднейском университете (Австралия).

Несомненно, мы были не первыми, кто рассмотрел язык повседневности «под лупой». Направление исследований анализа коммуникаций было задано еще в 1970-е гг. Важную роль в этом сыграл социолог Харви Сакс (Harvey Sacks) из Калифорнийского университета в Ирвайне. Он анализировал звонки, поступающие по горячей линии в центр по профилактике самоубийств в Лос-Анджелесе, и его восхитило, как упорядоченно проходят эти переговоры. Речь обоих собеседников была предельно ясной, и чаще всего говорил лишь один из них.

Как самому преуспеть в подобных исключительных обстоятельствах? Совместо с Эмануэлем Шеглоффом (Emanuel Schegloff) и Гейлом Джефферсоном (Gail Jefferson) Сакс продемонстрировал, как мы, вступив в коммуникацию, придерживаемся ряда простых негласных правил, которые определяют очередность вступления собеседников в разговор. Как полагают исследователи, сама грамматика помогает в этом. Например, слова «Я знаю владельца» образуют законченное высказывание. Мы интуитивно ждем, что после слов «я знаю» что-то последует. Благодаря грамматике мы можем также понять, когда в разговоре приходит наша очередь что-то сказать.

Манипуляции с разговорами

В 2006 г. один из нас (Ник Энфилд) возобновил совместные исследования с психологами Холджером Миттерером (Holger Mitterer) и Яном де Руйтером (Jan de Ruiter) в Неймегене. Мы записывали телефонные разговоры и обрабатывали их. Нужно было сделать заключение, с помощью каких сигналов собеседник понимает, что настала его очередь говорить.

Некоторым респондентам мы давали прослушать настоящие телефонные разговоры между друзьями. Другая группа слушала обработанные записи, но с одним отличием: голоса были искажены так, чтобы они звучали монотонно — без акцентов, высоких и низких нот, как у роботов. Третьей группе достались записи, в которых была интонация, но фильтр так же сильно искажал слова. Поэтому респонденты не могли понять содержание разговора.

Результат: участники эксперимента могли легко предсказать, когда металлический голос робота заканчивает предложение. Гораздо труднее было

респондентам отделить речь одного собеседника от другого, когда присутствует только интонация, а сами слова не распознаются. Судя по всему, грамматика играет важную роль в направлении разговора.

Мы не только точно знаем, когда в разговоре приходит наш черед говорить, но и обычно привязываем свои слова к тому, что только что было сказано. В 2006 г. мы изучали, через какой промежуток времени начинает говорить человек после того, как договорил его собеседник. В большинстве из 1,5 тыс. диалогов, изученных нами, моменты молчания или перебивания появлялись в редких случаях: в среднем проходит всего 200 миллисекунд между речевыми блоками — это меньше, чем нам требуется, чтобы моргнуть. Следовательно, мы ведем разговор так быстро, что должны успеть подумать о том, что скажем дальше, пока наш собеседник еще говорит. Только в этом случае мы можем сказать нашу следующую фразу без неестественно длинной паузы.

Эти результаты основаны на исследованиях голландского и английского языков, которые тесно связаны между собой. Однако идиомы во всем мире частично отличаются друг от друга звучанием, выбором слов и построением предложений. Мы хотели знать, на всех ли языках мира люди говорят так же оживленно или представителям некоторых культур необходимо больше времени для вербальной коммуникации.

Где «Э», а где «А»

Немцы говорят *hā?*, испанцы *eh?*, а исландцы *ha?*, когда они что-то не поняли. В зависимости от идиом исследователи нашли вопросительные слова в 31 языке.

В порядке очереди

В 2009 г. совместно с Таней Стиверс (Tanya Stivers) мы впервые начали системное изучение этого вопроса. С командой из десяти человек мы провели полевые исследования в различных местах, расположенных на пяти континентах. Мы ознакомились с местными диалектами и обычаями, записали повседневные разговоры на видео. Тогда мы выделили 350 последовательностей «вопрос — ответ» и измерили, сколько времени прошло между соответствующими речевыми блоками. Результат: все люди, по-видимому, пытались как можно реже перебивать друг друга и в то же время избегать долгих пауз. Между высказываниями собеседники молчали в среднем около 200 миллисекунд.

Конечно, при разговоре мы ожидаем какой-либо реакции собеседника. Для общения недостаточно только замечать, когда приходит твоя очередь, — коммуникация становится совместным делом, подчиненным определенным правилам. У животных этого нет. Хотя и они время от времени откликаются на зов собратьев, но их реакции ни в отношении тайминга, ни в отношении последовательности не согласованы друг с другом. Кроме того, обычно сообщения,



Универсальная лексика:

короткие словечки типа «А?» стимулируют человеческое общение по всему миру

посылаемые животными, крайне просты, например: «Я здесь» или: «Осторожно, опасность!». Как правило, подразумевается не вербальная реакция.

Однако у человека подобное ожидание так глубоко укоренилось, что любое отклонение нуждается в интерпретации. Представьте, что политик колеблется перед ответом на вопрос о местонахождении денег налогоплательщиков! Или как бы вы себя чувствовали, если кто-то медлит или молчит, прежде чем примет или отклонит ваше приглашение. В такие моменты даже самая короткая пауза воспринимается как уклонение от ответа.

Лингвисты Фелисия Робертс (Felicia Roberts) и Александр Фрэнсис (Alexander Francis) из Университета Пердью тщательно изучали этот вопрос. В одном из экспериментов они работали с записями, в которых просьба собеседника (например, «Можете ли взять меня с собой?») была встречена ответом «Конечно!». Исследователи меняли время между вопросом и ответом и проигрывали эти последовательности группе. В итоге респонденты должны были оценить готовность говорящих идти на контакт. Когда приходилось ждать ответа более чем 500 миллисекунд, респонденты предполагали, что запрос был встречен неохотно, даже если ответ был «Конечно!».

Ответ же наконец!

Респонденты этого исследования были американцами. Исследователи захотели узнать, как интерпретируют подобные паузы в разговоре люди из разных уголков Земли. Они начали изучать восприятие коротких пауз в беседе в итальяно- и японоговорящих странах. И снова было обнаружено, что чем дольше пауза, тем меньше предполагаемая вероятность услышать положительный ответ на заданный вопрос.

Вероятно, на то есть полное основание: позитивные реакции на всех языках выражаются быстрее, чем отрицательные. Отклонение от среднего времени отклика, таким образом, считают показателем энтузиазма собеседника. Кроме того, люди всех культур имеют склонность к быстрой социальной оценке. Причина, вероятно, кроется не столько в особенностях конкретного языка, сколько в целом в человеческой коммуникации.

Беседы ведутся в определенном ритме, отклонения от привычной схемы имеют последствия для социального взаимодействия. Тем не менее не все разговоры проходят идеально. Что произойдет, если человек не расслышит или пропустит слова собеседника? Такое нарушение связи может спровоцировать серьезные недоразумения, если не воспользоваться вторым шансом. Здесь нам на помощь приходит простой инструмент — вопрос «А?»

Каждый из нас использовал его бесчисленное множество раз и, возможно, еще более часто слышал. Он может иметь универсальное значение, как показал анализ 200 разговоров на 31 различных

Вербальная битва

Обычно вопросы и ответы в разговоре быстро следуют друг за другом. Причина в том, что даже совсем короткая пауза пробуждает недоверие или провоцирует неопределенность.

языках. От Ганы до Италии, от Исландии до Японии, как мы выяснили, реже или чаще звучит вопрос «А?». Он везде имеет одну и ту же функцию: прерывает поток разговора, чтобы говорящий повторил или пояснил то, что было сказано.

Этот звук может показаться простым или неспецифическим, но в рамках нашего исследования мы приходим к выводу, что он на самом деле представляет собой отдельное слово. Это высказывание не врожденное: младенец должен сначала выучить это слово, как и любое другое. Это не рефлекс: наши ближайшие родственники, шимпанзе и другие приматы, не выражают ничего подобного, в то время как чихают или икают они так же, как мы. Универсальное вопросительное слово в различных языках имеет индивидуальные нюансы в зависимости от местных языковых особенностей. Тем не менее это всего один слог с вопросительной интонацией. Кроме того, этот краткий звук (в английском, например, что-то вроде *uh*, в испанском — *eh*) произносится очень легко: достаточно открыть рот и произнести простой звук с вопросительной интонацией. «А?» и его вариации сигнализируют собеседнику, что существует проблема. Краткость и признак вопроса непосредственно побуждают к объяснению.

Что делает наш язык неповторимым

Мы, несомненно, нуждаемся не только в словечке «А?», чтобы склеить разговор. Каждая культура имеет собственную форму для объяснений. В немецком это выражается, например, так: «Что?», «Простите?», или «Ты имеешь в виду...». В записанных нами разговорах спикеры просили уточнений в среднем один раз в минуту. Регулярность и универсальность феномена указывают на то, что эти простые вербальные помощники ведут нас к взаимопониманию. Небольшие коммуникационные натяжки в конечном счете и делают наш язык уникальным.

Когда мы вновь анализировали наши данные в 2014 г., мы заметили, помимо всего прочего, культурную разницу: в таких больших, урбанистических обществах, как, например, Италия, Германия, Великобритания или Япония, часто используются вежливые междометия взаимопонимания. В небольших сообществах, например в племени аборигенов Северной Австралии, говорящих на языке муррин-пата, или у жителей острова Россель на юго-востоке Папуа — Новой Гвинеи, мы подобных любезностей не замечали.



Пауза более чем **500**
миллисекунд при ответе
на вопрос интерпретируется как
колебание.

Это может объясняться тем, что люди находятся в маленьких группах: на обоих языках говорят приблизительно от 2 тыс. до 3 тыс. человек, потребность в формальной вежливости невелика, потому что все так или иначе связаны с друг с другом — хорошо знакомы или состоят в родстве. Все указывает на то, что в городской культуре, помимо прочего, вежливые формы используются, когда собеседники социально неравноправны, например в общении между начальниками и подчиненными или между внуками с бабушками и дедушками. Может быть, вежливые слова, подобные «Простите?», сигнализируют о социальной асимметрии собеседников. Тем не менее для подобных выводов необходимы дальнейшие исследования.

Интересное открытие относительно тайминга произвел в начале 2015 г. наш коллега Кобин Кендрик (Kobin Kendrick). От заметил, что перед тем, как кто-то попросит пояснения каким угодно образом, будь то «А?» или «Что, простите?», проходит в среднем около 700 миллисекунд. Очевидно, мы сокращаем скорость нашей речи в моменты недопонимания автоматически, чтобы дать собеседнику исправиться или выразиться более понятно.

Что все это говорит нам о структуре языка? Прежде всего то, что разговоры по всему миру ведутся по установленным правилам. Люди говорят по очереди, чувствуют заранее, что сейчас придет их черед, и просят, если нужно, о пояснении. Такой вид взаимодействия, кажется, не знает культурных границ, и подобного не существует в животном мире. Такие механизмы, как упорядоченный обмен репликами, четкий тайминг и «ремонт»

разговора через междометия, подобные «А?», становятся краеугольными камнями нашего искусства речи. Существуют фундаментальные силы, способные склеить наши беседы и придать им смысл.

Универсальные элементы языка отражают то, что психологи обозначают как социальный интеллект: способность предвидеть, что наш собеседник подразумевает, думает или чувствует. Чем больше мы этому учимся, тем больше в конечном счете узнаем, что это такое — быть человеком. ■

Перевод: Е.С. Новоселова

Психоллингвистика: от «что» до «как»

Многие ученые изучают коммуникацию в контексте человеческого мышления. Лингвист Ноам Хомский, почетный профессор Массачусетского технологического института, исследовал то, как мы переводим мысли в слова и предложения, делая упор на внутреннюю структуру языка. Этот подход, восходящий к 1950-м гг., обращается к гипотезе, что разговоры и длинные речевые последовательности хаотичны.

Современные лингвисты, такие как наши авторы Марк Дингеманзе и Ник Энфилд, подходят с другой стороны: как мы используем слова и предложения, чтобы поделиться информацией и создать социальные сети. Тем самым они показывают социальные корни и функции языка. Они хотят выяснить, как структура разговора позволяет нам делиться мыслями, желаниями и намерениями. Подобный подход к языковым феноменам способствует глубокому пониманию не только того, что мы говорим, но и причин, почему мы это говорим.

ОБ АВТОРЕ

Дэвид Поуг (David Pogue) — главный обозреватель портала персональных информационных технологий *Yahoo Tech*, ведущий нескольких мини-сериалов производства компании *NOVA* на канале *PBS*.



Восстание роботов

Готовы ли мы к тому, чтобы миром правили разумные машины?

Почти всю свою жизнь я относился к роботам скептически. В фантастических фильмах эти создания умели ходить и разговаривать, нам внушали, что по своему интеллекту они похожи на нас — одним словом, крутые. Но прошли десятилетия, и роботы оказались всего лишь автоматизированными манипуляторами на конвейерах по сборке автомобилей.

Впрочем, за последние три года кое-что изменилось. Самоуправляемые автомобили проехали по дорогам общего пользования более 2 млн миль. Дроны стали достаточно умны, чтобы уклоняться от поражающих объектов. И неожиданно для всех двуногие шагающие роботы оказались реальностью.

Светила науки и техники наших дней, в том числе Билл Гейтс, Стивен Хокинг и Элон Маск, предупреждают об опасности, исходящей от все более и более умных машин. «Полноценный



искусственный интеллект в конце концов может привести к гибели всего человечества», — заявил Хокинг в интервью *BBC*.

Этого достаточно, чтобы наше легко поддающееся панике общество перестало доверять искусственному интеллекту. Но почему насторожились Гейтс, Хокинг и Маск?

Как выяснилось, все трое отреагировали на инициативу профессора Массачусетского технологического института Макса Тегмарка (Max Tegmark). В 2014 г. он стал одним из учредителей некоммерческой организации под названием *Future of Life Institute (FLI)*, цель которой — выявление отрицательных сторон применения искусственного интеллекта.

«Гораздо менее опасные технологии, такие как добывание огня, многократно приводили к трагическим инцидентам, — сказал мне Тегмарк. — Затем был изобретен огнетушитель, и это решило проблему. Но нам хотелось бы, чтобы с более мощными технологиями, каков, например, искусственный интеллект, все обошлось без ошибок сразу».

Беспокоит, что как только искусственный интеллект достигнет определенного уровня, он сможет ежечасно или ежеминутно неконтролируемо совершенствовать свое программное обеспечение. В скором времени он станет настолько умнее человека, что мы даже не можем вообразить, чем это обернется. «Он может оказаться как замечательным, так и ужасным», — говорит Тегмарк.

В многочисленных фантастических рассказах Айзека Азимова роботы подчиняются трем законам робототехники. Так, согласно первому закону, «робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред». Это ли не некий вид самозащиты программного обеспечения?

«Симптоматично, что почти во всех рассказах Азимова эти законы так или иначе нарушаются», — говорит Тегмарк.

Машины, запрограммированные на беспрекословное подчинение человеку, могут повести себя совершенно неожиданным образом. «Если вы дадите команду своему сверхинтеллектуальному автомобилю доставить вас в аэропорт как можно быстрее, он домчит вас к месту назначения — но вы прибудете туда, преследуемые вертолетами, а по дороге вас будет ужасно тошнить». Этого изобретение не предусматривало.

Однако есть и более серьезные проблемы. В июле 2015 г. группа Тегмарка опубликовала открытое

письмо, в котором выражалась обеспокоенность по поводу возрастающей опасности применения самоуправляемого оружия — мечты террористов. (Это письмо подписали 2,5 тыс. ученых, инвесторов, предпринимателей и экспертов в области робототехники, среди них Хокинг, Маск и соучредитель компании *Apple* Стив Возняк.) В ООН продолжаются дискуссии о запрете производства оружия на основе искусственного интеллекта.

Что касается нашей повседневной жизни, то роботы скорее всего освободят нас от наиболее скучной и монотонной работы или легко автоматизируемой деятельности. Так, они смогут выполнять обязанности работников склада, служащих налоговой инспекции, помощников юриста (некоторые банки Японии уже используют роботов для обслуживания клиентов). «Что касается воспитателей детского сада или массажистов, то заменить их роботами будет сложнее», — говорит Тегмарк. По его мнению, даже если не касаться финансовой стороны дела, уменьшение количества рабочих мест будет также означать снижение возможности реализации человеческого потенциала. «Сегодня наши замыслы так тесно связаны с выбором рода деятельности! Мы много размышляем над тем, в какой профессии наиболее полно раскрылись бы

наши возможности. Что это будет: образование, гуманитарные или естественные науки, культура, сфера обслуживания или что-то другое?»

Такого рода размышления подтолкнули Маска (соучредителя автомобильной компании *Tesla Motors* и основателя компании *Space X*) к пожертвованию *FLI* \$10 млн (и оказанию помощи — вместе с Хокингом и другими — в виде научного консультирования). К этой некоммерческой организации уже обратились сотни соискателей грантов, десятки из них получили финансирование. Сегодня *FLI* занимает лидирующие позиции в данной области.

Все это приводит нас к выводу: искусственный интеллект вовсе не означает, что наша жизнь оскудеет и человечество впадет в депрессию оттого, что ему нечем будет заняться. «У искусственного интеллекта огромный потенциал — он поможет людям исцелиться от самых разных болезней, искоренить бедность, заселить далекие миры. Нужно лишь правильно этим потенциалом распорядиться. Давайте не будем плыть по течению, как корабль без руля и ветрил, лучше следовать выверенным курсом», — говорит Тегмарк. ■

Перевод: С.Э. Шафрановский



Выходит 6 раз в год

Познавательный журнал для хороших людей

Академик Н. Н. Моисеев: «Когда я думаю о М. А. Лаврентьеве, то мне невольно приходят на ум личности эпохи Возрождения — тот же масштаб интересов и деятельности, то же неистовство стремлений и желаний, то же отсутствие боязни в своих начинаниях... Люди такого масштаба рождаются нечасто. Они составляют соль нации, создают образ эпохи»

Заочная физико-математическая школа при НГУ, отметившая в 2015 г. полувековой юбилей, многие годы существовала почти «нелегально» — практически на энтузиазме студентов, а первым официальным документом стал ... приказ об их увольнении из школы

Проект Брунса-Брейтфуса по созданию трансарктического сообщения на дирижаблях, представленный Советскому правительству в 1924 г., должен был совершенно преобразить жизнь в Сибири, разрешив «столетнюю сибирскую проблему соответственно ее высокому культурно-политическому и экономическому значению»

www.scfh.ru

Senior Vice President and Editor in Chief:

Mariette DiChristina

Contributing editors:

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

Executive Editor:

Fred Guterl

Managing Editor:

Ricki L. Rusting

Managing Editor, Online:

Philip M. Yam

Design Director:

Michael Mrak

News Editor:

Robin Lloyd

Senior Editors:

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

Associate Editors:

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

Podcast Editor:

Steve Mirsky

Art director:

Ian Brown

President:

Steven Inchcombe

Executive Vice President:

Michael Florek

Vice President and Associate Publisher,

Marketing and Business Development:

Michael Voss

Vice President, Digital Solutions:

Wendy Elman

Adviser, Publishing and Business Development:

Bruce Brandfon

© 2015 by Scientific American, Inc.

Читайте в следующем номере:

Эффект пирамиды

Строительство самого знаменитого исторического памятника Египта породило социальную организацию, которая изменила мир.

«Здесь» — это где?

Наше ощущение Вселенной как упорядоченного пространства, где события происходят в строго означенном месте, иллюзорно.

Детский лепет

Каждый ребенок — природный лингвист, и любой из 7 тыс. языков мира может стать для него родным.

Детектор болезней

Крошечные зонды позволяют обнаружить возбудителя инфекции за 20 минут и могут делать это прямо в кабинете врача.

Битва за оливы

Взаимное недоверие между фермерами и учеными может навредить оливковым рощам сильнее, чем те опасные бактерии, с которыми идет борьба.

Идеи, изменяющие мир

Лучшая десятка прорывных разработок, способных улучшить качество жизни, преобразовать вычислительную технику и даже, возможно, спасти нашу планету.

170 лет Scientific American

Прузинер о прионах, Солк о полиомиелите, Бернерс-Ли о Всемирной паутине, Бете о бомбе, Эдисон о лампочке, Дарвин о детях — и многое другое из архивов одного из старейших научных журналов.

Война телескопов

Ожесточенное соперничество между тремя группами ученых в итоге застопорило прогресс в создании больших телескопов — главной надежды фундаментальной астрономии.

Геномика для народа

В детской клинике, поддерживаемой аманитами и меннонитами, доказано, что ультрасовременные научные достижения уже прямо сейчас можно поставить на службу предотвращению генетических заболеваний.



Что убило динозавров?

Падение метеорита было достаточно плохой новостью. Но еще хуже был сам момент.

Просто добавь память

Принцип действия новых видов электронных компонентов компьютера будет напоминать работу скорее нейронов, чем транзисторов; в результате появится принципиально новый способ вычислений, который позволит радикально снизить энергопотребление и увеличить скорость обработки данных.

Наука Сибири

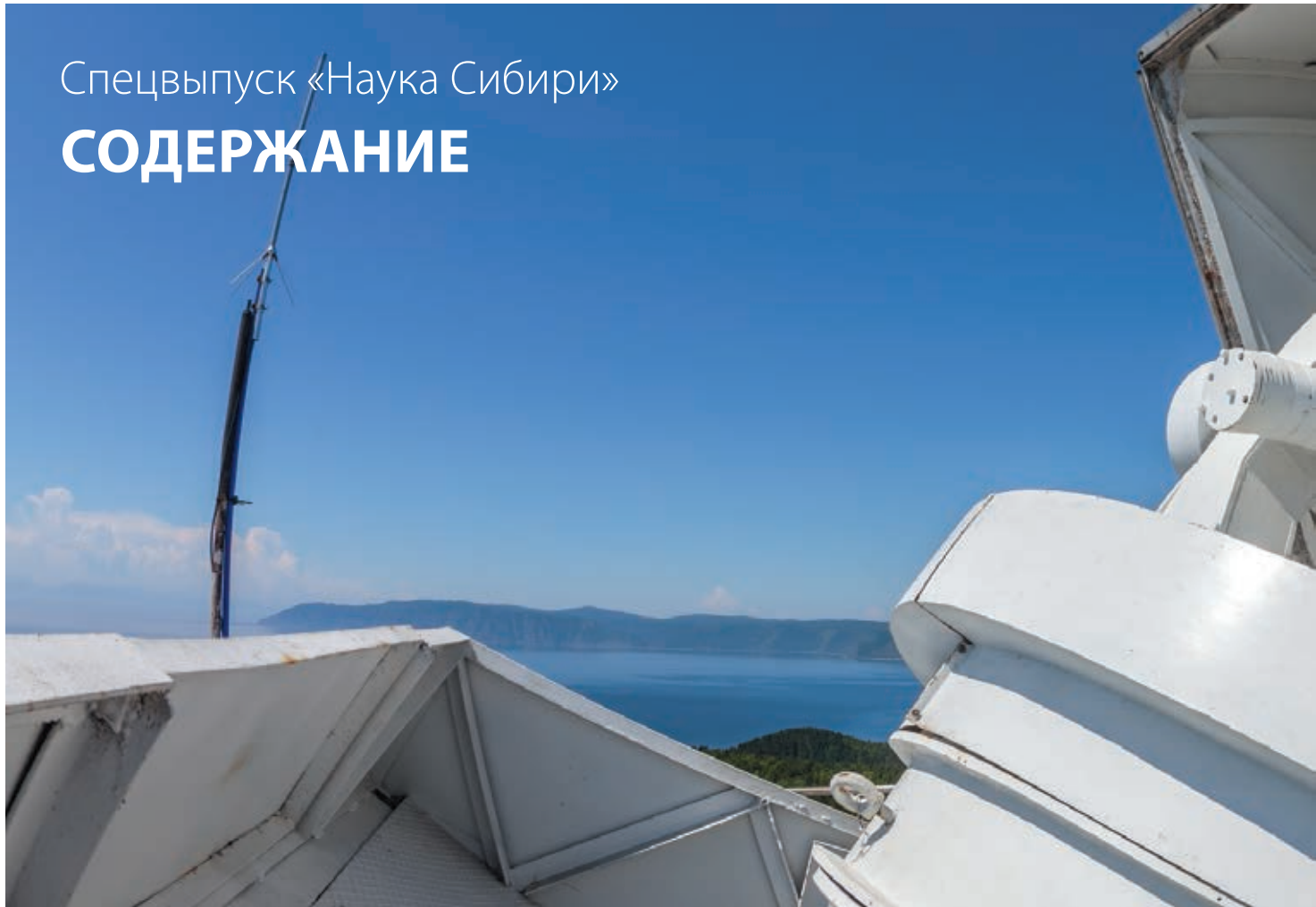
Спецвыпуск

12 2015

«Чем масштабнее будет
развиваться Сибирь,
тем быстрее будет расти мощь
всего нашего государства».

Академик
М.А. Лаврентьев





НАУКА И ОБЩЕСТВО

Российская наука: время испытаний 114

Председатель Сибирского отделения РАН академик **Александр Асеев** — о достижениях и трудностях в работе академии

ФИЗИКА СОЛНЦА

Земное эхо солнечных бурь 122

Научный руководитель иркутского Института солнечно-земной физики, заместитель председателя СО РАН по координации мегапроекта по созданию Национального гелиофизического комплекса РАН академик **Гелий Жеребцов** — о работе над проектом

ИННОВАЦИИ

Лечение импортозависимости: омский рецепт 134

Каковы перспективы нового омского кластера, рассказывает научный руководитель ОНЦ СО РАН член-корреспондент РАН **Владимир Лихолобов**



РЕИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ

В поисках недостающего звена 138

Как активизировать потенциал Новосибирской области, знает заместитель директора Института экономики и организации промышленного производства СО РАН **Вячеслав Селиверстов**

Сибирский путь от научной идеи до внедрения 144

Главное — найти работоспособные механизмы взаимодействия бизнеса и науки, полагает директор Института физики полупроводников СО РАН член-корреспондент РАН **Александр Латышев**





ФАРМАКОЛОГИЯ

Химия здоровья

О работе Иркутского института химии СО РАН рассказывает его научный руководитель академик **Борис Трофимов**

150

Время для новых подходов

Введение новых подходов в практику требует времени, считает заместитель председателя СО РАН, руководитель отдела экспериментальной и клинической нейронауки в НИИ физиологии и фундаментальной медицины академик **Любомир Афтанас**

158

МЕЗОМЕХАНИКА

Философия новых материалов

О новом научном направлении — директор Института физики прочности и материаловедения член-корреспондент РАН **Сергей Псахье**

162

ФАРМАКОЛОГИЯ

Механохимия — фармацевтике

Сибирские химики из Института химии твердого тела и механохимии СО РАН и Новосибирского института органической химии СО РАН — о последних достижениях российской науки

166



166



114



Российская наука:

ВРЕМЯ ИСПЫТАНИЙ



Доктор физико-математических наук, вице-президент Российской академии наук, председатель Сибирского отделения РАН академик **Александр Леонидович Асеев** рассказал нашему журналу о достижениях и трудностях в работе академии, а также о научных прорывах, которые непременно произойдут в ближайшем будущем

Российская наука, как и советская, никогда не работала в тепличных условиях. Тяжелейшим испытанием для нее стали 90-е гг. прошлого века, но и сейчас академия живет в условиях проверки на прочность

— **Александр Леонидович, третий год российская наука живет по новым правилам. Чем великим за прошедший период может похвастать РАН в целом и СО РАН в частности?**

— Российская наука, как и советская, никогда не работала в тепличных условиях. И финансирование — это вовсе не главная проблема. Тяжелейшим испытанием для нас стали 90-е гг. прошлого века, но и сейчас академия живет в условиях проверки на прочность. Насколько я понимаю, по замыслу безвестных реформаторов ожидалось, что от Российской академии наук давно уже осталась только оболочка, начнется реформа — и РАН рассыплется сама собой. На самом деле ничего подобного не произошло. Академия во многом консолидировалась, особенно это касается Сибирского отделения. Встряска пошла на пользу академии: начался процесс отделения зерен от плевел. Есть коллективы, которые выдают прекрасные результаты, и их много, а отстающие тоже не собираются сдаваться — за редчайшим исключением.

— **Было много опасений, что, если уйдут старые директора, все рухнет.**

— Уходящее поколение академиков, безусловно, имеет колоссальный опыт и авторитет в научном мире как в России, так и за рубежом. Но кроме таланта и знаний нужна энергия. Мы-то видим, что все правительственные структуры на поколение, на два и даже на три моложе тех, кто работает и руководит в академии. Молодая генерация директоров академических институтов в Сибирском отделении — блестящие молодые люди. Они высокопрофессиональны, энергичны, обладают мощной базой знаний, прекрасно говорят на английском и хорошо адаптированы в научном сообществе.

В июне этого года в Новосибирске прошел крупный международный форум технологического развития «Технопром», в котором участвовали руководители высокотехнологических российских предприятий, приехала большая делегация японских бизнесменов во главе с послом Японии. Летом нас навестила также



Председатель Сибирского отделения РАН академик А.Л. Асеев

представительная делегация Индии, приезжали коллеги из германского Института полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера. Благодаря энергии и задору молодых директоров встречи прошли очень продуктивно. Они хорошо себя проявляют — и как ученые, и как организаторы.

Что касается продуктивности, надо отметить две отрасли науки, успехи в которых меня впечатляют больше всего. Во-первых, ядерная физика. Недавно в нашем Институте ядерной физики СО РАН им. Г.И. Будкера — а это крупнейший институт в системе РАН — мы встречали полномочного представителя президента в Сибирском федеральном округе — генерала армии Н.Е. Рогожкина. Он был настроен очень по-боевому, бескомпромиссно, как принято у генералов, задавал много вопросов по сути проблем, вникал во все детали. По окончании визита он очень высоко оценил работу института, признал его уникальным, ведь результаты фундаментальных исследований высокого уровня действительно впечатляют.

— **Чем же удивили генерала?**

— Показали очень много сложных научных установок: ускоритель на встречных пучках, самые сложные детекторы ядерных частиц, системы

электронного охлаждения, позитронный генератор, ускоритель, который входит составной частью в мегапроект «Супер-чарм-тау-фабрика»... Рогожкин спросил, для чего мы занимаемся ядерной физикой, ведь после войны развивать это направление было необходимо для создания бомбы, а сейчас зачем? Недавно назначенный директор института член-корреспондент РАН П.В. Логачев не растерялся. Он, кстати, молодой, ему всего 50 лет. Объяснил, что сейчас физика стоит перед вызовами, для которых и строятся эти громадные установки. Мы очень мало знаем о том, как устроен мир вокруг нас, что происходит в космофизике (образование сверхновых, черные дыры, разбегание галактик с все увеличивающейся скоростью), неясна природа темной материи и темной энергии. Будущие физические открытия приведут к переворотам и в энергетике, и вообще в понимании того, что происходит в мире больших энергий. Эта пояснение очень понравилась генералу.

— **Генералу пришлось по душе, что вы преследуете сугубо мирные цели?**

— Не только. Сколько мы бы ни говорили о стремлении к миру и разоружению, развитие и совершенствование вооружений с той или иной степенью интенсивности идут постоянно. Сейчас важна область, где моделируются процессы, связанные с атомным оружием, происходит его компактирование, увеличение эффективности и т.д. Институт ядерной физики выполняет очень большую и важную работу в этой области для нашего ведущего ядерного центра в Снежинске.

Институт имеет также производственную базу и выступает крупнейшим экспортером Сибирского региона среди предприятий высокотехнологического профиля. Он поставляет за рубеж ускорители разного типа, которые очень востребованы. У них много приложений: обеззараживание зерна, термоусадка кабельной продукции, стерилизация медицинского инструмента и т.д. В лучевой медицине разработки института тоже крайне востребованы, это мощно развивающееся направление высшего мирового класса.

— **Это все ядерная физика. Но вы сказали о двух отраслях.**

— Происходит много важнейших изменений в направлениях, связанных с биологией, медициной, фармацевтикой. Здесь тоже появляются результаты прорывного характера. Этому будет

посвящена декабрьская научная сессия РАН. Например, президентскую премию для молодых ученых в феврале этого года получил один из молодых ученых нашего Института химической биологии и фундаментальной медицины Никита Кузнецов. Он занимается проблемой регенерации ДНК. Кстати, в этой же области исследований сейчас получена Нобелевская премия по химии учеными из Швеции и США, один из лауреатов из США — турок по происхождению. Есть в том же институте еще один талантливый молодой ученый, Максим Филипенко. Он получил из рук министра здравоохранения В.И. Скворцовой премию Минздрава «Призвание» за работы примерно в том же направлении.

Суть в том, что мы живем в условиях, когда организм подвергается колоссальному количеству воздействий. ДНК — это цепочка длиной почти в миллиметры, но очень тонкая — два-три межмолекулярных расстояния, толщина до нанометра. В ДНК возникают повреждения из-за внешних факторов — света, радиации, различных инородных молекул, поступающих в организм с питанием, дыханием и т.д. Если представить ее в виде Транссиба, скорость повреждений и их количество таковы, что аварийные ситуации возникали бы через каждые 100 м. Но есть молекулярные механизмы, которые эти повреждения убирают, — такие своеобразные ремонтные бригады быстрого реагирования. Однако в какой-то момент организм перестает справляться, и тогда развиваются болезни вплоть до онкологии. Поэтому важно разрабатывать способы, помогающие регенерации ДНК.

— **Это уже медицина на генетическом уровне.**

— Совершенно верно. В этой области мы уже достигли много, но интересного впереди еще больше.

План по открытиям

— Планировалось, что ФАНО избавит нас от бюрократии. Однако она не просто выросла, а выросла многократно. Мы попали в качественно иную ситуацию. У нас работает очень уважаемый и заслуженный академик В.Е. Накоряков. Он недавно опубликовал в одном из номеров «Эксперта» статью о реформе РАН, где сравнил нашу ситуацию с описанной в произведениях Франца Кафки «Замок» и «Процесс». Один в один: мы сейчас имеем дело с каким-то бюрократическим абсурдом, а судьба РАН, которую обвиняют в неназываемых прегрешениях, в точности повторяет судьбу героя

«Процесса»! Основа понятна: наука — это сложное дело, требующее особой подготовки и талантов, но в ФАНО назначены люди в принципе хорошие, однако от науки далекие. Возможно, из самых благих побуждений они пытаются решить незнакомые им проблемы доступными им бюрократическими средствами.

— **Ставить задачи и определять результаты экспериментов приказами и директивами?**

— Грубо говоря, да. То, что Федеральное агентство научных организаций пытается решать сложные проблемы организации науки на основе формализованных процедур — опасное явление. Потому что в науке должны быть свобода поиска, открытость и демократия, строгая экспертиза научного сообщества, право на ошибку, хотим мы этого или нет.

— **Взаимоотношения РАН и ФАНО за последний год изменились. Что-то стало лучше — или, наоборот, хуже?**

— Нельзя сказать, что они такие ужасные, как иногда пишут (или приписывают участникам дискуссии о ходе реформ). Непрерывно идет поиск вариантов компромиссных решений. Но все-таки проблема, о которой говорил академик В.Е. Фортвов на президентском сове-

те в декабре прошлого года, так и осталась: центр управления должен по возможности максимально совпадать с центром компетенции. У нас периодически то одна структура заявляет, что она обладает лучшим набором компетенций, то другая. Сейчас на это претендует ФАНО, но реально это далеко не так.

Компетенции распределены, и я далек от мысли, что они все сосредоточены только в академии. Кадры высокого уровня, безусловно, у нас есть и в РАН, и в ГИЦ, и в университетах, и в ведущих корпорациях, но из-за высококонкурентной гонки за бюджетные ресурсы особой пользы для дела при настоящем уровне взаимодействия РАН и ФАНО нет. Это и характеризует с высоты птичьего полета взаимодействие академии с ФАНО. Работать надо вместе, используя в полной мере как компетенции и квалификацию членов РАН, так и управленческие таланты сотрудников ФАНО.

— **А как же правило двух ключей?**

— Оно полностью выхолощено. В конце мая появилось постановление правительства, в котором, по сути, ни о каких двух ключах речи нет. Просто ФАНО некоторые свои действия обязано согласовывать с академией. Если РАН имеет другую точку

Сегодня работать надо вместе, используя в полной мере как компетенции и квалификацию членов РАН, так и управленческие таланты сотрудников ФАНО

зрения, упирается или противодействует, в дело вступает арбитр в лице вице-премьера А.В. Дворковича. Я его очень уважаю, но при нем нет авторитетных и высококвалифицированных экспертов, которые бы ему подсказали правильное решение. Механизм взаимодействия РАН и ФАНО актуализирован лишь по формальным признакам, и это, наверное, самое важное, что должно быть исправлено в срочном порядке. Иначе не избежать серьезных потерь и серьезных проблем.

— Что положительного сделало ФАНО за прошедший год?

— Как-то разобралось с имуществом. У РАН никогда не было достаточно средств, а федеральное имущество в оперативном управлении РАН — весьма дорогостоящее и высоколиквидное. Понятно, что для академии приоритетом всегда было вложение средств в проведение исследований, а не в должное оформление имущества. В этом плане ситуация, конечно, улучшилась. Но чудес все-таки нет, поскольку ФАНО берет деньги из академического бюджета.

Последняя новация меня, как и моих коллег из директорского корпуса, глубоко потрясла. ФАНО объявило, что теперь налоги будут взysкивать не из бюджета, а из внебюджетных доходов институтов. Это может сильно осложнить финансовое положение институтов, потому что, как только заказчики узнают, что они должны будут содержать имущество академических организаций, платить налоги, интерес к ним резко уменьшится. Заказчики лучше заведут подобную структуру у себя, может быть, даже тех же людей возьмут. А это и есть разрушение науки как единого комплекса.

Еще одна проблема — люди. Я согласен с тезисом, что в каждой научной организации есть группа лидеров, которая двигает и прогресс, и науку. Но если из тысячи человек этих «двигателей» 100, и мы оставим их, а остальных 900 уволим, то из ста работать будут десять. Как сказал академик А.П. Кулешов, нужны подноскики снарядов. Должны быть инженеры, техники, лаборанты, каждый выполняет какую-либо полезную часть работы, а кому-то приходит в голову генеральная прорывная мысль. Но самое неприятное, что осуществляется федеральным агентством — это структуризация, а в последнее время — разбивка институтов на референтные группы с выделением организаций-«лидеров».

— Вы считаете, что это вещи опасные?

— В каких-то направлениях это правильно. Например, академия никогда не протестовала против объединения институтов бывшей сельскохозяйственной академии, агропромышленного комплекса. Там было много близких по тематике, но раздробленных и небольших научных организаций.

Но если мы сейчас начнем вокруг нашего Института ядерной физики сливать институты физического профиля, я думаю, будет колоссальный вред. Физика — это огромная область, которую можно уподобить гигантскому комплексу из различных зданий: в одном помещении исследуют элементарные частицы, в другом занимаются квантовой механикой, в третьем — физикой твердого тела и т.д. Объединение их непродуктивно. По моему глубочайшему убеждению, задача по проведению структуризации должна была быть поручена

РАН. Органы исполнительной власти, авторитет которых в научной среде сомнению не подвергается, должны определить граничные условия: какие бюджетные ресурсы имеются, какая нужна экспериментальная и технологическая база, какие материальные ресурсы потребуются

для развития того или иного направления. Наука — безусловно, дело дорогое.

Нам часто ставят в пример организацию науки в Германии с обществами Макса Планка, Гельмгольца, Фраунгофера и др. Федеральный бюджет упомянутого выше Института Вегенера (входит в состав Общества Гельмгольца), если я не ошибаюсь, составляет в общей сложности 130 млн евро, из них подавляющая часть — федеральные деньги, 8 млн евро — из бюджета регионов (земель) плюс 20 млн евро — грантовые и заказные поступления (внебюджетка). Институт может позволить себе содержать небольшой флот, включая ледокол, работающий как в Арктике, так и в Антарктике. Легко видеть, что любой институт в системе РАНкратно уступает по финансированию этому, заметим, не самому крупному германскому институту. Так, во время визита полпреда президента Н.Е. Рогожкина в Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука и обсуждения проблем исследования Арктики генерал искренне удивился тому факту, что РАН не имеет собственной авиации. Как же исследовать необозримые по территории и труднодоступные арктические

Весь суммарный бюджет академических институтов — это бюджет одного американского университета, причем среднего. Тем не менее у нас ресурсы расходуются более эффективно

Байкальская магнито-теллурическая обсерватория
(Байкал, остров Ольхон, поселок Узур)



и приполярные территории? А ведь весь суммарный бюджет академических институтов — это бюджет одного американского университета, причем среднего. Тем не менее у нас ресурсы расходуются более эффективно. Как в советском ОПК, когда рубль действительно позволял сделать больше, чем доллар.

— **Сейчас уже определен бюджет на следующий год? Его не урежут в связи с кризисом?**

— Последней информацией я не располагаю, но, по всем заявлениям, он настолько незначителен по отношению к грандиозности задач, подлежащих выполнению, что и резать особо нечего. Поэтому, надеюсь, и существенных сокращений не следует.

Вперед, в будущее!

— **Когда можно ожидать скачка, прорыва в фундаментальных науках, и в каких именно?**

— Наука развивается скачкообразно. Например, кто был до Ньютона, Галилея? Были мыслители — Сократ, Платон, Аристотель, Архимед... Процесс накопления научных знаний длился сотни лет, после чего в XVI–XVII вв. произошел прорыв. Классические науки — механика, физика — дали толчок многим уникальным технологиям. В конце XIX в. многие полагали, что в физике уже все сделано, все известно, там нечем заняться. А потом появились странные явления: спектры излучения, квантование энергии, относительность движения

и т.д. Родилась квантовая механика, которая даже ее основателям казалась чем-то аномальным и непонятным. Следующий прорыв произошел в середине XX в. именно благодаря новой физике, связанной с квантовой механикой и прогрессом в понимании строения атома: ядерное оружие, транзистор, лазер, компьютер. Развитие этих направлений, особенно связанных с лазером, физикой твердого тела, полупроводниками, обеспечило информационную революцию в конце прошлого века, которая продолжается и сейчас. Видимо, теперь предстоит прорыв в биологии, но когда это произойдет, предсказать никто не может, поскольку там колоссальное количество вариантов развития событий. Неизвестно, когда и в чем именно будет прорыв, но он непременно произойдет.

— **По-вашему, мы находимся близко к этому рубежу?**

— Да, очень. Когда я полтора десятка лет назад увидел фотографию мухи, у которой с помощью методов геной инженерии глаз вырос не там, где положено, а на лапке, мне стало понятно, что тут нас ждут открытия совершенно революционные. Мы даже представить не можем, к чему это приведет.

— **Дай бог, чтобы к хорошему.**

— Согласен. Потом, мы видим, что происходит с энергетикой. Основатель и глава ОПЕК шейх Ахмед Заки Ямани говорил, что каменный век кончился не потому, что на Земле кончились камни. Так и век нефти кончится не потому, что нефть



Своей большой авиации у СО РАН нет, а вот беспилотники помогают сильно

кончится, а потому, что появятся новые технологии. Удивительные упорство и таланты китайских ученых, специалистов и бизнесменов позволили в последние годы получить дешевый поликристаллический кремний для создания фотоэлектрических преобразователей — а это революция в энергетике, доступ к дешевой солнечной энергии. Все программы в этой области в самых развитых странах теперь базируются на китайском поликремнии, в том числе и у нас.

Так постепенно появляются новые направления. Возможно, они затухнут, а может, там будут еще этапы в генерации новых открытий или достижений, и мы получим совершенно новую энергетику. Таких примеров можно привести много.

— **В тактической перспективе каких прорывных исследований или открытий вы ждете от будущего года?**

— В науке трудно быть оракулом, но мы рассчитываем на участие в крупных международных проектах. Здесь опять воодушевляющие примеры подает наш Институт ядерной физики: он участвует в программах взаимодействия с ведущими научными организациями мира, выступая членом таких проектов, как БАК, *ITER*, *XFEL*, *FAIR* и др., работает с частными зарубежными компаниями, которые занимаются термоядом, — словом, ядерная физика востребована. Причем там нужны и теоретики, и оборудование, и экспериментаторы высокого уровня. Это направление, я уверен, будет развиваться хорошо.

Если говорить о хай-теке, то, полагаю, у нас произойдет прорыв и по новым системам, и по новой организации работ для предприятий ОПК. Потребность в науке сейчас громадная. Недавно мы с коллегами были приглашены в Министерство обороны, и там официальные лица сказали: то, что делается в академии, чрезвычайно важно для них и будет всячески поддерживаться на любых уровнях. Ответственность и сложность тут повышенные. Поскольку отраслевые институты сильно пострадали в 1990-е гг., им на замену и в помощь придут успешно работающие институты академии наук. Одна из главных задач — обновить, актуализировать программу фундаментальных исследований, которая была разработана в РАН еще до реформы, но по разным причинам не пошла, а реформа ее вообще свернула. Но после обновления, серьезной доработки и переработки она будет реализована, и это станет новым витком развития высших технологий в стране, в том числе и для РАН.

Прорыв может произойти с материалами для медицины, в первую очередь нанокерамикой для имплантов и протезов, новыми материалами и устройствами для кардиологии, ожидаются развитие трансляционной медицины, клеточных и генных технологий и многое другое.

Важное значение сейчас приобретают проблемы, связанные с чрезвычайными ситуациями. В прошлом году на Алтае было катастрофическое наводнение, там пострадали десятки тысяч домохозяйств и людей. Причем оно стало точной копией

наводнения позапрошлого года — это уже входит в систему. Весной этого года сгорела Хакасия. Там тоже пострадало много населенных пунктов, есть человеческие жертвы. Осенью горели леса Прибайкалья и Забайкалья — в колоссальных масштабах.

Происходит разрегулировка климата, и в данных условиях исключительно важно понимание основополагающих закономерностей того, что с климатом происходит, хотя с точки зрения фундаментальной науки есть совершенно противоположные точки зрения, до сих пор непонятно — то ли идет потепление, то ли оно сменится похолоданием. Несмотря на общую тенденцию к потеплению, все-таки в Антарктиде не становится теплее, наоборот, даже холоднее. Пятна похолодания имеются и на северо-востоке России — на Чукотке.

Возрастает роль средне- и краткосрочного прогноза, и важнейший момент — это координация в плане той экспертной функции, которая поручена академии наук. Мы должны классифицировать, систематизировать климатические явления, выработать методику этого прогнозирования.

Важно все, что связано с Арктикой. Всех в мире интересует, что происходит в Северном Ледовитом океане. Если он вскроется ото льда и возникнет новый транспортный коридор, последствия для глобальной экономики будут исключительно весомыми — все может измениться коренным образом.

Чтобы правильно проектировать будущее, нужно хорошо знать прошлое. Мы видим, что делаем с человеческим обществом Интернет, мобильная связь, коммуникации, и мы даже не осознаем будущие проблемы. Мы неожиданно стали свидетелями мощного потока мигрантов в Европу, а ведь кто-то должен был предсказать и оценить последствия этого процесса. Тут появляется совершенно новый комплекс доселе неизвестных гуманитарных проблем — цивилизационных, социальных, информационных, так что и здесь формируется новое поле для научных исследований.

— А как вы видите стратегические перспективы российской науки?

— На эту тему есть интересное выражение: хочешь получить уникальную вещь — закажи ее русским, если же хочешь получить десять, сто, миллион изделий — заказывай кому угодно, только не русским. Российская наука — это наука прорывных решений. Искусство управления наукой — это не формальное регламентирование, ограничение, это нахождение талантов, креативных сообществ,

правильная их поддержка. Вот за чем будущее. Вы же понимаете, что первый спутник, первый полет человека в космос — отсюда. Потом уже на научных открытиях и достижениях делается бизнес, иногда спустя многие годы, когда созреют необходимые предпосылки.

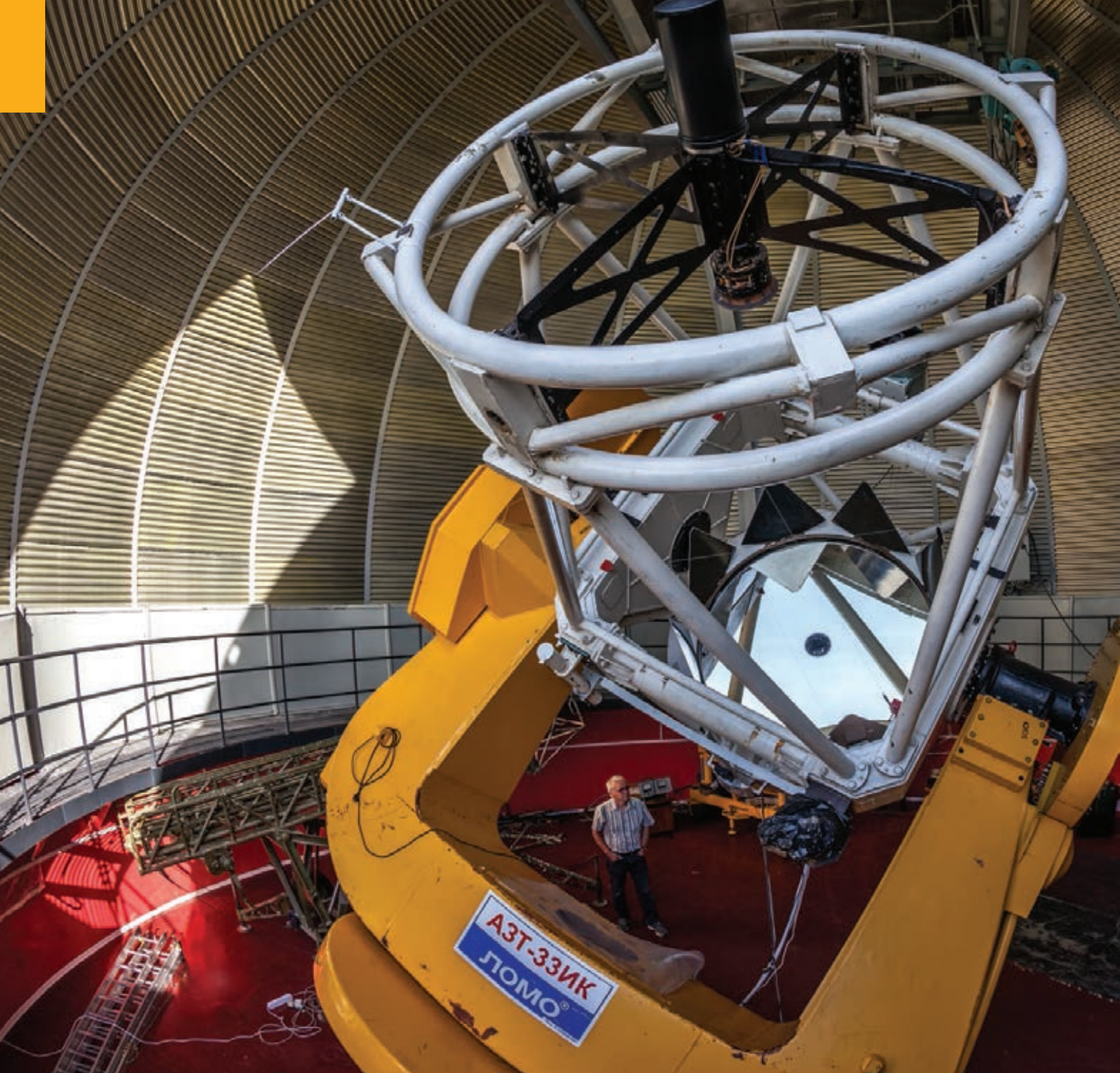
Примеров много. Первый твердотельный электронный элемент был изобретен в 1922 г. в России О.В. Лосевым. Он назывался «кристадин Лосева» — это признано во всем мире. Но тогда только закончилась Гражданская война, время было очень сложное, и в нашей стране это открытие было не востребовано. Заново оно было сделано уже в 1947 г. в компании *Bell Telephone*, ког-

да Джоном Бардином, Уильямом Шокли и Уолтером Браттейном был создан первый полупроводниковый транзистор и фирма была полностью готова к его использованию. Так началась блистательная эра полупроводниковой электроники.

Когда А.С. Попов написал докладную военному министру о возможности построения системы телеграфирования без проводов, резолюция была следующей: «Телеграфа без проводов не бывает». Идея не то что оказалось не понята — она опередила время. В Италии это тоже никому было не нужно, это была раздробленная страна феодального характера, а вот англичане оценили: когда Гульельмо Маркони в результате своей работы принял сигнал из Ньюфаундленда в Англии, тогда и наступил век радио. Поэтому такого рода прорывные вещи надо готовить, всячески развивая и поддерживая науку. И наука вознаградит человечество, подобно тому как из опытов Майкла Фарадея по электричеству выросла могучая электрическая цивилизация, подобно тому как на производстве созданных гением нашего соотечественника академика Ж.И. Алферова полупроводниковых гетеропереходов зиждется экономика многих развитых стран мира — Южной Кореи, Тайваня, Японии и в последнее время Китая.


Главные прорывы произойдут в биологии, потому что самая богатая научная организация в мире — это Национальные институты здравоохранения в США, ее бюджет составляет \$100 млрд. Однако ресурсы ресурсами, финансирование финансированием, но искры таланта в этой области существуют и у нас. Надо их выявлять, всячески поддерживать — и результаты непременно последуют! ■

Беседовал Валерий Чумаков



Земное эхо

солнечных бурь



Первый и единственный в России инфракрасный телескоп АЗТ-33 ИК Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН. Фото: В.А. Короткоручко

Проект гелиогеофизического комплекса разработан на основе материально-технической экспериментальной базы, Института солнечно-земной физики

Важней всего — погода в космосе

— Гелий Александрович, почему после 30 лет руководства институтом вы оставили пост директора?

— Тридцать лет — большой срок. Я давно собирался оставить этот пост, но для продвижения проекта, которым стал заниматься много лет назад, требовался определенный статус, как минимум директора института. Однако наступил такой момент, когда заниматься одновременно продвижением проекта и руководить институтом стало действительно трудновато. Поэтому мы посоветовались с коллегами в институте и решили, что Александру Павловичу Потехину, который длительное время работал заместителем директора института, необходимо возглавить институт, а я должен сосредоточиться на подготовительных работах по реализации проекта гелиогеофизического комплекса. Институт у нас очень сложный, имеется много обсерваторий, приходится ежедневно решать множество различного рода задач, поэтому эти работы нам пришлось разделить. Считаю, что это было правильное решение.

Документальный фактор

— Как продвигается работа над проектом?

— Постановлением Правительства Российской Федерации были определены сроки осуществления работ по созданию Национального гелиогеофизического комплекса Российской академии наук — 2014–2017 гг. То есть в 2014 г. мы должны были уже приступить к работе, однако проходившая реорганизация РАН, когда многие функции были переданы в Федеральное агентство научных организаций, существенно затормозила эти работы. Фактически мы приступили к проекту по указанию ФАНО только в январе этого года. Естественно, работы приходилось проводить в спешном порядке, возникло много проблем, которые раньше не учитывались, в частности связанных с организацией взаимодействия с подрядными организациями. Это привело к тому, что в нужный срок, когда требовалось предоставить документы на государственную экспертизу, они не были готовы. Поэтому все планы, которые были задуманы для осуществления в 2015 г., пришлось сдвигать на 2016 г. Это, конечно, большая работа и проблема для всех нас и наших подрядчиков. Тем не менее работа в институте идет полным ходом. Пытаемся найти новые формы взаимодействия, которые улучшили бы эффективность

Научный руководитель Института солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук в Иркутске, заместитель председателя Сибирского отделения по координации мегапроекта по созданию Национального геофизического комплекса РАН **Гелий Александрович Жеребцов** рассказывает о работе над проектом

нашей работы. Надеюсь, мы сделаем все необходимое для того, чтобы ввести эти инструменты вовремя. Для повышения эффективности взаимодействия с подрядной организацией «Лыткаринский завод оптического стекла», которая находится под Москвой, мы приняли совместное решение об организации филиала этого предприятия в Иркутске, поскольку требуется повседневная совместная работа.

— При выполнении подобных работ всегда будут возникать экономические и организационные проблемы. Давайте поговорим о самом проекте, что он собой представляет, для чего он нужен?

— Наш проект гелиогеофизического комплекса — проект нового поколения. Он разработан на основе материально-технической экспериментальной базы, т.е. сети обсерваторий Института солнечно-земной физики, которая уже существует. И разработан он с целью перехода экспериментальных исследований в области физики Солнца, солнечно-земных связей на качественно новый уровень, который будет соответствовать мировому. К проблемам, решаемым с использованием инструментов комплекса, относятся такие как климат, Арктика, использование околоземного космического пространства в практической деятельности и т.д. Кроме того, важная цель при создании комплекса — обеспечение информацией

о солнечно-земных связях, о проектах критических технологий и приоритетных направлениях. В настоящее время единственный в Российской Федерации гелиофизический комплекс создан в нашем институте. Он включает в себя восемь обсерваторий, расположенных от Заполярья до границ с Монголией, и содержит ряд научных установок: Большой солнечный телескоп, солнечный коронограф, Сибирский солнечный радиотелескоп, инфракрасный телескоп, радар некогерентного рассеяния, сеть ионозондов для зондирования атмосферы. Они пока дают информацию высокого уровня. Однако базовые элементы установок разработаны и созданы в период 1960–1980 гг. и уже принципиально не могут быть изменены. В перспективе потребуются кардинальная замена и модификация всей экспериментальной базы. Развитие науки, подтвержденное частично стратегическими планами зарубежных государств, а также потребности практики ставят новые научные

задачи, для решения которых надо искать новые подходы к исследованиям Солнца, околоземного космического пространства, включающего такие области, как магнитосфера и атмосфера Земли. Чтобы достичь мирового уровня в этой области исследований и обеспечить стратегический задел на 20–30 лет, в ближайшие годы необходимо создать такие установки и комплексы. Для решения этих задач нами и разработан проект нового гелиогеофизического комплекса.

Космический фактор

— Чем интересно ученым околоземное космическое пространство?

— Околоземное космическое пространство (ОКП; иногда его называют геокосмосом), — это пространство, которое ограничивается магнитным полем Земли и представляет собой неотъемлемую часть нашей планеты. Оно включает в себя такие области, как верхняя атмосфера, ионосфера и атмосфера Земли, состояние которых определяется солнечной и геомагнитной активностью. Это пространство в последнее десятилетие уже включено

в практическую деятельность человечества, а возникающие новые практические задачи требуют более глубоких его исследований. В ОКП работает большое количество космических аппаратов различного назначения, с помощью которых решаются многие экономические задачи, задачи национальной безопасности и т.д. В ОКП время от времени возникают сильные возмущения, вызванные мощными потоками заряженных частиц или замagnetической плазмы. Результатом этих возмущений становятся отказы или сбои в работе космических аппаратов. Могут повреждаться не только отдельные элементы, возможен полный выход из строя этих дорогостоящих аппаратов. Повреждения могут проявляться в виде поверхностной или объемной электризации корпуса космического аппарата либо быть следствием проникновения внутрь аппарата потоков заряженных частиц. В условиях невозмущенной околоземной плазмы воздействия на аппараты могут усиливаться при прохождении ими особых участков неоднородной магнитосферной или ионосферной плазмы. Анализ причин аварий космических аппаратов однозначно свидетельствует о том, что одной из главных причин отказов выступают экстремальные условия так называемой космической погоды.

Околоземное космическое пространство в последнее десятилетие уже включено в практическую деятельность человечества, а возникающие новые задачи требуют более глубоких его исследований

Доктор физико-математических наук,
академик РАН Г.А. Жеребцов



Контроль и прогнозирование состояния ОКП позволяют решить следующие задачи в интересах повышения безопасности и увеличения срока эксплуатации аппаратов: выбор наиболее безопасных моментов и траекторий запусков космических аппаратов, заблаговременное отключение наиболее уязвимых систем космических аппаратов в моменты вероятных сильных воздействий окружающей среды. Примеры использования такого контроля и прогнозирования состояния ОКП: перенос сроков запуска космических аппаратов, изменения орбиты Международной космической станции из-за угрозы столкновения с космическим мусором, предупреждение космонавтов о возможном повышении уровня радиационного излучения и потоков заряженных частиц.

Особого внимания требует Арктика, своеобразная «кухня космической погоды» на всей планете. Здесь чрезвычайно ярко проявляются как отклики в ОКП на экстремальные события на Солнце, так и эффекты взаимодействия глобальных волновых явлений в атмосфере с региональными динамическими структурами. В высоких широтах определяющую роль играют электродинамические процессы в ионосферной плазме при ее взаимодействии с магнитосферой. Особенно сильно они проявляются во время геомагнитных бурь, когда происходит интенсивное высыпание энергетических частиц, генерируются электрические поля и токи. В результате происходит сильный джоулев нагрев в верхней атмосфере, перестройка динамического режима, изменение параметров,

развитие неустойчивостей в ионосферной плазме, генерирующих неоднородности различного масштаба. Отсюда ионосферные возмущения распространяются в средние широты. Закономерности развития возмущений весьма сложны и до сих пор представляют собой предмет исследования.

За рубежом в последние годы прилагаются колоссальные усилия по развитию систем диагностики и непрерывному мониторингу ОКП в арктической зоне, в то время как в России этому уделяется неоправданно мало внимания. К тому же постоянное развитие технологий в арктической зоне и использование высокочувствительных коммуникационных средств диктует непрерывное совершенствование систем мониторинга и прогнозирования окружающей среды. Большая протяженность территории Российской Федерации (почти десять часовых поясов) определяет крайнюю необходимость проведения здесь мониторинга магнитосферно-ионосферно-атмосферного взаимодействия для составления общей глобальной картины развития возмущенности при различных экстремальных событиях на Солнце, в магнитосфере и ионосфере Земли. ОКП, как я уже сказал, оказывает большое влияние на работоспособность и эффективность использования жизненно важных технологических систем энергетики, навигации, радиосвязи с региональными центрами, кораблями и самолетами, особенно теперь, когда существуют кроссполярные маршруты.

Все сказанное определяет актуальность задачи создания крупного комплекса инструментов для

изучения Солнца и солнечно-земных связей, отсюда и понятный интерес к этому объекту исследований.

— Я так понимаю, что требуется не просто замена устаревшей экспериментальной базы — нужны новые походы. В чем они заключаются?

— Начну с описания сложившейся ситуации. В течение 20–25 лет положение с исследованиями околоземного космического пространства с помощью наземных средств в нашей стране стало резко ухудшаться. Многие необходимые эксперименты стали для российских исследователей просто недоступны. Причин тому несколько, но главная состоит в недооценке важности фундаментальных исследований, ориентированных на решение проблем практического использования околоземного пространства, влияния на развитие новых космических технологий, включая технологии двойного назначения. К настоящему времени в стране сложилось критическое положение в области исследований по гелиогеофизике, т.е. уровень экспериментальной базы не соответствует уровню решаемых

Создание солнечного телескопа должно внести решающий вклад в наше понимание происхождения солнечной активности, управляющей явлениями космической погоды

и возникающих задач и проблем. Это можно проследить на примере зарубежных исследований. За последние 20 лет за рубежом для исследования Солнца, магнитосферы, внешней атмосферы, верхней атмосферы Земли, для разработки новых космических технологий создано большое количество крупных экспериментальных установок и обсерваторий нового поколения.

В США разработан и тиражируется мобильный радар некогерентного рассеяния. На Шпицбергене созданы радар и нагревной стенд, создается обсерватория полярного каспа, вокруг Северного и Южного полюсов развернута международная сеть когерентных коротковолновых радаров для изучения магнитосферно-ионосферного взаимодействия. Более трети из них принадлежат США. Построено несколько мезосферно-стратосферно-тропосферных радаров, разработаны проекты сверхмощного экваториального радара в Японии, создается многопозиционная система радаров некогерентного рассеяния нового поколения

Европейской ассоциации. В Китае ведутся работы по созданию радара некогерентного рассеяния, создается меридиональная цепь станций, которая оснащается современными зарубежными инструментами.

В области солнечной физики за рубежом в последние годы созданы и разрабатываются крупнейшие телескопы нового поколения. В США идет изготовление солнечного телескопа новых технологий. Консорциум европейских стран начал разработку четырехметрового европейского солнечного телескопа. В Германии создан и установлен на Канарских островах телескоп с диаметром зеркала 1,5 м. С 2003 г. в США работает специализированный телескоп для синоптических исследований Солнца, эксплуатация которого рассчитана на 25 лет.

Ведущие геофизические центры мира сформировались к настоящему времени в виде кластеров инструментов, объединяющих вокруг радаров некогерентного рассеяния набор радио- и оптических средств, включая мощные лидары, позволяющие проводить наиболее полную, комплексную диагностику заряженной и нейтральной компонент верхней атмосферы. Создание кластеров с такими возможностями позволит эффективно проводить исследования системы «магнитосфера — ионосфера — атмосфера» в целом. Их возможности существенно расширяет и дополняет сеть станций, я подчеркиваю это особенно, т.к. создание отдельных кластеров без наличия разветвленной сети простейших геофизических инструментов, простейших солнечных инструментов не может решить задачу мониторинга в полном объеме. Как правило, такие создаваемые кластеры имеют высокий статус международных или национальных обсерваторий.

Возникает вопрос: а что входит в состав создаваемого комплекса? Разрабатываемый комплекс включает взаимосогласованные крупные экспериментальные установки для мониторинга ОКП. Это солнечный телескоп-коронграф с диаметром зеркала 3 м для исследований физики Солнца и контроля солнечных событий; многоволновый радиогелиограф для исследования физики процессов на Солнце и всепогодного мониторинга солнечной активности; нагревной стенд для изучения нелинейных процессов при воздействии мощной радиоволны на ионосферу; радар некогерентного рассеяния для исследования и непрерывного мониторинга динамики нейтральной и ионизованной составляющих атмосферы на высотах от 10 до 2 тыс. км с высоким временным и пространственным разрешением с одновременным контролем космических объектов и сеть когерентных коротковолновых радаров для исследования проявлений магнитосферно-ионосферного атмосферного взаимодействия над арктической



Сибирский солнечный радиотелескоп ИСЗФ СО РАН.
Вид с северо-востока. Фото: В.А. Короткоручко

территории Российской Федерации. Мезосферно-стратосферно-тропосферный лидар (МСТ-лидар) предназначен для круглосуточного определения до высоты 100 км и выше основных термодинамических параметров атмосферы, таких как температура, скорость и направление ветра, а также содержания примесей: озона, паров воды, аэрозоля.

Кроме того, будет создан кластер проблемно ориентированных оптических инструментов для изучения структуры и динамики нейтральной верхней атмосферы. Ну и, конечно, в целом нужно создавать центр управления, в котором будут проводиться первичная обработка и хранение материалов, поступающих с этих измерительных установок. Отмечу, что создание всего комплекса разбито на два этапа. Настоящим постановлением правительства определен первый этап, который включает в себя разработку конструкции крупного солнечного телескопа. Это большая ответственная работа, занимающая много времени, большая ее часть должна быть выполнена на первом этапе, но разработка и конструирование будет проходить и на втором этапе. Первым этапом предусмотрено создание радиогелиографа, кластера оптических инструментов, должна быть сдана в эксплуатацию также первая очередь радара некогерентного рассеяния. Естественно, работы эти будут продолжаться на втором этапе, и к 2020 г. этот комплекс должен быть завершен полностью.

Технический фактор

— Можно хотя бы коротко рассказать об этих установках? Какие конкретно научно-практические задачи они будут решать?

— Создание солнечного телескопа должно внести решающий вклад в наше понимание происхождения солнечной активности, которая управляет явлениями космической погоды. Большие солнечные вспышки рождают потоки высокоэнергичных частиц, опасные для космонавтов и радиоэлектроники, установленной на космических аппаратах. Корональные выбросы массы вызывают ударные волны, которые ускоряют энергичные частицы и, кроме того, переносят плазму и магнитное поле, взаимодействующие с Землей. Вызванные при этом возмущения земного магнитного поля могут приводить к нарушениям в работе линий электропередач на Земле, они оказывают влияние на функционирование космических аппаратов, представляют опасность для здоровья космонавтов, пассажиров авиалайнеров, пересекающих полярные области Земли. Хотя эти солнечные явления охватывают значительные области поверхности светила и связаны с нарушением равновесия крупномасштабного магнитного поля Солнца, природа накопления энергии, спусковой механизм нарушения равновесия лежат в тонкоструктурной организации солнечного магнетизма.

Таким образом, именно микроструктура магнитных полей на Солнце играет существенную



К теме пожара на ССРТ: сгоревшая станция восстановления качества электроэнергии на фоне работающего радиотелескопа. Фото: В.А. Короткоручко

роль в физике крупномасштабных явлений солнечной активности, имеющих важное геоэффективное проявление. Солнечный телескоп позволит получить новые знания о физике этих тонкоструктурных магнитных полей в различных слоях солнечной атмосферы от корональных до самых глубоких фотосферных слоев и таким образом создать модель строения и эволюции активных и спокойных областей на Солнце. В итоге мы придем к физически обоснованным моделям солнечно-земного взаимодействия на базе реальных солнечных данных вместо тех усредненных приближений, которые сегодня используются. Важен также выбор места географического расположения телескопов: это промежуточное положение между крупными телескопами, установленными на Гавайских и Канарских островах. В перспективе это позволит проводить комплексные скоординированные исследования, значительно увеличивая время непрерывных наблюдений согласованных объектов на Солнце.

— **Кроме солнечного телескопа вы создаете еще радиотелескоп. Одного оптического телескопа недостаточно?**

— Недостаточно. Работа оптического телескопа во многом зависит от метеорологических условий. Оптический телескоп предназначен для проведения фундаментальных исследований, которые необходимы для понимания физических процессов на Солнце и внутри него. На оптических телескопах невозможно проводить непрерывный мониторинг. Для этого существуют радиотелескопы, и наш радиотелескоп, который называется радиогелиографом, предназначен для решения важных фундаментальных задач. Прежде всего, это всепогодный мониторинг солнечной активности, определение конфигурации и величин корональных магнитных полей



«Крестный отец», идеолог и организатор проекта и строительства ССРТ доктор технических наук Г.Я. Смольков на пепелище склада запасных волноводов. Фото: В.А. Короткоручко

в активных областях, вспышечных петлях, выбросах корональной массы, а также в атмосфере спокойного Солнца.

Телескоп позволит получать характеристики плазмы в областях энерговыделения и решать такие важнейшие проблемы, как вспышечный нагрев плазмы и процессы переноса энергии в атмосфере Солнца, обнаружение и исследование волновых процессов в ударных волнах. Исследование фундаментальных задач по физике процессов активности Солнца позволит создать базу для решения важных прикладных задач. Кроме того, сочетание корональной магнитографии, основанной на данных многоволнового радиогелиографа, с оптическими наблюдениями солнечным телескопом позволит решить задачу экстраполяции магнитных полей и переноса энергии из нижних слоев фотосферы в корону. Теперь о некоторых задачах, имеющих важное прикладное значение. Прежде всего, задача всепогодного мониторинга солнечной активности имеет не только научный, но и практический характер. Кроме того, радиоизлучение мощных солнечных всплесков может приводить к существенным помехам в сигналах, получаемых от глобальных спутниковых навигационных систем. Наблюдения солнечного радиоизлучения важны не только для

научных исследований, но и для мониторинга среды, в которой работают современные технологии. Поэтому очень важно учитывать эти явления при разработке новой техники с точки зрения помехоустойчивости. Контроль помехозащищенности радаров ставит задачу разработки методов прогноза не просто вспышек, а вспышек с высокой интенсивностью излучения.

— Вы достаточно подробно рассказали о солнечных инструментах, необходимых для оценки состояния Солнца. А что вы будете использовать для изучения околоземного космического пространства?

— Установка «некогерентный радар — мезостратосферно-тропосферный радар» станет ядром кластера радиофизических инструментов для исследования ионосферы и атмосферы в составе Национального гелиогеофизического комплекса РАН. Этот комплекс предназначен для решения проблем физики ионосферы и атмосферы, для изучения нелинейных эффектов в ионосфере. Структурно радиофизический комплекс состоит из основного кластера инструментов: радара некогерентного рассеяния, нагревного стенда с системой малых проблемно-ориентированных инструментов, расположенных в районе дислокации этого радара, а также меридиональной цепочки станций, которую предполагается организовать практически вдоль магнитного меридиана Норильск — Иркутск.

Расположение радиофизического комплекса на территории России тоже уникально, т.к. позволяет получать важные геофизические данные, осуществлять контроль околоземного космического пространства в центре России и существенно дополнить данные наблюдения геофизических центров США, Европы и Японии для получения глобальных распределений параметров среды. Надо понимать, что исследование таких объектов, как околоземное космическое пространство, требует не только своих национальных инструментов — нужна крупная широкомасштабная международная кооперация. Этот радар позволит активно участвовать в международных программах. Как я уже сказал, основным объектом радиофизических исследований станет верхняя атмосфера, которая расположена на высотах 80–1,5 тыс. км и составляет одну из важнейших частей единой системы «Солнце — Земля», играя

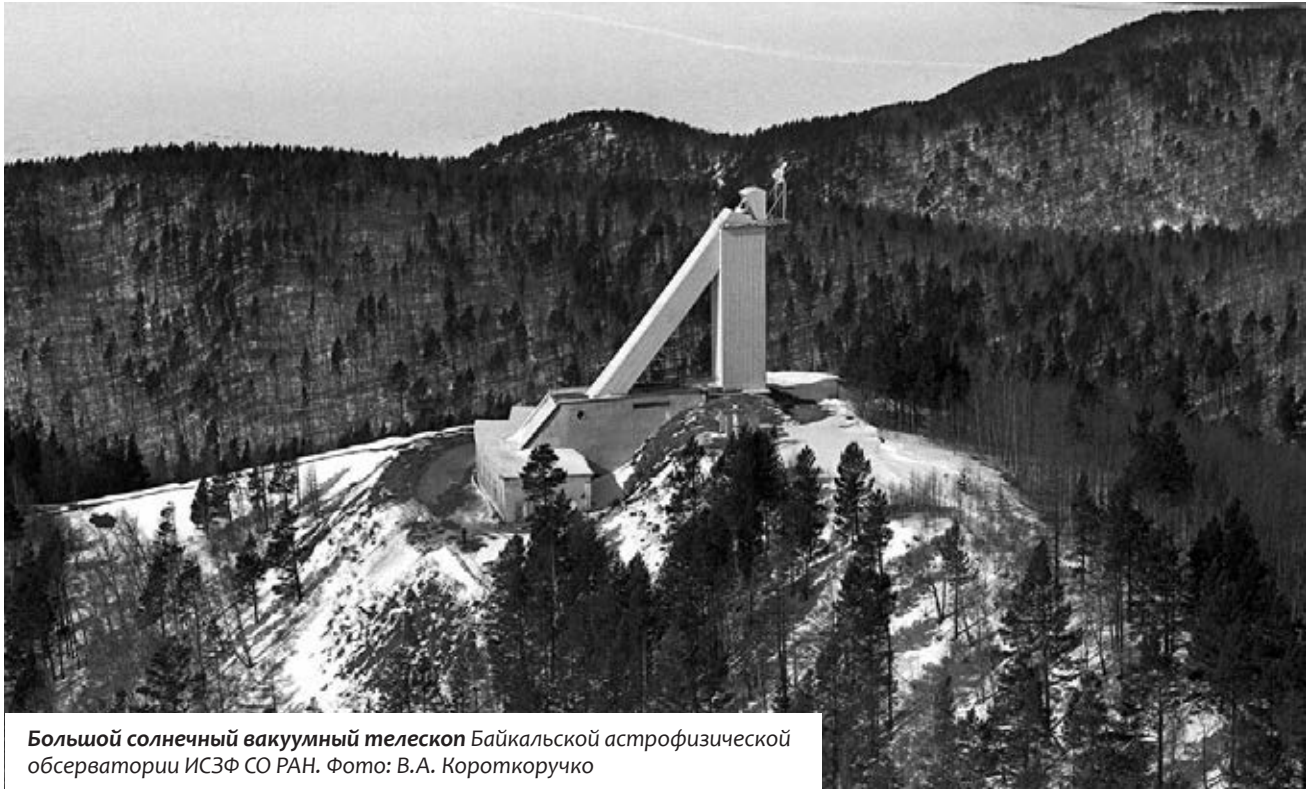
ключевую роль в процессах взаимодействия ионизированной и нейтральной газовых оболочек Земли. С одной стороны, эти процессы определяются солнечным излучением и плазменным механизмом преобразования энергии и передачи импульса в цепочке «солнечный ветер — магнитосфера — ионосфера — термосфера», с другой — энергетика, структура и динамика верхней атмосферы определяется также воздействием планетарных волн, колебаний внутренних гравитационных волн, турбулентных процессов, генерируемых в нижележащих слоях атмосферы.

Радиофизический комплекс должен внести вклад в изучение этого взаимодействия на основе комплексных взаимодополняющих измерений параметров ионизированных нейтральных компонентов, составляющих верхнюю атмосферу, с помощью радиофизического комплекса и лидарно-оптического комплекса, который также входит в состав нашего Национального геофизического комплекса. Важную роль в этих исследованиях будет играть МСТ-радар, позволяющий измерять параметры атмосферы в интервале высот от приземного слоя до 90 км. Этот эффективный метод

будет впервые реализован в нашей стране на радиофизическом комплексе. Это позволит проводить с помощью его и лидарно-оптического комплекса изучение всех слоев атмосферы как единой системы, а это одно из магистральных направлений развития атмосферных исследований. Ионизированная часть верхней атмосферы эффективно взаимодействует с радиоволнами различных частот, что представляет большой интерес для радиофизических исследований. Мы получим уникальную возможность для исследования распространения радиоволн, в том числе нелинейных, одновременно с высокой информативной диагностикой ионосферной плазмы.

Результаты исследования ионосферы и верхней атмосферы на радиофизическом комплексе дадут возможность проведения с его помощью высокоинформативного мониторинга околоземного космического пространства. Эти результаты представляются важными для различных областей науки и технологий космической и наземной радиосвязи, радиолокации навигации космических аппаратов и спутников контроля околоземного космического пространства, включая проблему космического мусора. Таким образом, основная задача

Результаты исследования ионосферы и верхней атмосферы дадут возможность проведения с его помощью высокоинформативного мониторинга околоземного космического пространства



Большой солнечный вакуумный телескоп Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН. Фото: В.А. Короткоручко

радар — проведение комплексных исследований физических процессов в околоземном космическом пространстве от наземного слоя до высот термосферы, ионосферы и магнитосферы.

Российская сеть когерентных коротковолновых радаров будет наиболее эффективным инструментом для исследований проявлений магнитосферно-ионосферно-атмосферного взаимодействия над арктической территорией России. При поддержке Сибирского отделения РАН и Росгидромета в 2012 г. в режиме непрерывного мониторинга был запущен первый российский когерентный радар. Он расположен под Екатеринбургом. Проектом предусмотрено размещение подобных радаров в районах Иркутска и Магадана. В ближайшее время на зарубежных станциях планируется развернуть еще несколько радаров. Таким образом, будет построена значительная высокая плотность из системы этих радаров, однако без участия России, территория которой охватывает долготный сектор более 100 градусов, невозможно с достаточной точностью прогнозировать развитие возмущений верхней атмосферы во время геомагнитных бурь. Российская система КВ-радаров будет решать задачи поддержки функционирования различных систем радиосвязи на территории России, в том числе связанных с обеспечением систем загоризонтной радиолокации, задач радионавигации, радиосвязи в высокоширотных областях России. Система радаров позволит проводить круглосуточный мониторинг

областей формирования мелкомасштабных неоднородностей и систем ионосферных токов. Эти характеристики наряду с областями выпадения частиц оказывают основное влияние на процессы формирования помеховой обстановки и качества приема радиосигналов.

— При работе комплекса проблемно ориентированных оптических инструментов будет ли необходимость в проведении исследований с помощью спутников?

— Этот комплекс должен внести вклад в изучение обширного круга явлений, связанных с солнечной активностью, магнитосферно-ионосферного взаимодействием, взаимодействием между верхними и нижними слоями атмосферы, литосферно-атмосферными связями. Это позволит детально изучить часть структуры и динамики нейтральной среднеширотной атмосферы. Создание гелиогеофизического комплекса не заменит спутниковые измерения. Эти методы исследования Солнца и околоземного космического пространства должны взаимно дополнять друг друга, но каждый из них должен решать свои задачи. С помощью искусственных спутников Земли необходимо контролировать межпланетное магнитное поле и параметры солнечного ветра. Это исключительно важно для прогноза солнечной активности и воздействия солнечных явлений на нашу планету. Поэтому спутниковые измерения по-прежнему будут необходимы для решения задач по диагностике и прогнозу состояния ОКП.

— **Гелий Александрович, прежде чем начать обсуждать мегапроект, вы сказали, что в этом году в институте большое событие — введен в строй астрокомплекс. Это часть мегапроекта или что-то иное?**

— Нет, это самостоятельный проект. В течение последних 15 лет в институте была проделана большая работа. В этом году мы ввели его в опытную эксплуатацию. Астрокомплекс расположен в Саянской солнечной обсерватории и состоит из двух астрономических башен-телескопов — инфракрасного телескопа и телескопа с широкоугольным обзором — и технического здания. Астрокомплекс предназначен для решения фундаментальных и прикладных задач с целью контроля космического пространства, техногенных засорений, т.е. космического мусора и астероидно-кометной опасности, а также для наблюдения за искусственными спутниками Земли в интервале высот от 400 до 70 тыс. км.

В состав астрокомплекса входит еще один телескоп АЗТ-14, который был нами построен раньше. В его задачи входили измерение координат искусственных спутников Земли на геостационарной орбите, уточнение орбит в интересах пополнения Российского каталога системы контроля космического пространства и главного каталога фоноцелевой обстановки в стратегической космической зоне. Кроме того, с его помощью проводились поиск и измерение пассивных, т.е. не работающих космических аппаратов, с его же помощью идентифицировались неизвестные объекты. Проводились наблюдения низкоорбитальных космических аппаратов, контроль технического состояния космических аппаратов по регистрации их блеска. А вот два новых телескопа — результат капитального

строительства. Инфракрасный телескоп — первый и пока единственный в нашей стране, который предназначен для измерения отражательных и излучательных характеристик космических аппаратов в видимом и инфракрасном диапазонах. С его помощью проводятся наблюдения за искусственными спутниками Земли от 200 до 70 тыс. км в дневных условиях и на теневых участках орбиты.

Широкоугольный обзорно-поисковый телескоп с полем зрения три градуса позволяет проводить высокоскоростной обзор неба со скоростью более 50 квадратных градусов в час при проникающей способности до 21 звездной величины. Широкоугольный телескоп позволяет быстро осуществлять обзор неба и регистрировать все появляющиеся кометы, астероиды, т.е. объекты естественного происхождения. Но он позволяет регистрировать и мелкоразмерные объекты, которые имеют техногенный характер. Телескоп позволяет с большой скоростью просматривать небо, за короткое время регистрировать все появившиеся новые объекты, выделять те, которые мы намерены исследовать. На интересующий нас объект наводится инфракрасный телескоп с целью проведения необходимых измерений и исследований. Введение такого комплекса — большое событие в нашей науке, поскольку позволяет решать не только научные задачи, но и очень важные прикладные, в том числе в интересах безопасности страны.

Человеческий фактор

— **С астрономическим астрокомплексом понятно. А как вы планируете использовать гелиогеофизический комплекс? Для работы на нем требуются новые специалисты или это будут сотрудники вашего института?**

— Вы задали очень важный вопрос. Для работы в уже существующих в институте обсерваториях, анализа имеющихся экспериментальных материалов, проведения экспериментов в полном объеме людей недостаточно. Требуется не менее 25–30 человек. Для нового комплекса нужно немедленно готовить новые кадры, заключать договоры с соответствующими университетами и читать необходимые курсы для студентов, которых мы предполагаем принять к себе на работу. По окончании университета желательно направить их на стажировку в крупные научные центры, в том числе зарубежные. Для того чтобы они могли работать



Так выглядел центральный пульт радара до передачи его ученым. Фото: В.А. Короткоручко

Фрагмент Сибирского солнечного радиотелескопа. Фото: В.А. Короткоручко



у нас в институте, надо начинать строить жилье. Эти принципиальные вопросы мы обсуждали в ФАНО, но, к сожалению, они не перешли в практическую плоскость.

Далее, уже сейчас мы должны рассчитать эксплуатационные расходы и необходимое финансирование на проведение исследовательских работ, чтобы эти работы были учтены в какой-либо государственной программе.

Что касается использования строящегося комплекса, мы всегда заявляли и писали, что создаем комплекс федерального значения, коллективного пользования, на котором могут проводить эксперименты и соответствующие исследования сотрудники научных учреждений, подведомственных ФАНО, университетов, различных ведомств. Полагаю, наш институт как застройщик должен нести ответственность за правильную и надлежащую эксплуатацию этих инструментов. Кроме того, поскольку мы располагаем всеми техническими возможностями создаваемых инструментов, с учетом наших представлений о состоянии того или иного научного направления необходимо разработать научную программу, которая

позволила бы использовать комплекс и продвинуть наши исследования на более высокий уровень. Для разработки комплексной научной программы следует привлечь известных ученых по различным научным направлениям: «Физика Солнца и межпланетной среды», «Физика магнитосферы и ионосферы» и т.д.

— Гелий Александрович, вы говорили, что летом этого года институт посетили руководители различных ведомств. Можете рассказать об этом визите?

— В начале июля наш институт посетил президент Российской академии наук академик В.Е. Фортов. Вместе с ним прибыли вице-президент РАН, председатель Сибирского отделения РАН академик А.Л. Асеев и заместитель руководителя ФАНО С.В. Кузьмин. Встречи состоялись в институте и Иркутском научном центре. В институте прошла пресс-конференция для журналистов, затем посетили астрофизическую обсерваторию на Байкале.

На следующий день вместе с заместителем председателя Правительства РФ Д.О. Рогозиным, который курирует работы, связанные с изучением

космического пространства, и генеральным директором госкорпорации «Ростех» С.В. Чемезовым посетили обсерваторию, где находится Сибирский солнечный радиотелескоп и где будет сооружен радиогелиограф, а затем — Саянскую солнечную обсерваторию, где будет построен Большой солнечный телескоп.

Во время посещения и после возвращения в Иркутск обсудили вопросы, касающиеся состояния работ и принятия необходимых мер по строительству гелиогеофизического комплекса. По итогам поездки вышло распоряжение, подписанное О.Д. Рогозиным, в котором даны поручения соответствующим министерствам и ведомствам по исполнению постановления Правительства РФ о создании гелиогеофизического комплекса. Считаю, что состоявшийся визит был очень важен для продолжения работ.

— **Гелий Александрович, вы удовлетворены тем, что в результате трудной многолетней работы постановление Правительства РФ о создании комплекса было подписано, выделено финансирование и вы смогли приступить к работе?**

— Двойственное чувство. С одной стороны, выход постановления внушает большой оптимизм, особенно это важно для коллектива института, настроение улучшилось. С другой стороны, сразу же возникли форс-мажорные обстоятельства. Вот пример: выбранная нами площадка для размещения радара оказалась непригодной, т.к. недавно построенная новая военная РЛС создает на этой площадке большие помехи. Следовательно, необходимо было прекратить проектно-исследовательские работы и искать другую площадку. Я не ожидал, что это будет большой проблемой. Мы провели, по-моему, 15 поисковых экспедиций в различных районах Иркутской области и Бурятии, а это непредвиденные финансовые расходы. Поиски проводили на автомашинах и вездеходах, со специальными измерительными приборами.

Наконец площадка была выбрана недалеко от Байкала. С точки зрения необходимых условий, место замечательное, есть дороги, электричество... но оказалось, что этот участок расположен в зоне Байкальского национального парка, значит, необходимо проводить соответствующие согласования, слушания и т.д. А для этого опять требуется время.

Есть и другие сложные вопросы. Выполнен очень большой объем работ, но впереди работы несравненно больше.

В заключение хочу сказать следующее. Никакого проекта создания гелиогеофизического комплекса не было бы, если бы не помощь и поддержка многих и многих людей. Бывший президент РАН академик Ю.С. Осипов придавал очень большое значение нашей инициативе создания такого комплекса, вместе с ним мы были по этому вопросу на приеме у президента РФ В.В. Путина, который нас поддержал и дал соответствующее поручение. Необходимое содействие оказывает действующий президент РАН академик В.Е. Фортов, помогают и поддерживают в работе вице-президенты РАН академик А.Л. Асеев, Л.М. Зеленый, Ю.М. Михайлов. Генеральный директор госкорпорации «Ростех» С.В. Чемезов, его первый заместитель В.В. Артяков, председатель НТС ГК «Ростех» Ю.Н. Коптев создали координационный центр по реализации проекта. Существенную помощь оказали работники министерств и ведомств — начальник департамента развития приоритетных направлений науки и технологий Минобрнауки С.В. Салихов, начальник департамента государственных целевых программ и капитальных вложений Минэкономразвития Ю.М. Колочков, руководитель госкорпорации «Роскосмос» И.А. Комаров и др.

В процесс подготовки постановления были вовлечены сотрудники других институтов, и я хотел бы поблагодарить за поддержку и подготовку

проекта директора САО члена-корреспондента РАН Ю.Ю. Балегу, директора ГАО члена-корреспондента РАН А.В. Степанова, директора ИЗМИРАН доктора физико-математических наук В.Д. Кузнецова и, конечно же, своих коллег по институту, которые сделали все, чтобы решение

Запуск астрокомплекса — большое событие в нашей науке, поскольку позволяет решать не только научные задачи, но и очень важные прикладные, в том числе в интересах безопасности страны

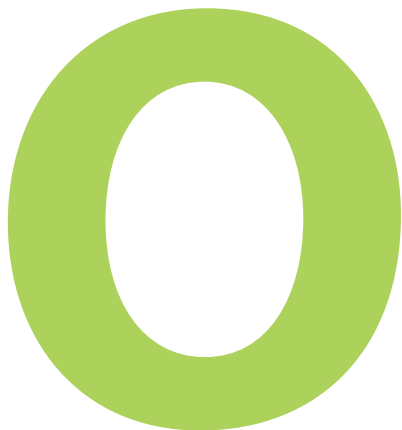
по строительству состоялось, — директора института ИСЗФ СО РАН члена-корреспондента РАН А.П. Потехина, заместителей директора члена-корреспондента РАН В.М. Григорьева, доктора физико-математических наук В.И. Куркина, доктора физико-математических наук А.Т. Алтынцева. Спасибо всем, кто вложил свои знания и опыт в организацию проекта, важного для нашей науки и нашей страны. ■

Беседовал Валерий Чумаков



Лечение
импортозависимости:

ОМСКИЙ рецепт



На смену импортозамещению должна прийти импортонезависимость — внедрение собственных современных технологий, считает научный руководитель Омского научного центра СО РАН член-корреспондент РАН, доктор химических наук **Владимир Александрович Лихолобов**. Кластер инновационного развития, создаваемый в Омске, способен справиться с этой задачей.

«Комплексная интеграционная программа фундаментальных и прикладных научных исследований "Развитие институтов Омского научного центра для решения вопросов импортозамещения и реиндустриализации Омской области и регионов Российской Федерации"» — так называется проект по созданию научно-образовательно-производственного комплекса, основанного на «триумvirате» «НИИ — предприятие — вуз». Его суть в том, чтобы собрать в единый кластер расположенные в Омске научно-исследовательские институты, ведущие университеты города — государственный (ОмГУ), технический (ОмГТУ), а также ключевые предприятия: ОАО «Газпромнефть-ОНПЗ», ООО «Омсктехуглерод», ЗАО «Группа компаний "Титан"» и ускорить процесс продвижения инновационных решений от лабораторного уровня до реального производства. Совместные усилия всех участников должны быть направлены на решение насущных проблем экономики Омской области, прежде всего это нефтепереработка, нефтехимия, материалы для предприятий ОПК, что учитывает ключевые директивы руководства государства относительно импортозамещения и реиндустриализации.

Схема работы кластера такова: научно-исследовательские институты в соответствии с техническим заданием предприятий разрабатывают новые технологии, а вузы занимаются подготовкой специалистов, которые смогут через два-три года адаптировать эти инновации к производству. Естественно, необходимо четко выстроить связь «вуз — НИИ»: студенты и выпускники университетов должны работать в исследовательских лабораториях, чтобы понять научные основы и освоить инновационную технологию. Финансирование работы кластера может осуществляться как из средств предприятий, заинтересованных

в соответствующих разработках, так и за счет профильных государственных федеральных целевых программ. И когда такой цикл слаженно работает, отдача, как показывает имеющийся у нас опыт, способна намного превзойти произведенные вложения. Поэтому мы ориентируемся на то, что создаваемый кластер инновационного развития будет успешно функционировать. Все необходимые составляющие — вузы, НИИ, предприятия — в Омске есть. Как и потенциальные заказчики федерального и регионального уровня: ОАО «Газпромнефть», ОАО "НК «Роснефть"», ООО «Омсктехуглерод», ЗАО «Группа компаний "Титан"», компании по производству промышленных катализаторов, а также предприятия, связанные с оборонной отраслью.

Масштабную структуру комплексной программы исследований поддерживает региональная власть, министерства и промышленность Омской области, положительно оценивают заинтересованные ведомства: Минпромторг РФ, Министерство энергетики РФ, госкорпорация «Росатом», а также ОАО «Корпорация развития Омской области».

Понятие «реиндустриализация» помимо других значений имеет и еще одно — «быстрый переход в следующий технологический уклад». Сейчас Россия по своему состоянию развития и системы производств находится в пятом технологическом укладе (создание и использование микроэлектроники, нефтегазовой энергетики, персональных компьютеров, интернета, биотехнологий и т.д.). Формируемые руководством страны федеральные целевые программы и наш проект как небольшой их компонент должны способствовать быстрому переходу России в шестой уклад (нанотехнологии, альтернативная энергетика, включая водородную, глобальные информационные сети,

биотехнология растений, животных и лекарств). Для достижения поставленной цели необходимо сконцентрировать и науку, и производство, и образование на решении общих задач, а этого можно достичь только путем объединения, формирования консорциумов, инновационно-производственных кластеров.

Месяц назад в Омске уже была создана как часть интеграционной программы одна из подобных структур — Консорциум научно-образовательных и научных организаций Омской области по реализации кластерной модели развития промышленности. В нее входят десять участников, которые связаны темой нефтепереработки и нефтехимии. Научное ядро этого консорциума составляют Омский научный центр СО РАН (ФГБУН ОНЦ СО РАН) и входящий в его состав Институт проблем переработки углеводов СО РАН.

Если говорить о двух вышеперечисленных областях в контексте импортозамещения (эти области, кстати, занимают одну из важнейших позиций в макроэкономике не только Омской области, но и Российской Федерации в целом), то можно отметить, что омскими учеными уже решена задача создания отечественных аналогов по двум ключевым стратегическим наноматериалам — катализаторам риформинга и крекинга. Без них невозможна углубленная переработка нефти, нельзя получить моторные топлива, сырье для нефтехимии, органического синтеза, синтеза полимеров и т.д.

До недавнего времени катализаторы этого типа закупались за рубежом, преимущественно в США и странах ЕС, хотя соответствующие отечественные разработки имелись, но они медленно входили в российскую нефтепереработку. Санкции подтолкнули этот процесс и продемонстрировали, что созданные в Омске катализаторы ничуть не хуже зарубежных, а по некоторым показателям даже лучше. Да и так называемое научно-техническое сопровождение эксплуатации намного ближе. Таким образом, можно сказать, что омский кластер полностью решил для страны проблему импортозамещения по этим двум конкретным стратегически важным катализаторам.

Другой пример успешной работы — создание и освоение в опытном масштабе технологии

получения специальных марок технического углерода, важнейшего наноматериала для современной и будущей индустрии, связанной с системами запасаения энергии и хранения информации, с созданием защитных покрытий и др. Важно здесь то, что, хотя эти марки технического углерода нужны в небольших (всего несколько тонн в год) количествах, многие из них недоступны для импорта из-за использования их в оборонной индустрии.

Отмечу еще один принципиальный момент. Обычно нам продают из-за рубежа катализаторы, материалы и изделия, полученные по технологиям 15–20-летней давности. В прямом смысле импортозамещение означает копирование, т.е. расшифровку технологии, создание технологии-аналога, получение продукта-аналога, замещающего импортный. Однако встает вопрос: зачем

это делать, если за прошедшее время наука и технологии уже ушли вперед? Поэтому нужно создавать современные версии с учетом последних достижений науки, это и приведет нас к импортозамещению.

Разработки омского кластера направлены и на решение насущных проблем экологии. Одна из них — получение экологически чистого моторного топлива, обладающего экологически щадящим компонентным составом как собственно топлива, так и продуктов его сгорания. В настоящее время уже есть достаточно проработанная версия технологии получения таких видов топлива — процесс «Экоформинг».

Попадание углеводов в окружающую среду приводит к нарушению экологического равновесия и наносит урон природным системам, особенно в Арктике, где из-за вечной мерзлоты нет глубокого грунта

Другая экологическая проблема связана с разливами нефти и нефтезагрязнениями. Попадание углеводов в окружающую среду приводит к нарушению экологического равновесия и наносит трудновосполнимый урон природным системам, особенно в Арктике, где из-за вечной мерзлоты нет глубокого грунта. Во время долгой зимы черное золото вытекает из аварийных емкостей и нефтепроводов, а весной вместе с водой попадает в реки и озера, в которых живут рыбы и из которых животные пьют воду. В районах, где актуальны подобные проблемы, онкологические заболевания встречаются в два-три раза чаще. Кроме того, врачи фиксируют снижение иммунитета, болезни органов дыхания и нервной системы.

Почва, пропитанная нефтью или ее продуктами, становится пожароопасной и токсичной, на многие годы теряет плодородие. Один из эффективных методов ликвидации загрязнений — сорбция («высасывание») нефти из грунта и воды. Омские ученые и технологи нашли, что такие материалы можно получать из дешевого природного сырья — сапропеля (илистой массы на дне прудов и озер, образующейся из остатков водорослей, насекомых и микроорганизмов). При специальной термической обработке этого вещества образуется пористый, очень легкий, похожий на пух материал (ему дали название «Сибсорбент»), который легко вбирает в себя нефть, а затем твердеет и становится удобным для изымания, транспортировки и последующего сжигания. Отмечу, что таких донных отложений в озерах Сибири — около 1 млрд т, и на их основе мы сейчас умеем про-

изводить сорбент, стоимость которого в четыре-пять раз ниже его западных аналогов (французского *Turbo-Jet* и канадского *Peat Sorb*), при этом он не уступает им по нефтеемкости. Один грамм омского сорбента способен собрать четыре грамма нефти.

Один из вариантов будущей более эффективной технологии очистки почвы от нефтезагрязнений связан с созданием сорбентов, которые не нужно будет извлекать, транспортировать и сжигать (самоочищающихся). Для этого поры гидрофобных материалов, например пироуглерода, заселяют углеродокисляющими микроорганизмами: *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Arthrobakter*, *Bacillus* и некоторыми другими. Эти микроорганизмы более активны и быстрее размножаются, поскольку в таких порах мало воды, которая их подавляет, а воздуха и нефти, наоборот, много.

Направления разработок омского научно-образовательного и инновационно-технологического кластера связаны не только с нефтепереработкой и нефтехимией. Мы активно занимаемся также созданием материалов для защиты здоровья людей и животных, композитов для высокочувствительных элементов сенсоров, используемых для химического мониторинга окружающей среды, материалов для будущих технологий зеленой химии.

Отрадно, что в работе инновационно-технологического кластера все больше заметно участие молодых исследователей, и это важнейший фактор для решения поставленных задач по реиндустриализации России, поскольку перейти с одного технологического уклада на другой невозможно без передачи знаний и опыта от старшего поколения молодежи. ■

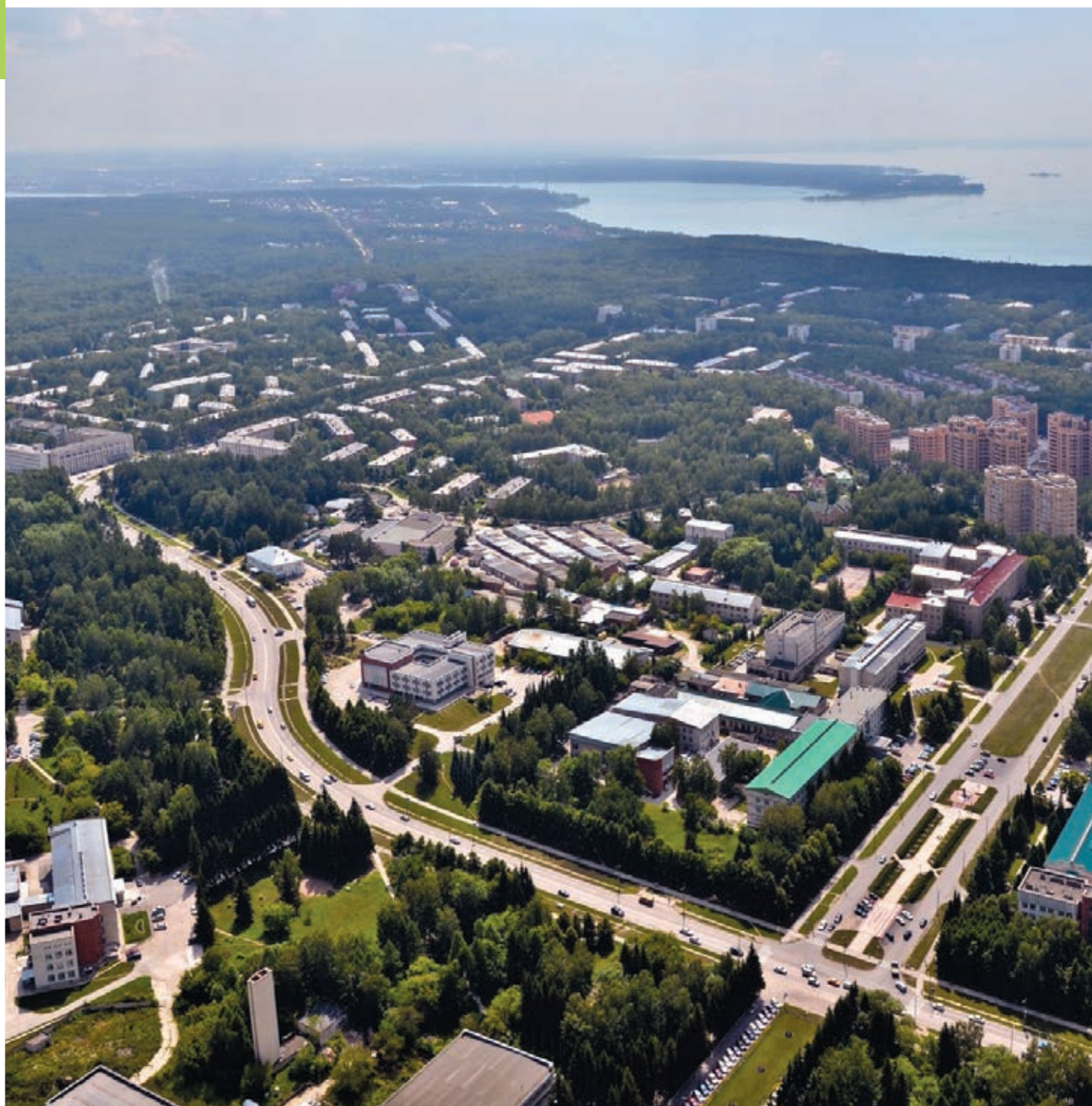
Подготовили Виктор Фридман и Юлия Позднякова



СПРАВКА

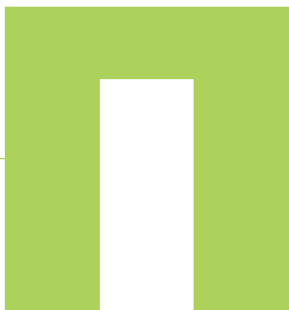
Владимир Александрович Лихобов

- Научный руководитель Омского научного центра СО РАН, заместитель председателя СО РАН по импортозамещению и реиндустриализации, член-корреспондент РАН, доктор химических наук, профессор.
- Родился в Краснограде Харьковской области.
- Окончил химическое отделение факультета естественных наук Новосибирского государственного университета. В 1973 г. стал кандидатом наук, в 1984 г. — доктором наук.
- Сфера научных интересов: катализ, техническая химия, технология органического синтеза, наноматериалы.
- Автор и соавтор более 500 научных работ, в том числе 132 охранных документов, индекс Хирша — 26.
- Увлечения: горный туризм.



В поисках

недостающего звена



Программа реиндустриализации экономики Новосибирской области призвана не просто возродить промышленность, но найти новые прорывные технологии, которые выведут регион в лидеры экономического роста. Заместитель директора Института экономики и организации промышленного производства (ИЭОПП) СО РАН доктор экономических наук **Вячеслав Евгеньевич Селиверстов** считает, что уникальные возможности Новосибирской области позволят стать ей одним из флагманов в развитии России.

Подходящий регион для пилотного проекта

— Мы рассматриваем реиндустриализацию экономики Новосибирской области (НСО) как крупный экономический и структурный маневр по переходу на новый технологический уклад, базирующийся на реализации основных конкурентных преимуществ региона и на новом качестве экономического роста. Аналогичный маневр был осуществлен на рубеже XX–XXI вв., когда область должна была выйти из состояния депрессии. Это позволило сформировать новые рабочие места, избежать массовой безработицы и социальной напряженности. Но структурная основа экономического роста последних десятилетий была неоднозначна. Ведь произошло изменение специализации региона: из мощного промышленного центра оборонного машиностроения России мы превратились в регион, обслуживающий сферу обращения и финансы, межрегиональную торговлю, усилились наши позиции как крупного транспортного и логистического центра. Поэтому стала разрабатываться программа реиндустриализации экономики НСО, которая активизирует ее большой научно-инновационный потенциал (в первую очередь, связанный с мощными ресурсами Новосибирского научного центра) путем создания здесь новых высокотехнологичных отраслей, восстановления и модернизации действующих производств на базе принципиально новых технологий.

Сейчас ИЭОПП активно включился в процесс, поскольку у института есть опыт в этой сфере, именно здесь разрабатывались основные документы регионального стратегического планирования как в НСО, так и в целом по Сибири: Стратегия социально-экономического развития Сибири, стратегии Новосибирской области и Красноярского края и др. Поэтому не случайно мы — ключевой игрок в работе над проектом реиндустриализации.

Этот термин сейчас у многих на слуху, равно как и «инноваций», «модернизация», но ведь последние фактически провалились, в том числе и потому, что не был учтен региональный компонент, а в случае с реиндустриализацией мы понимаем: нужно начинать с более подготовленных областей, а затем подключать другие.

— **Мы сегодня говорим о реиндустриализации Новосибирской области. Прежде всего, вопрос: почему «реиндустриализация»? Это предполагает, что индустриализация уже состоялась, потом случилось нечто, и теперь надо все начинать заново?**

— Если мы рассмотрим генезис развития нашего региона, то вторая половина XX в. до 80-х гг. — период индустриализации, включая и военное время, когда сюда были перемещены многие крупные предприятия-дублеры. Так сформировался самый мощный сегмент советской экономики региона: промышленность, работающая на ВПК. В годы реформ 90-х гг. область оказалась депрессивной территорией со всеми ее характеристиками: из-за отсутствия государственного заказа, в первую очередь для заводов ВПК, произошло обвальное сокращение производства. Возник вопрос, что делать со всеми этими проблемами. Тогда же постепенно стала проявляться тенденция к формированию новой экономики — сервисного типа. Сейчас промышленность составляет всего 20%, а более трети занимает отрасль услуг и операций с недвижимостью. В развитых странах доля подобной занятости тоже очень высока, но они предлагают высокотехнологичные услуги в отличие от России.

В последние 10–15 лет область уже достигла больших успехов: темпы роста экономики практически каждый год были существенно выше среднероссийских, развились новые отрасли. Новосибирская область существенно продвинулась в рейтинге российских регионов.

— В чем особенность именно Новосибирской области? Почему она подходит в качестве площадки для пилотного проекта реиндустриализации?

— У нас есть уникальные возможности. Если оценить конкурентные преимущества различных территорий, то мы имеем наиболее целостный среди большинства других российских регионов набор всех субъектов реиндустриализации: здесь и научный потенциал, и институты развития, и промышленная база. Конечно же, в первую очередь благодаря наличию Новосибирского научного центра — основного ядра Сибирского отделения Российской академии наук. Именно тут сосредоточены ведущие институты по многим направлениям: ядерной физике, фотонике, полупроводникам, цитологии и генетике, катализу и т.д.

Новосибирский государственный университет (НГУ) стал вторым в рейтинге вузов развивающихся стран Европы и Центральной Азии. Технопарк Новосибирского Академгородка (Академпарк) — один из лучших в стране. В регионе есть наукоград, инновационные поселения, индустриальные парки — одним словом, сконцентрированы все необходимые компоненты реиндустриализации. Однако пока это только потенциал, который необходимо использовать.

Кроме того, в реализации своей экономической политики область не зависит от крупных корпораций, как в это происходит в других регионах, где «правят бал» крупные нефте-, газо-, угледобывающие, металлургические компании. В НСО диверсифицированная структура производства, и мы имеем возможность проводить самостоятельные экономические маневры.

— В чем отличие вашей программы от традиционных документов регионального стратегического планирования?

— Обычные региональные стратегии и программы развития должны строго соответствовать федеральному закону «О стратегическом планировании в Российской Федерации», в результате чего они совпадают во многих компонентах и не учитывают потенциала конкретных областей. А наша программа в этот шаблон не вписывается, мы пытаемся найти новые пути развития области с учетом ее региональной специфики. И здесь очень важно вовлечь в процесс максимальное количество «стейкхолдеров» — заинтересованных сторон. Поэтому мы очень плотно работаем

с промышленниками, представителями власти, экспертным сообществом, представителями гражданского общества, чтобы найти и использовать баланс интересов на пути к новому технологическому укладу. Суть нашей разработки — это реализация «проектного подхода». Мы предлагаем новые «правила игры» и взаимодействия власти, бизнеса и науки в деле реиндустриализации экономики региона: конкретные инновационные проекты как в промышленности и других секторах экономики, так и в высокотехнологичных услугах, а также предлагаем необходимые управленческие механизмы, схемы отбора и продвижения проектов.

Из лаборатории — на завод

— Вы говорили о связке, в частности, между наукой и бизнесом. Не секрет, что в России много интересных разработок, но постоянно возникают трудности при попытке перейти непосредственно к практике — от фундаментального к прикладному. Как упростить этот процесс?

— Это очень сложный вопрос. Мы рассматриваем программу реиндустриализации как некий

пилотный проект, который может быть перенесен на другие регионы. Конечно, не везде есть такой научный потенциал, как здесь, но отработанные на примере Новосибирской области связи «наука — производство» могут работать в других регионах.

При реализации программ реиндустриализации финансирование должно идти туда,

При реализации программ реиндустриализации финансирование должно идти туда, где реально работают цепочки «наука — учебные центры — производство»

где реально работают цепочки «наука — учебные центры — производство». Проекты, создаваемые «в чистом поле», у нас, к сожалению, не проходят. Пример — Сколково. Сколько денег в него вложено и какова отдача?

Мы прекрасно понимаем, что российский бизнес не «заточен» под инновации, и эти тенденции переломить очень трудно. В крупных вертикально интегрированных компаниях инновационное развитие худо-бедно все-таки начинает реализовываться в рамках корпоративных стратегий, которые так или иначе внедряются — в первую очередь, в нефтяной и газовой отраслях, в черной металлургии, где было серьезно модернизировано производство. Однако в других сегментах промышленности (и, к сожалению, машиностроение здесь — яркий пример) подобные связки не работают, бизнес не заинтересован в инновациях.

— **В чем все-таки причины?**

— Это общая проблема нашей экономики, незрелости бизнеса и управленческих решений. Если говорить в терминах вины, то я бы сказал, что она двусторонняя. Зачастую и ученые дают такие решения, которые промышленники взять не готовы. Ведь для производства нужны готовые технические и инженерные предложения, а исследователи дают свои результаты на уровне некоего полупродукта: в лаборатории все работает, но как только ты переносишь это, например, на новый станок по лазерной резке металла, ничего не получается.

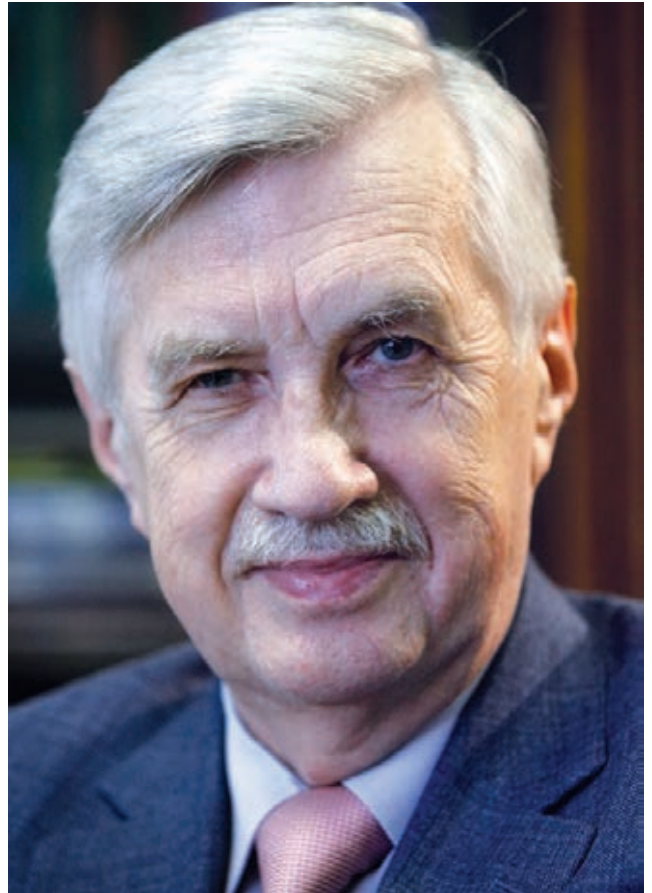
К сожалению, не оправдывает надежды закон (ФЗ 217), дающий право создавать при институтах специальные центры, малые наукоемкие предприятия. Впрочем, такая цепочка сейчас понемногу начинает формироваться, и в Академгородке рядом с некоторыми НИИ созданы совершенно уникальные — и по российским, и по мировым меркам — центры компетенции. Это не крупномасштабное производство, но оно необходимо для того, чтобы заработала связка науки и промышленности.

— **Складывается ощущение, что отсутствует некое промежуточное звено, которое доводило бы научные разработки до состояния, когда его готовы использовать производства...**

— Безусловно. Однако сейчас внушает определенный оптимизм то, что все-таки очень хорошо начинает себя проявлять средний и малый инновационный бизнес, в первую очередь созданный в рамках Академпарка и схемы, которую я называю «инновационно-инжиниринговый пояс Новосибирского научного центра». Ее мы рассматриваем в качестве одного из важнейших компонентов программы реиндустриализации экономики региона. Уже сейчас в Академгородке успешно работает ряд таких инжиниринговых центров: Фабрика биополимеров, наноцентр «СИГМА.Новосибирск», пилотный центр промышленных биотехнологий и др. Аналогичные центры формируются в наукограде Кольцово. Промежуточным звеном могут служить и центры компетенции, ныне создаваемые на базе конкретных промышленных предприятий (например, Новосибирского завода полупроводниковых приборов).

— **И все-таки взаимодействие с промышленностью в том или ином виде присутствует?**

— Да, некоторые связки работают. Например, на базе Новосибирского завода полупроводниковых приборов, НПП «Восток» и ИФП СО РАН начинает формироваться межрегиональный кластер электроники и фотоники. Мы считаем, что должен быть создан специальный промышленный парк, центр прототипирования изделий био- и наноэлектроники.



СПРАВКА

Вячеслав Евгеньевич Селиверстов

- Заместитель директора Института экономики и организации промышленного производства, доктор экономических наук.
- Родился в Иркутске.
- В 1970 г. окончил Новосибирский государственный университет по специальности «экономическая кибернетика».
- С 1970 г. работает в ИЭОПП, с 1988 г. — в должности замдиректора.
- С 1993 г. — главный редактор Всероссийского научного журнала «Регион: экономика и социология»; заместитель главного редактора журнала *Regional Research of Russia*.
- С 2002 г. — научный координатор российско-канадской программы «Обмен опытом управления северными территориями».
- Сфера научных интересов: региональное стратегическое планирование, региональная экономика, региональная политика и экономические аспекты федерализма, социально-экономическое развитие Сибири, межрегиональная интеграция.
- Автор и соавтор более 250 научных работ, в том числе более десяти монографий.
- Увлечения: джаз, гаджеты, компьютеры.



Здание Института экономики и организации промышленного производства (ИЭОПП) СО РАН

Векторы развития и точки роста

— Какие основные направления предусмотрены программой реиндустриализации новосибирского региона?

— Основное внимание мы уделили так называемым флагманским комплексным проектам реиндустриализации. Эти проекты отражают реальные ключевые компетенции новосибирской науки и производства, их отличают масштабность и народно-хозяйственная значимость (и в силу этого — притязания на крупную федеральную поддержку), изначально заложенный в них высокий кумулятивный эффект, наличие мощных социальных эффектов, команды («мотора»), способной их реализовать, связки «наука — производство». Они формируют новую экономику Новосибирской области и усиливают ее конкурентные позиции в экономическом и инновационном пространстве России.

Так, один из флагманских проектов связан с формированием и развитием кластера высокотехнологичной медицины в регионе, он состоит из двух очень сильных проектов. Знаменитый Новосибирский научно-исследовательский институт патологии кровообращения им. академика Е.Н. Мешалкина (НИИПК) проводит больше высокотехнологичных операций на сердце, чем любой другой центр в России. Дорогостоящие клапаны и стенты, как правило, закупаются за рубежом, хотя в нашем Академпарке успешно работает компания *Angioline*, производящая коронарные стенты в два с половиной раза дешевле импортных аналогов. В развитие этого направления

специалисты клиники предложили создать на базе НИИПК индустриальный медицинский парк «Зеленая долина», который предполагает реализацию отдельных инвестиционных проектов, связанных как с созданием ряда специализированных центров (клинического центра по разработке новых медицинских технологий; тканевой и регенеративной инженерии; биологического банка клеточных технологий; инновационного радионуклидного центра диагностики и др.), так и разработку и производство инновационных медицинских изделий для сердечно-сосудистой хирургии (механические и биологические клапаны сердца и др.).

Созданный на базе Новосибирского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна Медицинский технопарк сейчас выступает лидером в области использования биокерамики для протезирования, которую производит новосибирский завод «НЭВЗ-Керамикс», запустивший линию по серийному выпуску керамических изделий медицинского назначения (эндопротезов, имплантатов, имплантируемых систем) на основе Al_2O_3 - и ZrO_2 -керамики. В основе технологии создания этих материалов — разработки ученых Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН. Создание в 2015–2016 гг. Медицинского промышленного парка (а это — самостоятельный проект программы реиндустриализации) позволит замкнуть инновационный цикл, уже созданный на базе НИИТО и Медицинского технопарка и включающий Инжиниринговый медико-технологический центр, Центр

прототипирования медицинских изделий и технологий, Инновационную клинику.

Еще один многообещающий флагманский проект называется «Умный регион». Его цель — создание технической и технологической основы обеспечения современного качества жизни населения Новосибирской области за счет применения информационных технологий, которые предусматривают экономичное и экологичное использование городских систем жизнедеятельности. В основе проекта лежат разработки и внедрение интеллектуальных систем транспорта и ЖКХ; электронных сервисов для граждан; системы безопасности города. И уже сейчас многие блоки этого проекта реально работают, здесь проявляется лидерство нашего региона в ключевых компетенциях.

Важное направление программы реиндустриализации, ее флагманский проект — это промышленное производство современных отечественных биотехнологических препаратов и ферментов для глубокой переработки зерна и кормопроизводства. Такая идея возникла в результате сотрудничества Института цитологии и генетики СО РАН, Академпарк и предприятия ООО ПО «Сиббиофарм», расположенного в Бердске, городе-спутнике Новосибирска. Направлен проект на то, чтобы решить проблему изготовления кормов с использованием современных биотехнологических препаратов: в нашем регионе выращивается достаточно зерна, чтобы удовлетворить потребности Сибири и Дальнего Востока, но ферменты для его переработки закупаются за рубежом — на это расходуются колоссальные деньги. Сейчас новосибирские специалисты создают новые технологии, которые позволят организовать в Новосибирской области крупное производство ферментных препаратов, существенно удешевив их.

В Новосибирске разрабатывают и национальную платформу промышленной автоматизации, занимается этим ЗАО «Модульные Системы Торнадо» — ведущий российский создатель и поставщик средств автоматизации, систем управления и программно-технических комплексов. Рынок применения здесь — огромный (в первую очередь в энергетике).

Яркий пример успешной разработки, вышедшей из стен сибирского института, — проект масштабируемой технологии получения углеродных одностенных нанотрубок (SWCNT). Сотрудник Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН член-корреспондент РАН Михаил Рудольфович Предтеченский совместно с новосибирскими бизнесменами создал компанию OCSiAl («Оксиал»), в промышленном масштабе производящую одностенные углеродные нанотрубки, которые используются в качестве армирующей добавки в широком спектре материалов, где они играют роль, сходную с той, что играет арматура в бетоне. Их

добавление в алюминий позволяет получать материал со свойствами, близкими к стали. Опыты с добавками долей процента углеродных нанотрубок в бетон показывают, что они увеличивают его прочность в полтора раза, а пенобетона — вдвое. Благодаря такому разнообразию уникальных свойств ученые и инженеры уже предложили тысячи самых различных вариантов приложений этого материала в электронике, биотехнологии, материаловедении и других областях. Принципиально новые технологии производства этих нанотрубок по цене в 50–100 раз (!) ниже зарубежных аналогов позволили компании OCSiAl уже сейчас сконцентрировать у себя основную часть их мирового производства и фактически монополизировать мировой рынок. Это уникальный для России пример — и, безусловно, это один из сильнейших флагманских проектов нашей программы.

Инновационный супербренд

— В рамках программы реиндустриализации мы возлагаем большие надежды на новую стратегическую инициативу — Сибирский наукополис. Его ожидаемый результат — это формирование нового российского инновационного бренда на основе объединения и взаимодействия уже существующих: Новосибирского научного центра СО РАН, НГУ, Технопарк Новосибирского Академгородка, наукограда «Кольцово», НИИ ПК. Каждый из них — ведущий или один из ведущих в России, и их интеграция даст новое качество и бренд самого крупного в России научно-инновационного центра. Сибирский наукополис должен стать пилотной территорией инновационного опережающего развития с предоставлением ей федеральных преференций и льгот по типу дальневосточных. Это, конечно, не означает отделения наукополиса от города и области.

— Как вы оцениваете шансы на осуществление такого проекта?

— Трудно, но возможно. Даже если не все получится, те центры, которые будут созданы в рамках инновационно-инжинирингового пояса Новосибирского научного центра, станут реинкарнацией Лаврентьевского пояса внедрения.

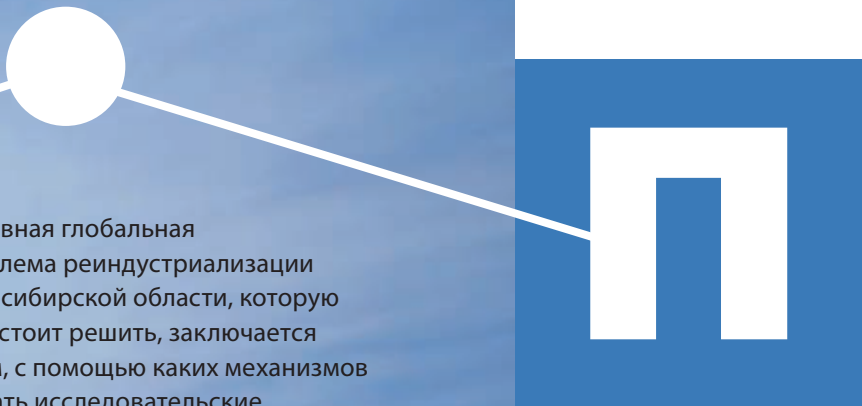
До реформы многие разработки Сибирского отделения были интеграционными. Многие выдающиеся открытия были сделаны на стыке разных направлений, усилиями ученых разных институтов. Сейчас же идет атомизация науки, «окукливание» ее в рамках отдельных лабораторий. Нет Сибирского отделения — нет финансирования, как и возможности реализации крупных междисциплинарных проектов. Возможно, проект Сибирского наукополиса — последний шанс, чтобы объединиться и показать, что СО РАН может выступить единым фронтом. ■

Подготовили Виктор Фридман и Юлия Позднякова

Сибирский **ПУУТЪ**

от научной идеи

до внедрения



Основная глобальная проблема реиндустриализации Новосибирской области, которую предстоит решить, заключается в том, с помощью каких механизмов связать исследовательские институты и заводы, полагает директор Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН член-корреспондент РАН **Александр Васильевич Латышев**

рогресс программы реиндустриализации Новосибирской области (НСО) связан с федеральными мегапроектами, привлечением крупных

инвесторов, с повышением уровня мотивации предприятий НСО для участия в инновационных совместных работах, с формированием «локомотивных проектов», где будут задействованы промышленность и научные организации СО РАН. В частности, одним из последних может выступить формирующийся Новосибирский научно-производственный кластер микро- и фотоэлектроники в кооперации с ОАО «Росэлектроника» (НПО «Электроника Сибирь»), АО «НЗПП с ОКБ», АО «НПП "Восток"», АО «НЗР "Оксид"» и институтами Сибирского отделения. Высокорентабельный конкурентоспособный комплекс способен занять лидирующие позиции в области разработки и производства электронной компонентной базы и радиоэлектронной аппаратуры с увеличением объема выпуска продукции. Цель — создание необходимых технологических линий с нанометровым разрешением, которых у нас в стране практически нет.



Один из признанных лидеров в области наноэлектроники и нанотехнологий — Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН (ИФП СО РАН), в котором проводятся исследования, направленные на создание перспективных изделий микро- и наноэлектроники на основе эффектов квантовой электроники, оптоэлектроники, спинтроники, биоэлектроники. Институт имеет все необходимые компетенции в этой области благодаря академической стратегии, направленной на фундаментальные научные открытия, доведению исследований до прикладных инновационных разработок, востребо-

ванных современной экономикой, и подготовке высококвалифицированных научных исследователей и элитных инженерно-технических специалистов. Фундаментальные и практические результаты деятельности ИФП СО РАН обеспечили создание целого ряда продуктов полупроводниковой опто- и наноэлектроники с высоким потенциалом коммерциализации.

Процесс внедрения новых разработок в промышленность непрост. Во-первых, недавно сформированные решения требуют применения дополнительных организационных и технологических мер, нарушают некий устоявшийся производственный цикл, который уже существует. Собьешь его — и будет другая продукция, а предприятиям такое не очень нужно. Во-вторых, мы передаем еще не опробованные в крупных масштабах прототипы — а что случится, когда будет большая партия? Заработает вообще или нет? Отсутствие необходимых производственных мощностей становится существенным ограничением для внедрения. Руководителю той организации, куда надо отдать инновацию, необходимо рисковать. Кроме того, следует иметь реальный бизнес-план. Ведь придется потратить много денег, и нужно представлять, кто и сколько вышедшей продукции будет покупать.

Отметим, что современный процесс производства электронной компонентной базы требует очень дорогого технологического оснащения — это чистые производственные комнаты, сверхчистые используемые материалы, автоматизированные и роботизированные технологические линии и экстремально дорогие лицензионные соглашения. Поэтому необходимо производить продукцию в большом объеме, чтобы такое производство было

рентабельным, что, в свою очередь, создает препятствие для передачи инноваций в индустрию.

По-хорошему, внедрение должно происходить так, чтобы опробовать предложения ученых на деле, а для этого следует создавать промежуточные инфраструктурные объекты. Кто-то называет их инжиниринговыми. В нашей сфере деятельности, например, это центры прототипирования, что означает следующее: вы передаете разработанную вами технологию на небольшой завод, который выпускает малые партии. Другими словами,

Сегодня производство электронной компонентной базы требует очень дорогого технологического оснащения, поэтому необходимо выпускать продукцию в большом объеме, чтобы оно было рентабельным

это сервисная технологическая компания по производству единичных, малых и средних объемов структур био- и наноэлектроники и специализированных интегральных схем на основе научных разработок.

Дальше идет доведение до стандартов большой промышленности: изготавливается пробная партия, определяется количество годных элементов, проводится тестирование вместе с представителями перспективных заказчиков, и если все хорошо, то продукт направляется на полупроводниковую фабрику для массового производства. Центр прототипирования изделий наноэлектроники, с моей точки зрения, — это такая структура, которая не должна быть полностью самокупаемой. Нужно, чтобы ее кто-то поддерживал. Однако ей необходимо быть открытой для всех, тогда это заработает.

В мире подобные фабрики прототипирования есть, например у флагманов электроники — американского *Intel* и корейского *Samsung*. В России, если таковые и имеются, то они заточены под конкретные технологии и практически недоступны для пользователей извне. В Новосибирске рассматривалась возможность построить такой центр прототипирования на базе Технопарка Академгородка. Мне казалось, оптимальное решение должно быть следующим: создать при Академпарке некий современный центр, который мог бы ускорить коммерциализацию научных и технических разработок институ-



тов Сибирского отделения РАН, дизайн-центров, предприятий малого и среднего бизнеса, учебных заведений Сибирского региона. Это обеспечило бы производственную цепочку по инновационным изделиям от идеи до технологической документации, передаваемой бы на крупное полупроводниковое производство.

В нашем институте есть технологии и проектные продукты, нужные городу. Вот только некоторые из них, способные внести вклад в программу реиндустриализации области: широкая линейка тепловизионных приборов на основе охлаждаемых и неохлаждаемых фотоприемных устройств от приборов ночного видения и медицинских тепловизоров до систем технического зрения; производство полупроводниковых структур «кремний-на-изоляторе» для изготовления радиационно стойкой электроники, биологических сенсоров, систем терагерцевой спектроскопии. ИФП СО РАН имеет приоритет в развитии технологии молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) — одной из основных в современной физике полупроводников и полупроводниковой электронике. МЛЭ представляет собой процесс послойного контролируемого эпитаксиального роста различных соединений на уровне одного монослоя. Это позволяет создавать новые материалы для электроники, в том числе СВЧ и силовой, сенсорики и т.д.

Уже сегодня ИФП СО РАН выступает как субъект реального сектора экономики, поставляя на промышленные предприятия до тысячи эпитаксиальных пластин для арсенид-галлиевой электроники, необходимых в создании современных транзисторных систем СВЧ-диапазона, а также сотни гетероэпитаксиальных структур для

СПРАВКА

Александр Васильевич Латышев

- Директор Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук.
- Родился в Северо-Казахстанской области.
- В 1981 г. после окончания Новосибирского государственного университета начал работать в ИФП СО РАН, пройдя путь от стажера-исследователя до директора.
- Руководитель Научно-образовательного центра «Физика конденсированных сред и физического материаловедения».
- Соруководитель научной школы «Атомные процессы и технологии создания низкоразмерных полупроводниковых систем».
- Член редколлегий журналов *Surface Science and Nanotechnology*, «Физика и техника полупроводников», «Наука из первых рук», «Наноиндустрия», «Успехи прикладной физики» и «Вестник НГУ» (серия «Физика»).
- Сфера научных интересов: физика полупроводников, физика твердого тела, поверхность, наноструктуры, рост кристаллов, структурные дефекты, эпитаксиальные технологии, нанотехнологии, электронная микроскопия, нанолитография, нанодиагностика.
- Лауреат Премии Правительства РФ в области образования (2014).
- Увлечения: фотография, ландшафтный дизайн, изделия из дерева, компьютерные технологии.

инфракрасной техники и пластин «кремний-на-изоляторе» для производства электронных компонентов, работающих в условиях космоса и атомного реактора.



Оборудование для эпитаксиальных технологий полупроводниковой наноэлектроники позволяет создавать пленки с резкими границами раздела за счет низкой скорости роста и быстрого изменения потоков в условиях сверхвысокого вакуума

Конечно, мы в институте предпринимаем ряд действий, чтобы перевести имеющиеся у нас технологии в полупромышленный статус. У нас есть три высокотехнологические линейки для изготовления приборных структур и схем на основе трех видов полупроводниковых материалов: A_4 (кремний и германий), A_3B_5 (арсенид галлия, нитриды) и A_2B_6 (кадмий-ртуть-теллур). Разработка новых приборов и схем требует перехода на другой уровень технологического оборудования, в качестве ключевого требования к которому выдвигается обеспечение нанометровых размеров элементов в структурах и создающихся приборах и схемах. К сожалению, возможности этих технологических линеек для практической реализации существенно затруднены, т.к. промышленные предприятия перешли на использование подложек диаметром 100 мм и более, тогда как имеющиеся у ИФП СО РАН ростовые установки имеют максимальный диаметр пластин 76 мм.

У нас есть высококвалифицированные специалисты, мастера своего дела, чтобы реализовывать самые высокие требования индустриального партнера, но все же для полномасштабного воплощения научного потенциала необходима современная технологическая база в виде центров прототипирования изделий био- и наноэлектроники, позволяющих разрабатывать и производить малые серии принципиально новых продуктов на основе технологий кремниевой наноэлектроники.

Какие векторы и точки роста мы видим в программе реиндустриализации новосибирского региона? Современная микроэлектроника развивается по пути изменения геометрического размера транзистора: известно, что каждые два года он

уменьшается в два раза, а частота процессора двукратно увеличивается. В ИФП СО РАН мы занимаемся и этой проблемой, но она не единственная, поскольку переход на новый уровень требует наличия технологической линейки предыдущего уровня, доступ к которой для нас затруднен.

Наши усилия направлены на использование альтернативных, так называемых гетероэпитаксиальных подложек, когда на кремнии выращиваются дополнительные многоуровневые слои других материалов, созданных в сверхвысоком вакууме и не существующих в природе. Это позволяет развивать электронную компонентную базу на новых физических принципах. Уровень наших технологий соответствует лучшим мировым образцам, что позволяет нам быть поставщиками пластин с высокоподвижным двумерным электронным газом не только для различных университетов и исследовательских центров РФ, но и для ряда стран Европы, Америки, Китая.

Мы работаем также над проблемами перехода от двумерной к трехмерной схемотехнической архитектуре, используя технологии 3D-структурирования. Обычно в кремниевой пластине — один рабочий планарный слой, содержащий активные элементы и расположенный в глубине кристалла: к нему идут контакты, и вся информация извлекается только с него, остальная же толщина подложки остается незадействованной. Переход к трехмерной архитектуре многократно уменьшит размер полупроводникового чипа.

Все перечисленные направления исследования лежат в русле тенденций развития элементной базы современной полупроводниковой электроники и связаны с решением фундаментальных

проблем в области полупроводниковых же наногетероструктур с квантовыми ямами и их комбинациями, а также включают решение задач синтеза наногетероструктур, выяснение закономерностей квантового электронного транспорта, оптических и магнитных явлений, ориентированных на создание приборов и устройств наноэлектроники, нанофотоники, спинтроники, сенсорики, квантовых информационных систем. Это и есть возможные точки роста развития полупроводниковой электроники в программе реиндустриализации региона.

Залог успеха в науке и технологиях сегодня — обладание парком современной базы, способной осуществлять диагностическое и метрологическое сопровождение на самом высоком уровне. Действительно, эффективное развитие наукоемких критических технологий невозможно без опережающего прогресса современных аналитических методов физико-химической диагностики на атомно-молекулярном уровне, а для этого требуются адаптация традиционных и развитие новых способов исследования и анализа свойств и процессов, присущих объектам нанометровой геометрии и системам пониженной размерности. Уменьшение размеров исследуемых и создаваемых функциональных объектов влечет за собой многократное усложнение процесса измерения, калибровки и стандартизации с максимальной точностью.

Сложность диагностики функциональных нанобъектов и высокая стоимость соответствующего аналитического оборудования привела к созданию центров коллективного пользования такими приборами. Подобные ЦКП выступают составными частями формирующейся нанотехнологической сети РФ. Преимущество программы реиндустриализации региона — то, что академические ЦКП входят в состав инфраструктуры Центра метрологического обеспечения и оценки соответствия нанотехнологий и продукции наноиндустрии в Сибирском федеральном округе, обеспечивая измерительные потребности предприятий в регионе. В частности, ЦКП «Наноструктуры» при ИФП СО РАН оказывает диагностическую и метрологическую поддержку разработкам конкурентоспособных на мировом рынке продуктов и технологий в области индустрии наносистем в интересах микро- и наноэлектроники. Сотрудники, работающие в ЦКП «Наноструктуры», — высококвалифици-



Сотрудник ИФП СО РАН Сергей Ситников за работой по созданию и анализу новых материалов, не существующих в природе

цированные специалисты с многолетним опытом выполнения метрологических и научно-исследовательских работ, включая квалифицированное обслуживание сложного диагностического оборудования. С целью обеспечения единства измерений в ЦКП используются сертифицированное оборудование и аттестованные методики прецизионных измерений.

У института существуют долгосрочные крепкие партнерские отношения со многими полупроводниковыми предприятиями, в том числе в Новосибирске. Это АО «НЗПП с ОКБ», АО «НПО "Восток"», ОАО «Октава», ОАО «Швабе — Приборы», ОАО «Катод» и другие. В числе совместных с НПО «Восток» разработок последних лет — изготовление многопиксельной фоточувствительной матрицы сложной архитектуры и сверхчувствительных нанопроволочных сенсоров с фемтомольной чувствительностью для биологов. Мы уже сейчас способны делать последние штучно, но для проведения экспертизы, доклинических и клинических испытаний их нужны тысячи. Пока не получается, хотя мы сотрудничаем с другими институтами, которые работают в этой области здесь, в Сибири, и в Москве.

И в заключение. Исследования Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова в области низкоразмерных систем выполнены на мировом уровне, а часть из них задают этот мировой уровень. Но на пути коммерциализации инноваций совместно с промышленностью без реорганизации процесса передачи разработки и без модернизации производственной структуры и не обойтись. ■

Подготовили Виктор Фридман и Юлия Позднякова



Химия

здоровья

Научный руководитель Иркутского института химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения РАН академик **Борис Александрович Трофимов** знает самые тонкие подробности жизни молекул и умеет договариваться с мельчайшими частицами так, чтобы они работали на благо и здоровье человека. Ученый-химик рассказал нашему журналу о новых лекарственных препаратах, которые создаются в столице Восточной Сибири

Бальзам Шостаковского, который спас жизни многим тысячам раненых во время Великой Отечественной войны, до сих пор можно найти во всех аптеках

«Мы, как и любой академический институт, занимаемся прежде всего фундаментальными исследованиями. Нас интересует поиск новых закономерностей образования молекул, причем именно тех молекул, которые нужны людям»

Результат исследований — синтез новых лекарственных препаратов. У нас около 2 тыс. документов, защищающих наши права на те или иные полезные вещества — в основном лекарства.

Институт основан ближайшим учеником академика Алексея Евграфовича Фаворского — членом-корреспондентом АН СССР Михаилом Федоровичем Шостаковским. Вместе ученые создали известный противоожоговый ранозаживляющий препарат — бальзам Шостаковского, который спас жизни многим тысячам раненых во время Великой Отечественной войны. Он до сих пор выпускается, пользуется успехом, его можно найти во всех аптеках и даже за рубежом, но чаще всего под названием винилин. Шостаковский тогда же наладил производство поливинилпирролидона и синтетической плазмы крови, которая долгое время использовалась под названием гемодез и также спасла жизни десяткам тысяч человек. Другой ученик Алексея Евграфовича, академик Иван Николаевич Назаров, создал ненаркотическое, очень мощное и до сих пор применяющееся вещество — промедол. Все это на основе органического синтеза с использованием ацетиленов, т.е. из малых молекул, с помощью относительно простых химических методов и химических процедур, причем недорогих.

Ученые нашего института изначально были ориентированы на создание лекарственных

препаратов. Когда директором института стал академик Михаил Григорьевич Воронков, он усилил эту тенденцию — создал отдел биологических исследований, что чрезвычайно важно для получения свежих данных о том, над чем мы работаем. Ведь мы синтезируем много соединений, но среди них могут быть и очень активные лекарственные препараты. Чтобы узнать это, их нужно испытывать. Этим занимаются на разных стадиях биологи и врачи.

— **Испытания проходят на базе вашего института?**

— Во времена Советского Союза у нас был отдел по исследованию биологической активности, но, к сожалению, в результате серьезного сокращения мы лишились наших биологов и медиков. Остались одни химики-синтетики, спектроскописты и теоретики (квантовые химики). Но академик Воронков на новом уровне продвинул исследования, направленные на получение новых медицинских препаратов. Он создал совершенно новое в мире направление, основанное на использовании кремнийорганических соединений. Академик впервые показал, что не только органические соединения могут быть невероятно активны: так, им основана биокремнийорганическая химия, благодаря которой создано несколько интересных и перспективных препаратов. Еще в Советском Союзе родились кремнийорганические препараты типа мивала, мигугена — стимуляторы и адаптогены, стимуляторы роста растений. Были также и другие препараты, не только кремнийорганические. Некоторые из них проходили под разными названиями. Например, иркутин позже стал называться крезацином и трекрезаном. Это тоже адаптоген и стимулятор, повышающий работоспособность человеческого организма в трудных условиях. Он близок к природным гормонам класса арилукусусных кислот. Это соль крезоксиукусусной кислоты с триэтиламином.

— **Своеобразный энергетик?**

— Не совсем. Он активно изучался, а потом и применялся в космической медицине для поддержания работоспособности космонавтов. Но это почти закрытая область, поэтому нас не всегда ставят в известность наши партнеры и коллеги, которые испытывают наши соединения, о том, как и каким образом их используют.



СПРАВКА

Борис Александрович Трофимов

- Доктор химических наук, профессор.
- С 1994 г. — директор Иркутского института органической химии (ныне Институт химии) СО РАН.
- С 1997 г. — действительный член Азиатско-Тихоокеанской академии материалов.
- С 1998 г. — почетный член Центра гетероциклических соединений (США).
- С 2000 г. — действительный член Российской академии наук.
- Область научных интересов: органический синтез на базе ацетилена и его производных; органическая химия фосфора, серы, селена, теллура (новые реакции, общие методы, полимеры); химия гетероциклических соединений, химия и физическая химия виниловых и аллениловых эфиров, сульфидов, полисульфидов, селенидов, теллуридов, фосфинов, фосфиноксидов, азолов; реакции присоединения по кратным связям, сверхосновные катализаторы и реагенты.
- Лауреат Государственной премии РФ в области науки и технологий 2012 г.

Трекрезан — полусинтетический препарат. Известно, что различные ароки- или фенилуксусные, в данном случае крезоксиуксусная кислота и ее производные, в природе встречаются и представляют собой природные гормоны, стимулируют рост растений. Это было использовано нашими химиками — Михаилом Григорьевичем Воронковым и его учениками. На этой основе было создано целое семейство новых препаратов. Среди них наиболее выдающиеся — трекрезан и крезацин в различных модификациях. Он применяется также в сельском хозяйстве и в медицине для повышения работоспособности человеческого организма.

— И где это все выпускалось?

— До того как начал распадаться Советский Союз, основным и самым современным производством в стране был Усольский химфармкомбинат, расположенный в 60 км от Иркутска. Он на 30% был ориентирован на наши препараты: трекрезан, мивал, мигуген, а также феракрил — препарат, который останавливает кровь. Он был подхвачен другими исследователями — как добросовестными, так и нет. В Индии, по-моему, он до сих пор производится под названием гемолог.

Не кашлять!

— Это все препараты, так сказать, с историей. А чем свежим можете похвалиться?

— Три наиболее ярких и важных лекарства, которые вышли из нашего института сравнительно недавно, это перхлозон — противотуберкулезный препарат, ацизол — первый в мире антидот оксида углерода и других продуктов горения и агсулар — противоатеросклерозный препарат.

Перхлозон и ацизол официально вошли в список жизненно важных препаратов. Агсулар сейчас находится в стадии разработки. Это лекарства нынешнего дня. Перхлозон подавляет микобактерии, вызывающие туберкулез, устойчивые ко всем другим существующим в настоящее время противотуберкулезным лекарствам.

Беда в том, что сейчас бактерии, микробы, вирусы очень быстро приспосабливаются к лекарствам, поэтому с ними трудно бороться. Говорят о резистентных штаммах бактерий, которые не реагируют на существующие лекарства. Наш перхлозон оказался первым за минувшие 40 лет, несмотря на то что в этой гонке участвуют международные фирмы с гигантскими масштабами продаж и гигантскими возможностями по исследованиям, производству и испытаниям.

— Как вы создавали этот «противотуберкулез»?

— Когда я говорю «наш препарат», это не совсем корректно: в нашем институте была синтезирована сама молекула. У нас идет серьезная масштабная программа синтеза лекарственных веществ для борьбы с туберкулезом на основе

фундаментальных разработок. Очень важно иметь инструмент, методологию получения новых молекул, причем не случайных, а системно ориентированных. Мы знаем, какими новыми молекулярными фрагментами нужно модифицировать известные препараты (синтетического или природного происхождения), чтобы они были еще более активными, т.е., по сути, чтобы синтезировать новые лекарства. Это очень сложное соединение, состоящее из многих атомов, различных функциональных групп в различном соотношении. В фундаментальных исследованиях мы ориентируемся главным образом на расшифровку этих структурно-функциональных связей, чтобы знать: такая-то структура обладает таким-то действием, но может обладать еще и другим действием, поэтому ее надо испытывать. Синтезировать молекулу, которая даже на первых порах окажется потенциальным лекарством, кандидатом в лекарство, это далеко еще не все — надо исследовать, испытывать.

Мы синтезировали десятки потенциальных лекарств, обладающих активностью против туберкулеза. Вначале они исследовались в Санкт-Петербургском институте фтизиопульмонологии. Среди них было обнаружено несколько новых соединений — потенциальных препаратов, активных против туберкулеза. Мы получили на них авторские свидетельства. Один из препаратов — перхлорон. Он, наверное, так и лежал бы у нас на полках, в библиотеках, коллекциях, но фармакологи, бизнесмены — деловые люди из иркутской компании «Фармасинтез» — обратили на него внимание и стали его дорабатывать. Вкладывали деньги, финансировали доклинические и клинические испытания, а это очень большие затраты — государство, к сожалению, такие работы сейчас не финансирует. Разрабатывались опытные партии.

Следующая необходимая стадия — лабораторный регламент, лабораторные технологии. Потом — технологии для получения укрупненных, проектирование стендовых установок. Препарат был испытан, прошел доклинические и клинические испытания. Участвовало несколько сотен больных туберкулезом на последних стадиях. Во многих случаях после курса лечения больной полностью исцелялся. В итоге препарат был разрешен, зарегистрирован и вошел в перечень жизненно важных лекарств. Сейчас он производится «Фармасинтезом» и поставляется в клиники.

— И теперь вы к нему уже не имеете отношения?

— Мы продолжаем его дорабатывать, получаем различные модификации, потому что у каждого

препарата есть свои недостатки. Здесь, как и у большинства противотуберкулезных лекарств, главный недостаток — повышенная токсичность. Как и у онкологических препаратов: начинаешь бороться с бактериями, вирусами, которые поражают организм, неизбежно затрагиваешь полезные бактерии и здоровые ткани. Но пользы от него больше, препарат лечит людей, производится и заказывается специализированными клиниками. За 40 лет это первый в мире препарат, который активен против резистентных микобактерий.

— Это синтетика?

— Да, чисто синтетический препарат.

— В других странах его применяют?

— Пока нет, там большая конкуренция, выставляются различные препоны. «Фармсинтез» хоть и очень солидная и развивающаяся компания (мы с ней давно сотрудничаем), но не обладает возмож-

ностями транснациональных фармацевтических монстров, таких как *Bayer, Johnson & Johnson, Pfeiffer*. Лет 10–20 назад, чтобы вывести лекарство на мировой рынок, нужно было \$500–800 млн, сейчас это уже около миллиар-

да. Этот препарат обошелся на несколько порядков дешевле — и нашему налогоплательщику, и нашей фирме. Правда, патент окончился, поэтому он уже стал дженериком.

Три часа на пару

— Субстанцию в России производят или за рубежом?

— Можем сказать с гордостью, что у нас. Мы продолжаем совершенствовать способ получения субстанции. Уже сейчас она производится намного проще и в гораздо более экологически приемлемых условиях, практически в водной среде. Сейчас запускается завод по производству препарата в Братске. Но субстанция-то наша, а вот исходные вещества для получения этой субстанции, к сожалению, приходится заказывать за рубежом. Для нашей страны это вообще самая главная беда в вопросе производства лекарств, лекарственной безопасности.

Сейчас на самом высоком уровне говорится, что нужно избавиться от зависимости от импорта всего, чего только можно. Прежде всего, надо работать над импортозамещением лекарств. Мы слышим громкие бравадные заявления наших чиновников, что мы все сделаем, синтезируем и не будем покупать совсем ничего или почти ничего.

— Разве это не так?

— В значительной степени это правда: мы действительно можем сделать все. Наш институт

в состоянии создать любое лекарство, любой дженерик плюс абсолютно инновационное лекарство. Но для того чтобы сделать среднее по сложности молекулы лекарство, нужно 20, 30, а иногда 100 исходных веществ, реагентов и растворителей, которых у нас в стране нет. Мы покупаем их за границей, а потом синтезируем препарат по нашей технологии, методологии, по нашим реакциям. Пока еще не затронуты санкциями реактивы, но часто получение реактивов и реагентов из-за рубежа буквально заблокировано нашими контролирующими органами. Видите ли, то или иное вещество может быть использовано для синтеза наркотиков, поэтому его выписывать, закупать и поставлять

«Наш институт ориентирован на поиск лекарств, которые позволяют бороться с пятью социально значимыми болезнями: гриппом, туберкулезом, ВИЧ-инфекцией, онкологическими и сердечно-сосудистыми заболеваниями. Мы работаем в этой сфере совместно с самой крупной противовирусной командой — ГНЦ вирусологии и биотехнологии "Вектор"»

нельзя. Мы не можем закупать за границей ацетон и даже соляную, серную и уксусную кислоты!

— **Тем не менее новые вещества мы синтезируем?**

— Каждый день около 50–100 (если считать промежуточные, вспомогательные и побочные продукты) наверняка. Вы понимаете, что может произойти: мы можем синтезировать и выпускать любое лекарство и не импортировать его. К счастью, у нас имеются замечательные кадры, очень хорошие синтетические школы. Их осталось уже немного, но есть такие, которые могут сделать любые лекарства. Скажу без ложной скромности, это наш институт, в нем работают 150 научных сотрудников, из них 40 докторов и профессоров, остальные — кандидаты наук. У нас один из самых «докторских» институтов, больше всего защит, есть

тридцатилетние доктора. Один сотрудник даже сумел защитить докторскую в 26 лет!

Очень хороший Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского на Урале, его возглавляют академики Олег Николаевич Чупахин и Валерий Николаевич Чарушин. В 2012 г. мы с ними удостоились Государственной премии. Президент нам руки пожимал в Кремлевском дворце за разработку лекарств, методов, методологий и законов, по которым эти лекарства создаются.

Еще очень достойная школа, можно сказать, наша альма-матер, — московский Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского. В Новосибирске есть школа академика Генриха Александровича Толстикова, моего покойного друга. Он в свое время уехал из Уфы, там сейчас часть его школы очень продуктивно работает. Я уже не говорю о нескольких синтетических школах в МГУ (академики Николай Серафимович Зефирин, Ирина Петровна Белецкая), которые лидируют в мире в области тонкого органического синтеза, также ориентированного на лекарства.

Российские синтетики-органики — эксперты мирового уровня. Они широко цитируются и по всем наукометрическим показателям входят в мировую элиту в этой области науки. Таким образом, кадры мирового уровня у нас есть. А вот с реагентами — беда.

— **Как проходит поиск? Вы целенаправленно создаете именно противотуберкулезное лекарство или разрабатываете некий препарат, который оказывается противотуберкулезным?**

— Есть несколько методологий. Наиболее старая, классическая, но до сих пор, пожалуй, самая реалистичная и эффективная — синтез по аналогии либо с природными веществами, либо с уже известными лекарствами. Имеется природное вещество определенной активности — скажем, хинин, который использовался против малярии. Ученые-синтетики начинают работать «вокруг» этого вещества. Они изменяют его строение, функциональные группы, вводят те или другие атомы и смотрят, каким образом изменяется его активность. Как правило, получают более активное вещество.

Так, несколько десятилетий назад было открыто очень активное противораковое вещество — таксол из коры тиса американского. Его очень трудно было добывать: нужно перерабатывать большое количество коры, а выделяемое количество — миллиграммы. Химики определили структуру вещества, она оказалась очень сложной, но стали синтезировать похожие молекулы. Они получили название «таксоноиды», т.е. «подобные таксолу». Среди них оказались как неактивные, так и более активные, те, которые можно синтезировать без привязки к тису — более легко, быстро и, самое главное, дешево.

Таксол сам по себе — очень сложное соединение, поэтому химики выделяли отдельные фрагменты и смотрели, какая часть молекулы ответственна за эту активность. Таким образом, с одной стороны, упростили вещество, с другой — усилили его эффективность. Это одна из эффективных стратегий, хотя и самая консервативная. То же самое применимо и в отношении некоторых других лекарственных препаратов. Берут уже известное противотуберкулезное вещество, скажем, изониазид, который раньше был очень активен и действенен, но сейчас микробы к нему привыкли, и вводят в него другой радикал, другую структурную группу. Для микробов это непривычно, они еще не знают, как с ним бороться и стоит ли это делать. Поэтому они начинают погибать.

Более современный, но гораздо более дорогой подход, который мы тоже используем, но по понятным причинам ограниченно, — это скрининг (т.е. изучение широкого спектра биологической активности) больших

рядов синтезированных, совершенно новых молекул и построения корреляции между биологической активностью и структурой соединения.

А самая передовая стратегия в поиске лекарств — использование квантовой химии для построения и распознавания биологических мишеней и определение структуры веществ-снарядов, наиболее точно бьющих по этим мишеням и не затрагивающих больше никаких органов. Это направление возглавляет у нас в стране академик Н.С. Зефирова из МГУ.

Прежде чем создать программу поиска противотуберкулезных веществ, мы включили туда десятки структур. Не просто синтезировали, и дело с концом. Из многих синтезированных нами веществ мы выбираем только те, которые подходят на основании известных или найденных нами закономерностей «структура — свойство». Скажем, в практике используется 10–20 лекарств, но, чтобы их получить, химики синтезировали и испытывали сотни и тысячи веществ. По мере исследования набор кандидатов суживается, но это все еще не лекарства, а кандидаты в лекарства.

На самом деле синтезировать вещество с нужной активностью и даже с суперактивностью — не самое главное. Дальше надо испытать, не действует ли оно негативно на другие функции организма, как организм будет реагировать на использование этого вещества через несколько лет, как

это подействует на эмбрион, если его принимают во время или до беременности и т.д. Это сейчас по мировым требованиям обязательно — стандартные доклинические и клинические испытания.

Мал реагент и дорог

— **«Клиника» у нас растягивается на несколько лет. И люди зачастую умирают в ожидании этого лекарства. Может быть, они были бы готовы его принимать и до окончания испытаний. Это же хоть какой-то шанс...**

— Совершенно верно, но есть законы: не разрешено. Особенно это относится к онкологическим препаратам. Наш институт ориентирован на поиск

лекарств, которые позволяют бороться с пятью социально значимыми болезнями: гриппом, туберкулезом, ВИЧ-инфекцией, онкологическими и сердечно-сосудистыми заболеваниями. У нас совместно с «Фармасинтезом» есть большая программа по антиВИЧ-препаратам. Д.А. Медведев

недавно сказал, что ВИЧ — наша беда. Наконец это поняли на высоком уровне. Мы работаем в этой сфере совместно с самой крупной противовирусной командой — ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор».

— **Тем самым, в котором хранятся штаммы особо опасных вирусных заболеваний?**

— Совершенно верно. Основная работа и основное финансирование начинаются после того, как открыто активное вещество. Во-первых, изучаются побочные действия. Во-вторых, для того чтобы выйти с лекарством на мировой рынок, нужно доказать, на какую конкретно мишень в организме оно действует, и знать механизм его действия. Это очень большие затраты — крупные исследования больших коллективов. По технологии обычно это многостадийные синтезы, надо провести не одну реакцию. Это может быть 10, 20 или 30 сложнейших, тончайших, где-то последовательных, где-то параллельных химических актов, в которых наряду с нужным веществом получается ряд ненужных, так называемых побочных, от которых необходимо освободиться.

Каждая стадия требует разработки своей технологии. Поэтому здесь нужны не только ученые, но и инженеры-технологи, особенно ориентированные на фармакологию, фармацевтику, — их следует растить, учить, пестовать. Но у нас сейчас не только нет исходных веществ, реагентов,

После того, как открыто активное вещество, изучаются побочные действия. Затем нужно доказать, на какую конкретно мишень в организме оно действует, и знать механизм его действия

растворителей (это продукты малотоннажной химии), но и нет или почти нет инженеров-технологов, ориентированных на фармацевтику.

— Уезжают?

— Некому уезжать, их просто вузы не выпускают. Это направление у нас в загоне. Вот наш Иркутский национальный исследовательский технический университет имеет кафедру химической технологии, но, к сожалению, она не ориентирована на фармакологию. Нет у нас сейчас таких инженеров, лаборантов и технологов, какие были на том же Усольском химфармкомбинате лет 30 назад, где могли самое сложное лекарство выпустить и использовать самое сложное оборудование. Такие технологи должны быть знакомы с современным сложным оборудованием, это безусловно. Они должны знать и химию, и технологию. А кто будет управлять сложнейшим оборудованием? Технического персонала у нас тоже нет — его нужно обучать.

Наш институт предложил программу создания научно-образовательного технологического комплекса, который, используя уникальный опыт и знания наших профессоров и докторов, сможет сначала штучно, а потом и массово готовить и инженеров-технологов, и технический персонал. Совместно с технологической кафедрой нашего политехнического института, нашим классическим университетом, медицинским университетом и институтами бывшей РАМН (они теперь в составе РАН) мы могли бы поставить такое обучение на хорошую ногу. Это взаимодействие сложилось давно, необходимо только финансирование.

— Сколько? Озвучьте, пожалуйста, цифру.

— Несколько сотен миллионов рублей. Но отсутствие такого центра может обойтись для нашей страны дороже. Вы только представьте, что будет, если и здесь нам санкциями перекроют кислород, как говорят в народе, не будут продавать лекарства. Ведь, по разным оценкам, мы импортируем от 60 до 90% медикаментов. Как мы будем жить? Я глубоко убежден, что мы недооцениваем вызов, стоящий в этой области перед нами, нашей страной. Нам нужны научно-образовательные технологические центры, ориентированные на фармацевтическую промышленность и малотоннажную химию. Пока еще у нас есть школы органического синтеза, которые могут быть основой таких центров, нужно срочно создавать фармацевтическую промышленность и промышленность тонкого органического синтеза, малотоннажную химию. Я уже говорил, что это не только ученые-синтетики, но и инженеры-технологи, технический персонал, ориентированный на фармакологию. И это малотоннажная химия, с которой у нас дело тоже обстоит очень и очень тревожно.

— Для производства реагентов для фармацевтической промышленности?

— Не только. Малотоннажная химия — это и инновационные материалы, и IT-технологии, потому что все эти носители информации, все элементы для повышения памяти наших компьютеров — это все в значительной степени органическая, элементноорганическая и неограниченная химия. Все это требует реагентов, причем новых и более эффективных, чем существующие. Академик Жорес Иванович Алферов получил Нобелевскую премию за создание элементной базы IT-технологий (он разработал полупроводниковые гетероструктуры и создал быстрые опто- и микроэлектронные компоненты). У нас есть очень хороший задел, опыт, нам надо его не потерять.

В Советском Союзе, по разным данным, производилось где-то около 20 тыс. органических и неорганических реагентов — продуктов малотоннажной химии. В США — примерно столько же. Мы были на одном уровне, в равных весовых категориях. Сейчас в России выпускают 500 реагентов, а в Соединенных Штатах, грубо говоря, 200 тыс. Нам срочно надо поднимать малотоннажную химию. Недавно мы с исполняющим обязанности директора Иркутского научного центра СО РАН доктором химических наук Андреем Викторовичем Ивановым выступали на конференции по малотоннажной химии с общим докладом, в котором об этом говорили.

— Возможно, малотоннажная химия — дело убыточное?

— Напротив, это чрезвычайно прибыльно, потому что никакая другая отрасль не требует так мало вложений. Это может быть несколько тонн, иногда несколько килограммов, иногда несколько десятков килограммов, поэтому на входе требуется не так много капиталовложений. А отдача очень большая. Получаются продукты с добавленной стоимостью, в десятки и сотни раз превышающей вложенный капитал.

В нашей лаборатории синтезирован тетрагидроиндол — одно из базовых соединений для синтеза лекарств, и технология его разработана. Один грамм этого вещества по зарубежным каталогам стоит от 100 до 150 евро.

— Дороже золота.

— Во много раз дороже. По нашей технологии килограмм может стоить дешевле ста евро. Это 1000–1500% прибыли.

Нет дыма без вреда

— Вернемся к внедренным препаратам. Ацизол...

— ...это антидот, противоядие против угарного газа и других токсичных продуктов горения. Мы знаем, что сейчас продукты горения многих пластиков более токсичны, чем даже окись углерода.

Препарат разрабатывался еще в советское время для подводников — он еще и антигипоксант, т.е. помогает людям в тех условиях, когда мало кислорода.

Почему человек получает отравление оксидом углерода? Оксид углерода CO связывается с гемоглобином. Гемоглобин у нас переносчик кислорода: он в легких насыщается атмосферным кислородом и через систему капилляров доставляет его органам: в сердце, мозг и т.д. CO блокирует активность гемоглобина и не позволяет ему связывать кислород. Все, он становится неактивным.

Наш ацизол проводит разблокировку. Он не допускает связывания CO с гемоглобином. Это первый в мире антидот против окиси углерода. Он нужен пожарным, тем, кто подвергся отравлению — надыхался оксидом углерода. Сейчас у нас, к сожалению, много лесных пожаров. Работающие на них пожарные получают большие дозы этого яда. Но ацизол настолько эффективен, что позволяет вернуть человека, уже смертельно отравившегося окисью углерода, буквально с того света.

— **Он работает быстро?**

— Да, причем не только излечивает, но и используется для профилактики. Пожарный, боец МЧС, солдат может и должен иметь в аптечке ацизол и сделать себе инъекцию или принять капсулу, когда идет в очаг задымления. Таким образом он спасается. Несколько лет назад, когда у нас в Иркутске выехал за полосу самолет А310, на борту вспыхнул пожар. Много детишек пострадало. У нас тогда были только выставочные образцы ацизола, но мы оперативно их доставили в Ивано-Матренинскую больницу, и благодаря этому препарату многие дети остались живы. Понятно, что этот препарат нужен и тем, кто дежурит на тяжело загазованных автомобилях улиц, например полиции.

— **В 2010 г. назад в Москве был страшный смог. В такой ситуации его можно было использовать?**

— Нужно. Но, к сожалению, факторы, далекие от истинной необходимости, оказываются более сильными. Несмотря на то что есть приказы и по Министерству обороны, и по МЧС, и по Минздраву, что этот препарат должен быть в аптечках, до сих пор ацизол выпускается нерегулярно и в ограниченных объемах. У нас нет генерального заказа, нет финансов. Деньги на науку и на разработку лекарства — это финансирование самых что ни на есть высоких технологий. Мы говорим, что

Новейшие разработки иркутских фармакологов большей частью не имеют мировых аналогов



нужно их развивать, а на самом деле финансирование на науку постоянно снижают. А ведь фармакология и фармацевтическая промышленность — это безопасность страны. Я абсолютно убежден, что лекарственная безопасность сейчас должна стоять у нас на первом месте, ее нужно обеспечивать в первую очередь. Над этим нужно работать, пока не поздно.

— **Что может сдвинуть ситуацию с мертвой точки? Должен же быть кто-то в стране заинтересованный и понимающий? Бизнесмены, политики, экономисты.**

— Я вижу единственный путь — реальный интерес бизнеса. Перхлорон появился в клиниках именно потому, что им заинтересовались компания «Фармасинтез» — люди бизнеса, которые и стали его финансировать. У нас есть препарат анавидин — это суперантисептик, во многих отношениях лучше антисептиков, которые закупаются за большие деньги за рубежом. Он создан в нашем институте, выпускался на нашем опытном производстве по инициативе и при финансировании заинтересовавшегося им бизнесмена. Сейчас, насколько нам известно, производится одна из его модификаций.

У нас есть много препаратов растительного происхождения, это еще одно направление нашей работы. Например, дигидрокверцетин — это капилляропротектор, сильный природный антиоксидант, хорошее средство против атеросклероза, он поддерживает работу сердца и сосудов, замедляет процессы старения. Сейчас его производят различные фирмы по всей России. ■

Беседовал Валерий Чумаков

A stylized pink figure with white dots and lines on a blue background. The figure has a rectangular head with two large white eyes, a dark brown body, and pink limbs. White dots are connected by thin white lines, forming a network around the figure. The background is a solid blue color with some white curved lines.

Время для НОВЫХ ПОДХОДОВ

Свое здоровье ближе к телу, поэтому нас всех волнуют вопросы медицины. Что нового придумали врачи и исследователи? Как дожить до старости, сохранив здравый ум, твердую память и трезвый рассудок? Можно ли заранее узнать слабые места своего организма? Об этом рассказывает заместитель председателя СО РАН, председатель объединенного ученого совета по медицинским наукам СО РАН, член бюро отделения медицинской науки РАН, руководитель отдела экспериментальной и клинической нейронауки в НИИ физиологии и фундаментальной медицины академик **Любомир Иванович Афтanas**.

Методы клеточной терапии всегда сопряжены с риском, поскольку манипуляция способна стать источником онкогенной активности

Магнитом по депрессии, фитнесом мозга по когнитивной деградации

После реформы РАН в области медицины были выделены несколько приоритетов, соответствующих мировым, чтобы в условиях сжимающегося финансирования сконцентрировать ресурсы на действительно ключевых векторах, где возможно в той или иной мере получить прорывные результаты. Одно из главных направлений — нейронаука. Я возглавляю НИИ физиологии и фундаментальной медицины, а также отдел экспериментальной и клинической нейронауки в этом институте, поэтому такой вектор мне профессионально наиболее близок.

Сегодня на передний план выходят нейродегенеративные заболевания, такие как болезни Альцгеймера, Паркинсона и Хантингтона. Корреляция прямая: чем преклоннее возраст, тем выше риск возникновения подобных недугов, поскольку с годами теряется нейрональная пластичность мозга и, как следствие, начинается деградация когнитивного и эмоционального ресурсов. В итоге мы получаем предпосылки к возникновению нейродегенеративных заболеваний, и в течение ближайших 15–20 лет ожидается удвоение количества таких пациентов.

Если мы говорим про аффективные расстройства, число страдающих которыми тоже растет очень быстрыми темпами, то это в основном депрессии, панические атаки и тревожность. Однако на передний план выходят именно депрессивные состояния. Они опасны не только в связи с суицидальным поведением, но еще и по причине инициирования супрессии иммунной системы, что приводит к целому каскаду негативных последствий. По данным специальных эпидемиологических исследований, практически в 95% случаев возникновение онкопатологии предваряется выраженным в той или иной мере нарушением эмоций депрессивного круга.

В отношении депрессии существует важный момент: приблизительно одна треть пациентов не реагирует на фармакотерапию, следовательно, весь имеющийся у врача круг препаратов для лечения такого недуга может оказаться бесполезным для данного конкретного человека. Соответственно, нужны альтернативные нефармакологические подходы к модуляции функций мозга. Наши подразделения, как и ведущие центры в мире, начали исследовать в данной связи терапевтический эффект транскраниальной магнитной стимуляции. Суть технологии — в воздействии мощного

электромагнитного импульса на определенные участки коры головного мозга с учетом их функциональной специализации. В случае депрессии это дорсолатеральная префронтальная кора, участвующая в механизмах генерации негативного аффекта. Персонализация точности позиционирования стимулирующей катушки у конкретного пациента достигается в результате магнитно-резонансного сканирования головного мозга, координаты МРС пациента передаются на робот-манипулятор системы стимуляции. Далее выполняется курс стимуляции, эффективность которого достаточно высока. Мы проводим исследования и разрабатываем новые нейротехнологии в рамках данного направления, например для болезни Паркинсона. Арсенал фармакологических воздействий на данное заболевание ограничен: существует всего один препарат, оказывающий специфическое действие на причину заболевания — леводопа. Однако к нему в ряде случаев развивается резистентность, либо он провоцирует побочные эффекты. Мы разработали технологию ритмической транскраниальной магнитной стимуляции на две мишени заболевания — двигательные поражения (тремор, брадикинезия и прочие) и сопутствующую депрессию, возникающую зачастую как реакция в ответ на осознание невозможности полного излечения. Этот подход оказался эффективным для ряда клинических форм болезни Паркинсона.

Для депрессий характерна еще одна особенность — длительный латентный период ответа на фармакотерапию. Предположим, поступает пациент в остром состоянии, а реакция на препарат может развиваться только через четыре-восемь недель, до этого нельзя судить об эффективности. Поэтому подходы, которые связаны с определением маркеров или предикторов чувствительности данного пациента как к нейрофармакологическому, так и нефармакологическому воздействию, — также очень важное направление исследований наших подразделений.

В последние несколько лет в нейронауке начало развиваться еще одно направление — разработка технологий «фитнеса мозга» (*brain fitness*), основанная на двух основных постулатах. Первый: чем больше работает этот орган, тем дольше он сохраняется в высоком функциональном состоянии. Второй и более важный: активная деятельность мозга — самое надежное средство профилактики возникновения нейродегенеративных заболеваний. Поэтому сейчас разрабатывается целый комплекс стимуляционных подходов, позволяющих держать наш главный «процессор» в оптимальной форме и замедлять его естественное старение, а также предохранять от преждевременного.

Психосоматическая патология — еще один актуальный аспект клинической нейронауки. Возьмем, например, эссенциальную (или индуцированную

стрессом) артериальную гипертонию. Существует клинический вызов: несмотря на нормализацию периферического артериального давления с помощью фармакологических воздействий, ускоренное старение мозга продолжается, т.е. с помощью традиционных подходов его не удастся остановить. Здесь мы предлагаем нейротехнологии воздействия на осцилляторные системы вышеозначенного органа, что позволяет улучшать нейрональную пластичность и замедлять процессы ускоренного старения мозга у данных пациентов. Поэтому современная терапия гипертонии заключается в том, чтобы работать не только с сосудами, но и с интегративными и регуляторными системами мозга.

СПРАВКА

Любомир Иванович Афтанас

- Доктор медицинских наук, профессор, академик РАН.
- Родился в поселке Жовтень Ивано-Франковской области Украинской ССР. В 1979 г. окончил лечебный факультет Ивано-Франковского государственного медицинского института.
- В 1979–1982 гг. — врач-психиатр/психотерапевт отделения пограничных состояний психоневрологической клиники.
- С 1985 г. после окончания аспирантуры и по настоящее время работает в Институте физиологии и фундаментальной медицины СО РАН, пройдя путь от старшего научного сотрудника до директора.
- В 2011 г. — вице-президент РАМН, в 2013 г. — член Президиума РАН, заместитель председателя СО РАН.
- Сфера научных интересов: нейрофизиологические механизмы эмоций у человека, индивидуально ориентированная неинвазивная нейрофизиологическая коррекция нарушения эмоционального пространства у больных с неврозами и психосоматическими расстройствами.
- Автор более 200 научных работ, в том числе пяти монографий, трех патентов.
- Член авторитетных международных организаций в области клинической и экспериментальной нейронауки, действующий вице-президент Международного союза по приполярной медицине (*IUCH*; первый представитель от РФ), почетный член Российского общества психиатров,
- Главный редактор «Сибирского научного медицинского журнала», член редколлегии журналов «Вестник РАМН», «Бюллетень экспериментальной биологии и медицины» и др.
- Награжден Международным союзом по приполярной медицине именной медалью и премией им. Артура Хилдса; лауреат премии Президиума РАМН в области фундаментальных исследований, дипломант Фонда содействия отечественной медицине Президиума РАМН; награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени.

Важным разделом в технологии *brain fitness* становится использование ингаляций благородных газов в определенных концентрациях. Мы работаем с ксеноном в субнаркотических дозах и создаем технологии предотвращения эксайтотоксичности (т.е. повреждения нейронов в результате перевозбуждения глутаматных рецепторов) в результате черепно-мозговой травмы, а также лечения резистентных форм депрессии и панических расстройств.

Каждому — по потребностям

Рассматривая проблему сердечно-сосудистых заболеваний и атеросклеротического поражения сердечно-сосудистой системы, я бы отметил исследования в области прогнозирования стабильности и нестабильности атеросклеротической бляшки. Нестабильная бляшка — причина высокой смертности. В НИИ терапии и профилактической медицины разработана оригинальная технология предсказания ее поведения. С технологической точки зрения важно иметь объективные методы прогноза и исходя из этого проводить терапию или определять тактику ведения того или иного пациента. А коллегами в Якутском научном центре под руководством профессора М.И. Томского установлены важные этнические особенности формирования атеросклеротической бляшки: оказывается, у якутов по сравнению с европеоидами она образуется по более доброкачественному варианту, прорастая вглубь сосудистой стенки, а не в просвет сосуда. С участием инновационных компаний и ФГБУ «НИИ терапии и профилактической медицины» у нас разработана тест-система для быстрого «прикроватного» определения повышенного уровня раннего кардиомаркера сердечного белка, связывающего жирные кислоты (сБСЖК) в цельной венозной крови. Использование экспресс-теста оказывает помощь в ранней диагностике острого инфаркта миокарда, особенно в первые 18 часов от начала клинических проявлений. Наличие подобной системы важно в формировании тактики ведения конкретного пациента. Технология прошла клинические испытания и готова к практической реализации.

В последнее время также популярна тема рисковометров. По данным анализа спектра липидов крови, поведенческих и других факторов квантифицируются риски и строится индивидуальный прогноз возникновения сердечно-сосудистой патологии. Исходя из последнего разрабатываются индивидуальные стратегии по ведению пациента — либо уже сейчас, либо, в соответствии с выявленными перспективами, в будущем. Здесь очень широко используются подходы персонализированной медицины, когда становятся обязательными геномная и протеомная диагностика. Пока эти диагностические методы (особенно протеомный



анализ) стоят дорого, но точность их очень высока. Например, протеомный анализ самых ранних стадий рака простаты дает точность диагностики до 96%. Мы надеемся, что по мере удешевления эти технологии получат массовое применение в практической медицине, а это позволит перевести на совершенно иной уровень весь лечебно-диагностический процесс. Ведь что такое среднестатистическая терапия сегодня? Человеку ставят диагноз, далее — лототрон со среднестатистически эффективными препаратами. Вам достается один из них, и существует всего лишь вероятность, что правильно назначенные средства помогут именно в вашем случае. Поэтому персонализация — радикальный шаг, который, безусловно, важен и нужен для развития медицины.

Особенно принципиален персонализированный подход в лечении рака — в связи с тем, что экономическая составляющая очень высока. Наши ученые из НИИ онкологии разработаны эффективные технологии персонализации терапии с учетом полиморфизмов генов опухоли, предикторов опухолевого роста, особенностей метилирования генома и т.д. Персонализированная терапия чрезвычайно актуальна и в иммунологии. В клинике иммунопатологии ФГБНУ «НИИ фундаментальной и клинической иммунологии» (НИИФКИ) разрабатываются технологии персонализации цитокиновой терапии тяжелейших поражений при ревматоидном артрите. Здесь есть определенные

решения и продвижение, но они требуют большей технологизации и удешевления для массового применения.

Что было, что будет, чем сердце успокоится

Еще одно приоритетное направление — клеточные и аддитивные технологии, 3D-принтинг, путь к инженерии органов. Названные области биомедицины сегодня стремительно развиваются. Как это должно работать? Человек рождается, на старте жизненного цикла у него забирают биообразец и помещают последний в криобанк. Тем самым ты становишься сам для себя «контролем» в динамике собственной жизни, любые патологические изменения сравниваются с исходным состоянием. А оставленные биообразцы — важнейший персональный пул, источник генерации новых тканей и органов в зависимости от возникающей потребности и состояния.

Здесь возможны два варианта: перепрограммировать стволовые клетки на нужные или стимулировать выход и миграцию уже существующих в организме. НИИ фармакологии и регенеративной медицины им. Е.Д. Гольдберга активно развивает второе направление: уже созданы реальные препараты, позволяющие управлять регенеративным ресурсом при различных патологических состояниях. Но и здесь не все так просто. Например, в миокарде есть собственные стволовые клетки, однако они не спешат мигрировать в зону инфаркта во время острой фазы его возникновения.

В клеточных технологиях есть еще один важнейший вызов: манипуляции со стволовыми клетками могут инициировать процессы онкогенеза, поэтому аспекты безопасности становятся ключевыми. И когда кто-то утверждает, что сейчас с помощью клеточной терапии сделает то-то и то-то, нужно быть очень внимательными, поскольку всегда есть риск, что манипуляция способна стать источником онкогенной активности, часть клеток выйдет из-под контроля и начнет дифференцироваться как раковые. Это принципиальный аспект безопасности пациента.

В связи с изложенным выше я всегда рассказываю анекдот: спросили у нобелевского лауреата-синоптика, можно ли сегодня со стопроцентной вероятностью предсказать погоду на завтра. Он сказал: «Да, но для этого нам нужно работать месяц». Приблизительно так выглядит и современная медицина: нынешний этап развития знаний таков, что известно уже очень многое, с пациентом мы в состоянии сделать массу различных манипуляций, но для этого требуются достаточно много времени и огромное количество денег. Имплементация таких технологий, их рутинизация и удешевление, безусловно, произойдут в ближайшем будущем. Однако этот процесс займет определенное время. ■

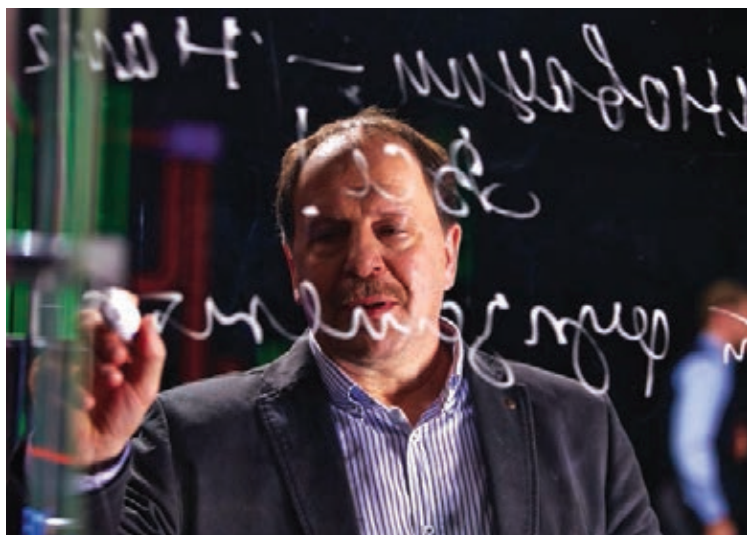
Подготовили Виктор Фридман и Юлия Позднякова

Философия новых материалов

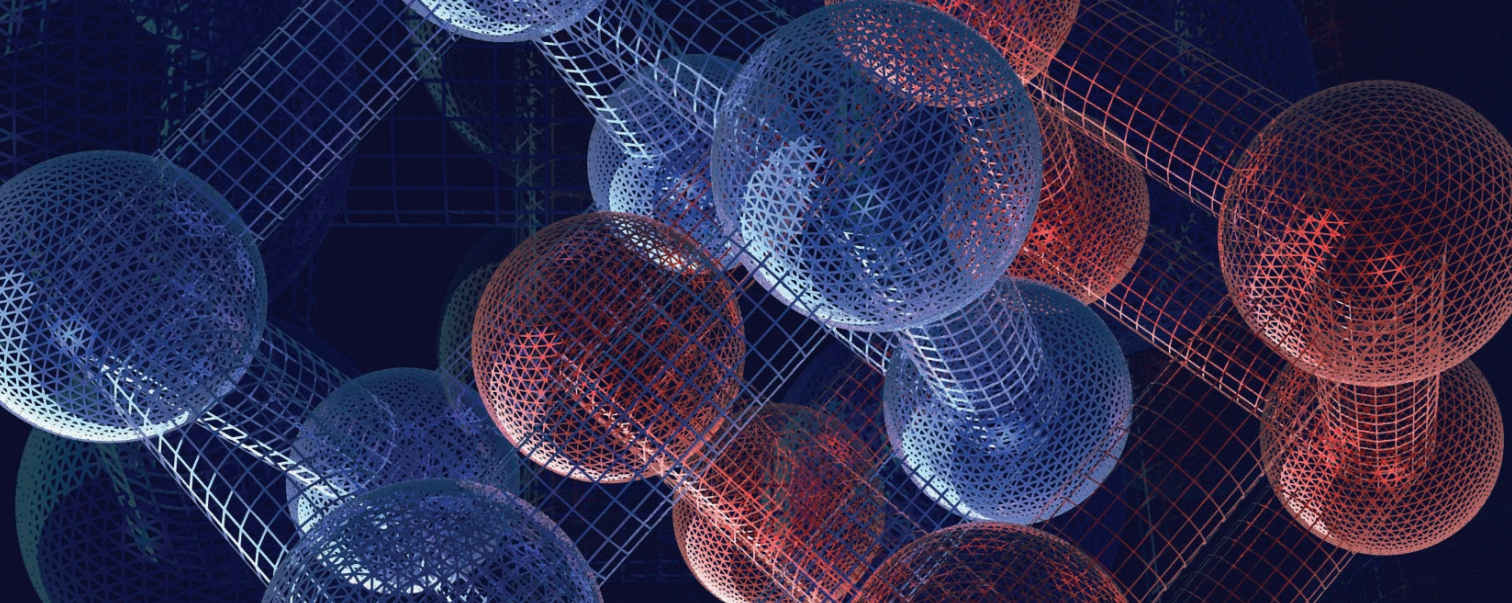
В разговоре с нашим корреспондентом директор Института физики прочности и материаловедения член-корреспондент РАН **Сергей Григорьевич Псахье** подчеркнул, что примененный учеными подход к созданию наноструктурных агентов для новой противораковой терапии представляет собой лишь одну из возможностей развиваемого в его институте нового научного направления — физической мезомеханики.

Это направление было сформулировано еще в 80-х гг. прошлого века. Основоположником его был академик Виктор Евгеньевич Панин. Кстати, совсем недавно, 10 ноября, мы отмечали его юбилей. Введение новых терминов и понятий всегда вызывает противодействие, это такой здоровый консерватизм: новые представления должны проходить через цикл острых дискуссий, и мезомеханика не стала исключением. В острых дискуссиях с корифеями она закалилась и завоевала признание в научном мире. В ее основе лежит многоуровневая концепция, согласно которой при разработке новых материалов необходимо учитывать то обстоятельство, что процессы в них происходят на разных структурных уровнях. Это генерация, движение и аннигиляция дефектов различной размерности, образование, рост, слияние и фрагментация зерен и т.д. Важно, что все эти процессы связаны друг с другом и именно эта взаимосвязь определяет свойства материала, его поведение в различных, в том числе экстремальных условиях. Для придания материалам новых свойств иногда достаточно внести, казалось бы, совсем небольшие изменения в эту иерархию. Таким образом мы можем, например, увеличить усталостную прочность в десятки раз. И такие разработки уже есть.

Говоря проще, мезомеханика — это многоуровневый подход к разработке перспективных материалов, согласно которому материал следует



Международная группа исследователей из России, Словении, Германии, США и Израиля во главе с учеными из Института физики прочности и материаловедения (ИФМП) СО РАН и Томского политехнического университета (ТПУ) уже несколько лет успешно работает в области применения нанотехнологий для подавления роста раковых клеток. С российской стороны в коллектив также входят ученые из Томского государственного университета (ТГУ), Отдела структурной макрокинетики ФГУН «Томский научный центр (ТНЦ) СО РАН» и Сколковского института технологий (Сколтеха). О значимости исследований говорит и уровень публикаций, в том числе в журналах *Nature Publishing Group*. Ученые работают на стыке наук, там, где физика и химия встречаются с биологией.



рассматривать как среду, в которой постоянно происходят изменения, причем на всех уровнях, от микро- до макро-. Все эти уровни связаны друг с другом, и, зная характер существующих связей, можно управлять вполне определенными свойствами материала.

Сегодня это научное направление переживает своеобразный бум: практически во всех ведущих странах мира создаются программы, инициативы и научные центры по данной тематике. Это обусловлено тем, что традиционные взгляды почти исчерпали свои возможности и необходимо развивать новые способы управления свойствами материалов. И в основе лежат принципы, когда-то заложенные в Томске академиком В.Е. Паниным. Сейчас этот подход становится общим фактически для всей науки о материалах, и мы в числе лидеров. Именно на этой основе мы разрабатываем самые различные материалы, в том числе для ядерной энергетики, авиакосмической техники, для применения в условиях Арктики. Многоуровневый подход мезомеханики позволяет развивать и другие направления. Например, совместно с Ракетно-космической корпорацией «Энергия» им. С.П. Королева мы разрабатываем многоуровневый подход в направлении, которое известно как «динамическое моделирование и проектирование конструкций». В этой области многоуровневый подход позволит учесть иерархию внутренней структуры материала при проектировании сложных конструкций и механических систем космических аппаратов. Разработчики получают возможность находить новые конструкторские и инженерные решения. Это направление развивается нами совместно с Томским политехническим университетом и Томским государственным университетом.

Может быть, я увлекаюсь, но должен сказать, что считаю этот подход универсальным и выходящим за рамки науки о материалах. Это почти философский подход, приложимый к разнообразным сложным системам, даже социальным.

Сегодня исследования иерархически организованных структур ведутся по двум направлениям —

это так называемые твердые (*hard matter*) и мягкие (*soft matter*) материалы. Сейчас в стадии бурного становления находится новая научная дисциплина — *soft matter science*. Она еще не имеет общепринятого названия на русском языке, пока оно звучит как «наука о мягкой материи». Характерно, что для этой научной дисциплины актуальны те же принципы, что и для физической мезомеханики.

Но давайте вернемся к биомедицинским приложениям. Управление структурой материала на уровне с характерным масштабом ниже, чем нано-, т.е. фактически на атомном, показало, что даже, казалось бы, незначительные изменения могут приводить к изменению отклика на макроскопическом уровне, менять свойства наночастиц порой самым неожиданным образом. Это позволило нам разрабатывать наноструктуры для создания противораковых агентов с необходимым комплексом свойств.

Первое направление связано с созданием структуры, получившей название феррилипосома. Она представляет собой пузырек, окруженный мембраной — бислоем фосфолипидов. В этот пузырек по специальной технологии помещались наши наночастицы, полученные с помощью механохимической обработки. Планировалось использовать магнитные свойства наночастиц для так называемого магнитного нацеливания и доставки химиопрепаратов или других лекарственных средств непосредственно к раковой опухоли. Уже в процессе экспериментов выяснилось, что помимо необходимых магнитных свойств эти частицы вследствие определенных особенностей атомного устройства обладают и уникальными контрастными свойствами. Проведенный в Томске, Словении и США цикл исследований завершился публикацией в журнале *Nature Nanotechnology*. Об интересе к работе и перспективности полученных результатов говорит тот факт, что, согласно данным базы данных научного цитирования *Web of Science*, созданной компанией *Thomson Reuter*, на эту работу уже сослались более чем в 140 статьях.



Д. Шехтман и С.Г. Псахье в мемориальном доме-музее академика П.Л. Капицы

— Это был первый этап. Он, как я понимаю, уже пройден. В чем суть того, что вы делаете сейчас?

— В данный момент мы развиваем подход, также использующий возможности атомного проектирования наноструктур: создаем так называемые низкоразмерные наноструктуры различной морфологии. Они представляют собой как бы скомканные листы, толщина которых не превышает нескольких нанометров, и могут быть в форме агломератов, отдельных нанолепестков или декорировать поверхность микроволокон. Особенности атомной структуры поверхности этих наноструктур определяют концентрацию и мощность активных центров. Наши исследования показали, что именно они и ответственны за противоопухолевую активность. Долгое время мы не могли определить механизм подавления жизнеспособности раковых клеток агломератами наших низкоразмерных наноструктур. Важную роль сыграло компьютерное моделирование. Использование полноатомного моделирования методом молекулярной динамики позволило, сопоставляя различные сценарии воздействия на раковые клетки с экспериментальными исследованиями, проанализировать их. В результате мы пришли к выводу,

Путь от научного результата до препарата, который можно купить в аптеке, занимает годы

что имеем дело не с химическим, а с физическим принципом воздействия. Дело в том, что активные центры на поверхности нанолистов меняют ионный баланс в приклеточной среде. В результате нарушается функционирование механизмов, определяющих трансмембранные потоки. Раковая клетка начинает испытывать недостаток энергии, она как бы голодает. Поскольку раковым клеткам для обеспечения жизнедеятельности и размножения требуется энергии больше, чем нормальным, то они очень чувствительны к «режиму питания» и плохо переносят его нарушения и сбои, становятся более чувствительными к внешним воздействиям.

Что еще важно: поскольку действие противораковых агентов на основе этих низкоразмерных наноструктур не химическое и не приводит к появлению новых химических соединений, то они безвредны для организма. Наша разработка уже защищена российским патентом, подана заявка на международный патент.

— То есть уже скоро мы будем иметь новое лекарство против рака?

— К сожалению, не скоро — в этой области путь от научного результата до препарата, который можно купить в аптеке, занимает годы. Но если использовать нашу разработку как дополнение к уже

существующим лекарствам, сроки можно значительно сократить. Поэтому наши словенские коллеги провели эксперименты, где наши противораковые агенты использовались в качестве дополнительного фактора при лечении

стандартно применяемым в противораковой терапии химиотерапевтическим препаратом доксорубицином. Этот препарат, как и другие химиопрепараты, очень токсичен и при лечении онкологических заболеваний отравляет весь организм. В наших экспериментах доксорубицин использовался в минимальных дозах. Эксперименты показали, что даже в случае очень агрессивных форм рака, например при меланоме, предварительное

воздействие нашими агентами приводило к кратному повышению эффективности действия стандартного химиопрепарата. Это, безусловно, весьма многообещающий результат, который может быть основой новых стратегий лечения.

— Почему именно Томск оказался в эпицентре этих научных событий?

— Вне всякого сомнения, успехи томских ученых далеко не случайны: ведь в Томске на протяжении уже без малого 90 лет существует одна из старейших в стране научных школ в области материаловедения, физики прочности и пластичности. Основоположителем ее в начале прошлого века был академик В.Д. Кузнецов. Сегодня она развивается Институтом физики прочности и материаловедения СО РАН как меж- и трансдисциплинарное направление. Нужно подчеркнуть, что это направление активно поддерживается в рамках программ ведущих университетов ТПУ и ТГУ, проектами Российского научного фонда, Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг.». Безусловно, нельзя недооценивать роль и значение международной кооперации с ведущими научными центрами.

Следует отметить, что на протяжении более десяти лет нами в кооперации с учеными из других институтов, в том числе зарубежных академий, выполнялись интеграционные междисциплинарные и международные проекты Сибирского отделения РАН. Проекты были посвящены различным приложениям физической мезомеханики в области прочности, пластичности, химического материаловедения, геодинамики, биологии, информационных технологий, инженерных наук и т.д. Это позволило, опережая время, сформировать прообраз сетевой формы организации научных исследований и выработать новые компетенции, определяющие сегодня конкурентоспособность в области многоуровневого подхода в науке о материалах и разработке материалов с иерархической структурой. Именно это позволило разработать комплексный план фундаментальных научных исследований по тематике «Перспективные материалы с многоуровневой иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций», цель которого — повышение эффективности реализации Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук (ПФНИ ГАН) путем создания горизонтальных связей при выполнении госзаданий. При этом государственные задания семи академических институтов, организаций-участников, остаются без изменений. Повышение эффективности достигается благодаря интеграции ключевых компетенций и ресурсов организаций-участников

для выполнения ПФНИ ГАН при сохранении научными организациями статуса юридических лиц и возможностей развития своих уникальных, в том числе междисциплинарных компетенций, а также благодаря возможности создания временных альянсов с организациями-партнерами комплексного плана для формирования и выполнения проектов, грантов, контрактов, ориентированных на вовлечение результатов исследований по направлениям ПФНИ ГАН в реальный сектор экономики РФ. ■

Беседовал Владимир Покровский

СПРАВКА

Сергей Григорьевич Псахье

- Доктор физико-математических наук, профессор, директор Института физики прочности и материаловедения (ИФМП) СО РАН, член-корреспондент Российской академии наук (2011).
- Окончил Томский государственный университет (1977), выпускник кафедры физики металлов физического факультета.
- В 1977–1979 гг. — аспирант Томского государственного университета.
- С 1979 г. работал в Институте оптики атмосферы СО РАН в отделе физики твердого тела, научный сотрудник, с 1982 г. старший научный сотрудник. Кандидат наук (1981).
- С 1984 г. работает в ИФПМ СО РАН, старший научный сотрудник, с 1985 г. — руководитель лаборатории. Доктор наук (1990).
- С 1991 г. — профессор Томского государственного университета.
- В 1994–1995 г. работал в Университете Северной Каролины (США). С 2002 г. — директор Института физики прочности и материаловедения СО РАН.
- С 2006 г. — профессор Томского политехнического университета, заведующий кафедрой.
- В 2005–2012 гг. — председатель Президиума Томского научного центра СО РАН. В 2011 г. избран членом-корреспондентом РАН.
- Область научных интересов — физика твердого тела, физическая мезомеханика, нанотехнологии и их применение в биологии и медицине, трибология, геодинамика, дискретные методы многоуровневого моделирования.
- Автор и соавтор более 200 научных работ, в том числе пяти монографий.
- Член редколлегий нескольких международных журналов.
- Был награжден орденом Дружбы (2007), почетным знаком СО РАН «Серебряная сигма» (2007), почетным званием «Заслуженный ветеран СО РАН» (2005), юбилейной медалью «400 лет городу Томску» (2004), почетной грамотой президиума РАН (1999), лауреат премий СО РАН в 1980 г. и 1990 г.

Механохимия — фармацевтике



Сибирские химики могут улучшить доставку лекарства, повысить его эффективность и снизить побочные эффекты. О последних достижениях химии твердого тела в области фармацевтики рассказывают сотрудники Института химии твердого тела и механохимии (ИХТТМ) СО РАН.

Академик Николай Захарович Ляхов, доктор химических наук, директор института:

— Наше основное направление — исследование реакционной способности твердых тел, например лекарства, растворяющегося в желудке или кишечнике. Процесс можно замедлить или ускорить. Я думаю, это перспективная сфера деятельности для фармацевтики вообще, и ИХТТМ в нее естественно вписался. В партнерстве с ФГБУН «Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН» мы рассчитываем добиться в этой области значительных результатов.

Максимальная экстракция

Олег Иванович Ломовский, заместитель директора по научной работе, доктор химических наук:

— Наша лаборатория занимается традиционной химической задачей — улучшением экстракции. Процесс сложен: если в растительном сырье содержатся антиоксиданты, во время извлечения

их количество сильно уменьшается. Особенно неприятно, когда это происходит с очень ценными и лабильными соединениями, например с гиперцином — пигментом красного цвета, который содержится в зверобое и используется при терапии депрессии (на его основе немецкие фармацевты создали антидепрессант «Негрустин»). Проблема в том, что гиперцицин крайне неустойчив, его

трудно стабилизировать, и в конечном препарате концентрация действующего вещества скачет от партии к партии. Чтобы исправить ситуацию, мы применили твердофазные процессы и провели с гиперицином реакцию образования соли, а последнюю затем растворили, благодаря чему выход экстракции соединения стал в 12 раз больше, чем в стандартных препаратах. Это одно из достижений твердой химии в фармацевтике.

В нашем институте научились выделять натуральный серотонин из оболочек: мы доказали, что он содержится в неплодовых частях — коре, переработали ее, провели механохимические манипуляции в специальных машинах-активаторах (без активации серотонин не выделяется) и в результате получили препарат с очень высокой концентрацией серотонина. Порошок похож на муку, ее можно добавлять в пищу, например в хлеб. Сейчас в Новоалтайске завершается строительство завода, где будут производить эту добавку в промышленных объемах.

Второе направление нашей лаборатории — механоферментативные реакции. Мы выделили механохимическим методом из клеточной стенки дрожжей маннанолигосахариды (МОС). Стенки желудка человека, как и животных, покрыты похожими олигосахаридами. Бактерии закрепляются внутри желудка благодаря соответствующим сайтам связывания, реагирующим на МОС. Введение дополнительных МОС позволяет обмануть микроорганизмы. С заблокированными рецепторами они



Заместитель директора ИХТТМ
СО РАН О.И. Ломовский

СПРАВКА

Николай Захарович Ляхов

- Директор Института химии твердого тела и механохимии СО РАН, академик РАН.
- Родился в Талды-Курганской области Казахстана.
- В 1969 г. окончил Новосибирский государственный университет, с тех пор работает в СО РАН.
- С 1997 г. возглавляет Федерацию химических обществ им. Д.И. Менделеева.
- Член исполкома Федерации Европейских химических обществ, организатор и первый президент Сибирской ассоциации материаловедов, главный редактор международного журнала «Химия в интересах устойчивого развития» СО РАН, член редколлегии журнала «Химическая технология» и международного журнала KONA.
- Специалист в области гетерогенной кинетики твердофазных реакций.
- Сфера научных интересов: материаловедение, реакционная способность твердых тел.
- Автор около 150 научных работ, в том числе двух монографий и одного учебного пособия.
- Увлечения: активный отдых.

Олег Иванович Ломовский

- Заместитель директора Института химии твердого тела и механохимии по научной работе, заведующий лабораторией химии твердого тела, доктор химических наук, профессор.
- Сфера научных интересов: химическая кинетика и механизмы твердофазных реакций, их технологические и материаловедческие приложения.

не могут закрепиться на поверхности эпителиальных клеток и проходят желудочно-кишечный тракт транзитом. Это соединение — единственная реальная альтернатива антибиотикам: цитотоксики уничтожают все бактерии подряд, а использование МОС дает возможность сделать это выборочно. Производственное объединение «Сиббиофарм» уже начало выпуск продукции на основе данной разработки.

Третье направление — механохимическая реакция образования комплексов из растительного сырья. На нашем совместном с компанией «Мех-центр» опытным производстве мы проводим совместную механохимическую обработку зеленого чая с рисовой шелухой, содержащей 20% кремнезема: компоненты растительного сырья взаимодействуют друг с другом, получаются растворимые комплексы и в результате — высокие концентрации кремния в растворах. Эта технология — высший пилотаж в нашей области — в настоящее время начинает активно применяться в птицеводстве: от присутствия кремния зависит прочность костей цыплят-бройлеров, и наша разработка помогает их укрепить. ■



Главный научный сотрудник ИХТТМ СО РАН Ю.М. Юхин

Наноимпортозамещение

Юрий Михайлович Юхин, главный научный сотрудник института, доктор химических наук:

— Когда 25 лет назад появился голландский противоязвенный желудочный препарат де-нол на основе висмута, мы с помощью томских коллег сделали очень хорошую субстанцию для дженерика. Голландцы и другие зарубежные специалисты используют на стадии кристаллизации метиловый спирт, мы же создали соединение, которое умеренно растворимо в воде и хорошо таблетруется. Более того, оно лучше очищено от токсичных тяжелых металлов по сравнению с импортным оригиналом.

Шесть лет назад в России де-нол вошел в перечень жизненно необходимых лекарственных средств, и к нам обратился с предложением о сотрудничестве московский Государственный институт лекарственных средств и надлежащих практик (ГИЛС и НП). С его помощью нам удалось получить лицензию на производство и весь пакет документов, позволяющих нашему институту производить этот препарат.

Но сложность в том, что мы не завод и можем делать только опытные партии от 1 до 1 тыс. кг, большие объемы уже переводят институт в другую категорию организаций. Правильнее было бы передать эту современную технологию

действующим фармацевтическим предприятиям, но для этого в настоящее время необходим инвестор для оплаты работ, связанных с передачей документации и организацией производства на предприятии.

Получением различных соединений из отечественного висмута в Институте химии твердого тела и механохимии (ИХТТМ) СО РАН занимаются давно. Наши субстанции очищены от сопутствующих металлов: кадмия, свинца, мышьяка, т.е. обладают особой чистотой и нужной реакционной способностью, не ухудшающей терапевтическую активность, поскольку на стадии синтеза мы получаем очень мелкие частицы висмута размером

4–6 нм. Наш висмут обладает не только бактерицидным, но и обволакивающим действием.

В качестве последних разработок мы используем нанесение раствора с наночастицами висмута на вспомогательные вещества — крахмалы, кору крушины, корневища аира и другое растительное сырье, которое широко используется в медицине. Это новое направление поможет создать отечественный препарат. Фактически если мы меняем способ производства субстанции, то можем повлиять и на эффективность лекарства. Это и есть наша сегодняшняя и перспективная задача.

Доставка вместо изыскания

Александр Валерьевич Душкин, руководитель группы механохимии органических соединений Института химии твердого тела и механохимии СО РАН, доктор химических наук:

В фармацевтике существуют два основных инновационных тренда. Один из них — так называемая разработка лекарственных молекул (от англ. *drug discovery* — «изыскание новых препаратов»), т.е. синтез, исследование, запуск в производство совершенно новых молекул. Благодаря этому направлению за последние полтора столетия было создано все многообразие лекарств, которые сейчас есть на рынке. Но дело в том, что с каждым годом путь становится все длиннее и дороже.

В среднем исследование одной новой молекулы занимает 10–15 лет — начиная от синтеза и скрининга. После проверки многих тысяч свеже созданных химических соединений на наличие лекарственных свойств до рынка доходит в лучшем случае одно. Стоимость такой разработки порядка \$1 млрд, мы не можем себе этого позволить ввиду отсутствия таких денег.

Поэтому сейчас фактически лидирующим направлением стали так называемые системы доставки лекарственных молекул (от англ. *drug delivery* — «доставка препаратов»). Что это такое? Берется молекула, у которой уже закончился срок действия патента, полученного по *drug discovery*, и без изменения структуры модифицируются некоторые ее свойства и физико-химические аспекты препаратов на ее основе: растворимость, скорость высвобождения, особые пути введения, локализация в организме. Таким образом повышаются фармакологическая эффективность и безопасность лекарства. При этом сроки и стоимость разработки новых средств уменьшаются в несколько раз.

Сейчас объем продаж лечебных препаратов, созданных по технологии *drug delivery*, примерно в три раза больше, чем по *drug discovery*. Например, до 45% биологически активных молекул лекарственных веществ имеют недостаточную водорастворимость, и фундаментальная задача в том, чтобы повысить данный показатель, тем самым усилив эффективность воздействия. В этом направлении мы работаем с начала 1990-х гг. Первым нашим опытом было получение быстрорастворимого аспирина. Мы прошли все стадии испытаний, зарегистрировали инновационный препарат, подтвержденный патентом. Построили цех по стандарту *GMP* (*Good Manufacturing Practice* — система норм, правил и указаний в отношении производства), получили лицензию, но, к сожалению, столкнулись с рыночными особенностями 2000-х гг.: производители импортных лекарственных средств нас просто вытеснили. Тем не менее регистрационные документы на препарат остались, но рынок аспиринов сейчас переполнен.

В технологии *drug delivery* есть разные способы повышения биодоступности, растворимости. С подачи академика Генриха Александровича Толстикова мы используем идею включения лекарственных молекул в так называемые супрамолекулярные системы: межмолекулярные комплексы, мицеллы, неорганические наночастицы.

В исследовании механохимически полученных композиций мы применяем все современные физико-химические методы изучения состояний твердых веществ и их растворов, все современные технологии, которые развиваются в институтах Сибирского отделения РАН и в конечном итоге помогают нам выйти на фармакологию. Главное преимущество наших работ — их комплексность, интеграция. Мы подбираем физико-химические свойства, уже примерно представляя, к чему должны стремиться, и испытываем модели на лабораторных животных. Речь идет о десятках фармпрепаратов самых различных классов: антиагрегационные, антигипертензивные лекарства для лечения сердечно-сосудистых заболеваний, тот же аспирин — сейчас его новая реинкарнация, транквилизаторы, нестероидные противовоспалительные средства. Достижение последних лет — антигельминтные препараты, в том числе для лечения очень актуального в условиях Сибири и Урала описторхоза, с которым трудно бороться. К сожалению, довести наши разработки до аптеки пока не удалось.



Руководитель группы механохимии органических соединений ИХТТМ СО РАН А.В. Душкин

Доклинические исследования на месте

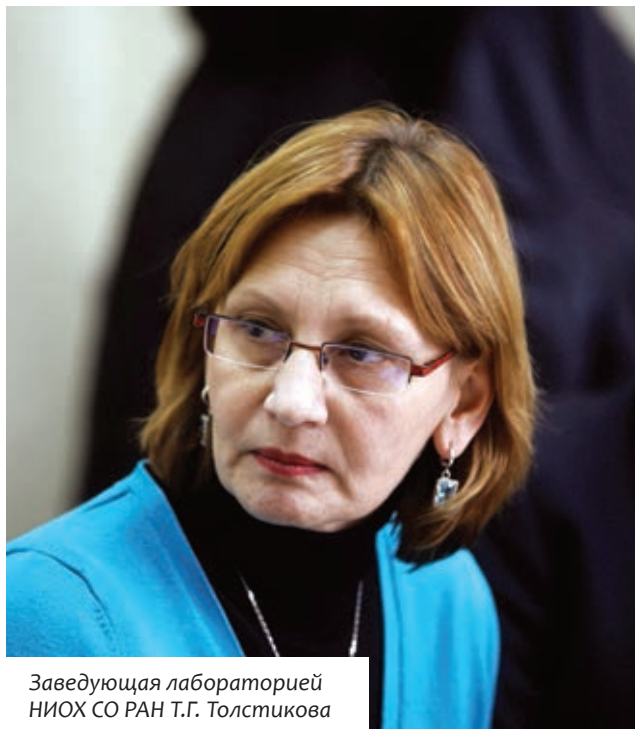
Доктор биологических наук, профессор **Татьяна Генриховна Толстикова** возглавляет лабораторию Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова (НИОХ) СО РАН, уникальную для России структуру, где проводятся доклинические исследования новых биологически активных соединений, полученных на основе природных молекул и их химически модифицированных аналогов.

— Наша лаборатория — одна из немногих, проводящих фармакологический скрининг биологически активных молекул, охватывающий практически все группы лекарственных препаратов, а это 20 видов активностей и 60 моделей. Благодаря Сибирскому отделению РАН мы оснащены уникальным оборудованием для исследований, а за счет интеграционных проектов, также финансируемых СО РАН и президиумом РАН, смогли заинтересовать физиков, математиков, программистов, биологов и химиков. Результаты, полученные совместными усилиями, более востребованы и интересны в плане дальнейшего применения.

Важнейший этап на пути создания лекарств — углубленное изучение согласно действующим руководствам и стандартам качества. В лаборатории фармакологических исследований НИОХ СО РАН последовательно наращивается испытательная база, фактически выполняющая функции центра коллективного пользования для работы с комплексом фармакологических свойств органических и биологически активных соединений, создающихся в многочисленных исследовательских центрах России.

В настоящее время для получения препаратов используются два основных подхода. Первый подход — синтез оригинальной молекулы на основе химической модификации природного аналога. Второй — усовершенствование токсико-фармакологических свойств стандартного лекарства с помощью создания новых форм доставки. В результате вещества становятся защищенными от преждевременной деструкции под действием метаболических процессов, обретают повышенные транспортные возможности и более выраженное средство к активным центрам рецепторов.

Благодаря СО РАН мы оснащены уникальным оборудованием для исследований, а за счет интеграционных проектов смогли заинтересовать физиков, математиков, программистов, биологов и химиков



Заведующая лабораторией НИОХ СО РАН Т.Г. Толстикова

В лаборатории фармакологических исследований изучено около 1 тыс. биологически активных соединений и выбрано более 100 молекул, перспективных в качестве анальгетиков, антикоагулянтов, гиполипидемических, гипотензивных, противовоспалительных, противоревматических, противовоспалительных, антиагрегатных, нейро- и органопротекторных средств. Все они получены путем химической модификации индивидуальных метаболитов лиственных,

хвойных деревьев, а также травянистых растений (берберин, кумарин, бетулин, вербенон).

Наиболее актуальная для современного фармрынка разработка — это бетамид (β -аланиламид бетулоновой кислоты), корректор токсических эффектов цитостатиков. Он имеет ряд преимуществ перед

широко используемыми средствами: низкую токсичность, антифибротический эффект при токсических поражениях печени различного генеза (фиброзе, циррозе); высокую антиоксидантную, гепато- и нефропротекторную активность; потенцирование противоопухолевого и антиметастатического эффекта полихимиотерапии без повреждения здоровых тканей и усиления токсичности

цитостатиков; получение из доступного отечественного многотоннажного сырья — бетулина, выделяемого из коры березы.

Что касается способов доставки лекарственных средств, то в настоящее время все более популярным средством становится аэрозольная терапия. Она применяется для лечения как респираторных, так и системных болезней и имеет ряд преимуществ по сравнению с оральным способом введения. В частности, она позволяет избежать потерь в желудочно-кишечном тракте и метаболизма в печени, обеспечивает быстрое поступление в кровь и развитие терапевтического эффекта, более удобна и безопасна по сравнению с инъекционной формой.

В лаборатории успешно идут работы в этом направлении и достигнуты положительные результаты в изучении токсико-фармакологических свойств лекарственных препаратов, введенных в принципиально новой форме доставки. Эти работы осуществляются совместно с Институтом химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, где был разработан прибор, позволяющий получать путем гетерогенной нуклеации наноаэрозоли с размером частиц от 30 до 150 нм, а также регистрировать дозу поступающего лекарственного препарата. В настоящее время на завершающем этапе находится разработка такой формы для ибупрофена и бутадiona. Установлено, что при 20-минутной экспозиции ибупрофена (размер частиц — 60–80 нм) достигается высокая противовоспалительная и анальгетическая активность препарата в дозе, сниженной более чем в 3 тыс. раз по сравнению с традиционным путем введения (энтеральным). В ходе многочисленных исследований показано, что такой способ доставки эффективен и безопасен.

Кроме того, продолжают работы школы академика Генриха Александровича Толстикова по созданию лекарственных форм доставки путем эффекта «гликозидного клатрирования» или комплексообразования углеводсодержащих растительных метаболитов с фармаконами. Эти исследования проводятся в интеграции с Институтом твердого тела и механохимии, Институтом цитологии и генетики СО РАН. Синтез таких супрамолекулярных комплексов осуществляют путем экологичной технологии механохимического синтеза, позволяющей в сотни раз увеличить растворимость, снизить дозу, токсичность, а также увеличить биодоступность нерастворимых в воде лекарственных препаратов. В настоящее время на стадии глубокой проработки находится комплекс арабиногалактана (полисахарид лиственницы сибирской) с аспирином в качестве низкотоксичного и низкодозного кардиоаспирина (антиагреганта). Уже есть обнадеживающие данные по изучению терапевтических свойств комплекса

СПРАВКА

Юрий Михайлович Юхин

- Руководитель группы синтеза порошковых материалов Института химии твердого тела и механохимии СО РАН, доктор химических наук.
- Сфера научных интересов: синтез высокочистых оксидов металлов (*Bi, Sb, In, Sn, Ge*) и материалов на их основе.

Александр Валерьевич Душкин

- Руководитель группы механохимии органических соединений Института химии твердого тела и механохимии СО РАН, доктор химических наук.
- Сфера научных интересов: механохимия органических соединений.
- Автор и соавтор более 250 научных работ, опубликованных в виде монографий, статей в ведущих отечественных и зарубежных изданиях, патентов и пр.

Татьяна Генриховна Толстикова

- Заведующая лабораторией фармакологических исследований Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН, доктор биологических наук, профессор.
- Родилась в Алма-Ате.
- В 1983 г. окончила Башкирский государственный университет (Уфа).
- В 1996 г. защитила докторскую диссертацию.
- С 1997 г. работает с НИОХ СО РАН.
- Сфера научных интересов: фармакология, физиология, нанобиотехнология, медицинская химия.
- Автор 250 научных публикаций и 80 патентов.
- Увлечения: любимая работа.

арабиногалактана с противоописторхозным препаратом альбендазолом на экспериментальных моделях. Совместными усилиями ученых указанных выше институтов получены положительные результаты по изучению комплексов с более чем 20 лекарственными препаратами разных фармакологических групп. Этот подход фармакоэкономичен и высокоэффективен и открывает перспективы создания широкого спектра отечественных недорогих лекарственных средств различного назначения, базирующихся на инновационных технологиях.

Лаборатория входит в состав Испытательного аналитического центра НИОХ СО РАН, аккредитованного для контроля качества лекарственных препаратов и проведения испытаний биологически активных веществ.

В Сибирском отделении есть все предпосылки для того, чтобы решать проблемы импортозамещения лекарственных средств, но нужно дополнительное выделение средств от государства. ■

Подготовили Виктор Фридман и Юлия Позднякова

Заповедные земли и дальний космос



Названы лауреаты Демидовской премии 2015 г.

Интрига сохраняется до последнего дня — так уж сложилось при присуждении Демидовских премий. Кандидаты не подозревают, что они кандидаты, а потому не волнуются за исход голосования. А лауреаты узнают, что они лауреаты, уже по звонку с поздравлениями от сопредседателя попечительского совета Научного Демидовского фонда академика Г.А. Месяца, и всегда — подчеркиваю: всегда! — для ученого это чрезвычайно приятно, ведь он знает: присуждение Демидовской премии — это наивысшая оценка его научных трудов коллегами. Итак, знакомьтесь с новыми лауреатами.



Академик

**Виктор
Коротеев**

Девственный
мир природы

Мы познакомились с академиком Виктором Алексеевичем Коротеевым несколько десятилетий назад. Меня поразила его преданность науке Урала. Академик С.В. Вонсовский попросил молодого ученого «поднять» Ильменский заповедник, и геолог отправился в Миасс.

О Коротееве и его директорстве мне рассказывал профессор Б.В. Чесноков, первый демидовский лауреат. К тому же он прослужил в Ильменском заповеднике много десятков лет и знал о его судьбе почти все, в том числе объективно оценивал роль всех его руководителей. На мой вопрос: «Чем вы гордитесь?» он ответил весьма неожиданно:

— Прежде всего тем, что мне удалось некоторое время поработать с Виктором Алексеевичем Коротеевым. Атмосфера директором была создана

великолепная. И в творческом плане, и в общественном. Благодарю судьбу, что оказался в этом коллективе...

А сам В.А. Коротеев рассказывал мне, почему он оказался в Миассе:

— Во главе Уральского отделения становится академик С.В. Вонсовский, и моя жизнь сразу же делает неожиданный поворот: он предлагает мне поехать в Ильменский заповедник, знаменитый своими минералогическими коллекциями и традициями. Однако там было много разных конфликтов, и склоки из заповедника докатились до Москвы. Вице-президент АН СССР А.П. Виноградов сгоряча подписал распоряжение о передаче Ильменского заповедника в Главохоту. Это была трагедия для Уральского отделения, и Вонсовский восстал. В конце концов ему удается отстоять заповедник. Он попросил меня поехать лет на пять, построить там институт и музей, а затем вернуться в Свердловск в свою любимую лабораторию палеовулканизма.

Вернулся Виктор Алексеевич лишь через 15 лет. Теперь уже потребовалась помощь председателю Уральского отделения АН СССР академику Г.А. Месяцу в создании мощной науки Урала, и академик Коротеев стал его заместителем. Так что в том авторитете в мировой науке, которым по праву гордится Урал, несомненно, немалая доля принадлежит Виктору Алексеевичу.



Академик
**Ростислав
Карпов**

**Сердца
трепетное
биенье**



Академик
**Михаил
Маров**

**От Земли
до самых
до окраин**

Патриарх отечественной кардиологии академик Е.И. Чазов в своих воспоминаниях пишет: «Решающую роль в борьбе с сердечно-сосудистыми заболеваниями сыграли национальные государственные программы. В эти программы входили меры, которые мы предлагали и широко обсуждали».

В Сибири проводником государственной программы стал открытый в Томске Сибирский филиал Всесоюзного кардиологического научного центра, который возглавляет Ростислав Сергеевич Карпов.

Когда проходило обсуждение кандидатур на Демидовскую премию, академик Е.И. Чазов о своем коллеге сказал коротко: «Это прекрасный специалист, энтузиаст, страстный исследователь...».

Р.С. Карпов родился в Томске, здесь получил образование, в этом городе стал ведущим кардиологом всей Сибири и Дальнего Востока. Он принимал активное участие в создании в Томске НИИ кардиологии и организации Томского научного центра СО РАМН. По его инициативе открыты филиалы НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН в Тюмени и Владивостоке, отделения, центры, диспансеры в Омске, Кемерово, Барнауле и других городах Сибири, создана модель мобильного автоматизированного консультативно-диагностического центра на базе теплохода «Кардиолог». Он выступил инициатором организации в Сибири специализированной кардиологической помощи детям: на базе НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН открыто единственное за Уралом отделение детской кардиологии. Особое внимание Р.С. Карпов уделяет внедрению новых технологий в практику здравоохранения, он один из идеологов разработки и внедрения федеральной программы «Профилактика и лечение артериальной гипертонии в РФ» в регионе Сибири и Дальнего Востока.

Из представления на соискание Демидовской премии: «Академик Р.С. Карпов возглавляет научную школу терапевтов, в рамках которой под его руководством подготовлено 79 кандидатских и 40 докторских диссертаций. О масштабе его научной, педагогической и инновационной деятельности свидетельствуют 850 его научных публикаций, 35 монографий и 40 патентов на изобретения».

«Михаил Яковлевич настолько хорошо знает ситуацию в Солнечной системе и даже за ее пределами, что у меня создается впечатление, будто он побывал на всех планетах и воочию увидел все, что там делается», — сказал однажды о нынешнем лауреате бывший президент РАН Ю.С. Осипов.

Авторитет М.Я. Марова рос вместе с успехами нашей космонавтики, к которой он имел прямое отношение, будучи еще совсем молодым ученым. Однажды он рассказал:

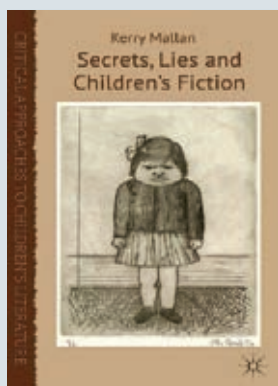
— Судьба подарила возможность прикоснуться к космической эпохе: не только быть свидетелем великих свершений, но и участвовать в их рождении. Сейчас хорошо известно, что ракетная техника развивалась прежде всего для обороны страны. Ракетно-ядерный щит — это реальность середины XX в. Но именно работа над его созданием позволила нам выйти в космос. Был создан Межведомственный научно-технический совет по космическим исследованиям при АН СССР, который возглавлял М.В. Келдыш. Много лет я в нем работал. Именно здесь перед нами ставились не технические, а сугубо научные задачи, для решения которых подчас требовалась гениальная изобретательность.

В представлении на Демидовскую премию лауреата сказано:

«Академик М.Я. Маров — крупный российский ученый, работы которого получили мировое признание. Его исследованиями заложено новое научное направление — механика космических и природных сред, на основе которого проведено изучение сложных процессов в космическом пространстве, на планетах и малых телах Солнечной системы. <...> В становление этого нового раздела механики и физики космоса — планетной аэрономии — М.Я. Маровым внесен основополагающий вклад».

Нынешнее присуждение Демидовских премий обращает внимание общественности на то, что «печальное состояние отечественной науки», как нас пытаются убедить некоторые чиновники, — это во многом надуманное и ошибочное представление. Три лауреата представляют не только разные отрасли науки, где получены выдающиеся результаты мирового уровня, но и разные регионы страны — от Москвы до Дальнего Востока.

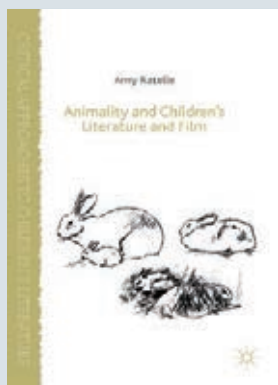
Владимир Губарев



Керри Мэллан. Секреты, ложь и детская проза (Kerry Mallan. Secrets, Lies and Children's Fiction)

Книга Керри Мэллан, профессора детской психологии и руководителя Центра по изучению проблем детства и юношества Квинслендского университета, стала не только обобщением

ее многолетнего опыта как практикующего психолога, но и живо написанным руководством для родителей и воспитателей. В центре ее внимания находится парадокс, с которым сталкивается большинство из них: хотя всем детям внушают, что всегда лучше сказать правду, дети очень рано начинают понимать, что нередко ложь становится единственным средством выживания в коллективе или адаптации к враждебным условиям, где высок риск стать всеобщим посмешищем или козлом отпущения. В поле зрения Мэллан находятся не только книги и иллюстрации, но и кино, а также популярные игры и детские сериалы. Она выявляет особенности их восприятия ребенком и показывает сложность встающих перед юным читателем проблем. На наглядных примерах она предлагает возможные алгоритмы поведения для взрослых, а также анализирует типичные ошибки и дает проверенные практикой рецепты и приемы устранения (или смягчения) их последствий как в общественной, так и в интимно-семейной сферах.



Эми Рэттелл. Животный мир в кино и детской литературе (Amy Ratelle. Animality and Children's Literature and Film)

Книга профессора английского языка Университета Райерсона (Канада) Эми Рэттелл посвящена проблеме, вокруг которой вот

уже много десятилетий не утихают споры ученых, писателей и читателей. Ведь большинство так привыкли рассматривать животных как символ человека, что совершенно не осознают его огромный воспитательный потенциал. Эми Рэттелл привлекает практически весь опыт англоязычной детской и юношеской прозы и показывает, что лишь немногие авторы смогли перешагнуть через узкие рамки сложившейся веками традиции. В качестве подобных примеров она приводит известные детские книги «Паутинка Шарлотты» Элвина Брукса Уайта и «Черный красавчик» Анны Сьюэлл, которым посвящен специальный раздел. На примере этих произведений она показывает особенности восприятия текста детьми разного возраста и формулирует несколько соответствующих алгоритмов работы с ним в разновозрастных аудиториях. В качестве наглядных пособий Рэттелл использует все имеющиеся экранизации повестей и анализирует их восприятие. Современный ребенок уже не просто смотрит на красивую картинку на экране или хочет побыстрее узнать о том, как живут лошади или собаки, но осознает сложность взаимоотношений с представителями животного мира и стремится найти оптимальные способы взаимодействия с ним.



Карин Лесник-Оберштейн. Детская литература: новые подходы; Ребенок в культурном поле: подходы к теме детства (Karin Lesnik-Oberstein. Children's Literature: New Approaches; Children in Culture: Approaches to Childhood)

Книга профессора Карин Лесник-Оберштейн

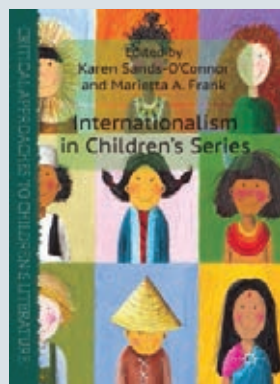
открывает серию сборников, посвященных современной литературе для детей. Первый том, написанный специалистами разных направлений, предназначен не только для всех работающих с детьми, но в первую очередь для студентов старших курсов и магистрантов. Именно их имеют в виду обзорные статьи, показывающие новые подходы в осмыслении таких традиционных проблем, как работа с читателями и авторами книг, место детской словесности в контексте современной

культуры, не только через интертекстуальные связи, но и посредством анализа дискурса, в котором находится современный ребенок. Важно, что все авторы не замыкаются в своих темах, а показывают разные аспекты общекультурной функции детской литературы. В поле их зрения оказывается практически весь круг современного детского чтения — от классических текстов Чарлза Диккенса и Беатрис Поттер до циклов о Гарри Поттере.



Вторая книга серии, осуществляемой Карин Лесник-Оберштейн, представляет собой подборку из десяти эссе, посвященных теоретическим подходам к данной теме, — один из первых опытов мульти- и междисциплинарного подхода. Десять оригинальных глав были написаны специально для этого издания известными

в своих областях учеными. Они посвящены психологии, истории, литературоведению, литературной критике, киноведению и театру. Каждую главу отличают четкость замысла и последовательность в его реализации. Все вместе они складываются в яркую картину, состоящую из фактов и мнений, событий и имен.



Карен Сэндз-О'Коннор, Мариэтта Франк. Интернационализм в сериальной прозе для детей (Karen Sands-O'Connor, Marietta Frank. Internationalism in Children's Series)

Книга преподавателя Государственного колледжа Баффало Карен Сэндз-О'Коннор

и профессора Питтсбургского университета Мариэтты Франк представляет собой первый опыт построения истории сериальной прозы для детей с XVIII до конца XX в. Хотя почти каждому из рассматриваемых в ней авторов посвящена своя научная литература, до сих пор не было исследования, в котором они рассматривались бы с точки зрения современного понятия сериальности. На первый взгляд может показаться, что данное понятие вряд ли применимо к творчеству, например, Джонатана Свифта. Однако авторы показывают, что это не только возможно, но и позволило выявить новые особенности каждого текста, показать приемы их объединения, а также

средства, которыми писатели достигали этого внутреннего единства. С другой стороны, книга показывает, что сериальная проза представляет собой явление не столько национальной, сколько всемирной литературы. Прослеживая ее развитие на протяжении более чем двух веков (от Свифта до Джоан Роулинг), авторы книги подводят как положительные, так и отрицательные итоги. Избегая прямых оценок, они иронично замечают, что запросы современного читателя оказываются гораздо ниже, чем в XVIII и даже в середине XIX в. Интересен анализ образа маленькой героини на примере повестей викторианского периода. Во второй половине книги авторы раскрывают общие особенности картины мира в сериальной прозе и анализируют наиболее важные образы, топосы и локусы: волшебник, сказочный и доисторический мир, необитаемые земли и острова.



Лоранс Талейрак-Вьельма. Сказки, естествознание и викторианская культура (Laurence Talairach-Vielmas. Fairy Tales, Natural History and Victorian Culture)

Книга профессора английской литературы Сорбонны и Тулузского университета Лоранс Талейрак-Вьельма состоит из ряда эссе, объединенных общим

замыслом и рассматриваемым периодом. Викторианская культура занимает особое место в истории не только английской, но и мировой литературы. Автор начинает с первых шагов во взаимодействии естествознания с литературой в тот период, когда представление о мире природы в детской литературе было связано с образом волшебного леса и миром фей. Накопление знаний об окружающем мире и особенно поворот, наступивший после 1859 г. (появления книги Чарлза Дарвина «Происхождение видов»), оказали значительное влияние на сказки и викторианские эксперименты с литературной сказкой. Эти перемены видны на примере эволюции сюжета о Золушке в англоязычной прозе.

Исследуя взаимодействие между научными знаниями и литературным творчеством, книга показывает пути, которыми естественно-научные знания распространились в викторианской культуре. Кроме того, автор раскрывает приемы популяризации новых представлений о мире природы. Ее подход к викторианской культуре объединяет исследование текстов, посвященных реальному и вымышленному миру, показывает, как изображение писателями реальной природы обогащало литературу и в то же время способствовало осознанию викторианцами значения проблемы охраны окружающей среды. ■

Подготовила Татьяна Колядич

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

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

Стоимость подписки на первое полугодие 2016 г. составит:

Для физических лиц: **1380 руб.** — доставка заказной бандеролью*.

Для юридических лиц: **1500 руб.**

Стоимость одного номера журнала: за 2014 г. — **100 руб.**, за 2015 г. — **120 руб.**, за 2016 г. — **130 руб.**

(без учета доставки); стоимость почтовой доставки по России — **100 руб** заказной бандеролью, **70 руб.** — простым письмом.

Бланк подписки на журнал размещен на сайте www.sci.am.ru.

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

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

БЛАНК ЗАКАЗА НОМЕРОВ ЖУРНАЛА

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

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2016 г.	объединенный выпуск				объединенный выпуск							
2015 г.					объединенный выпуск			объединенный выпуск				
2014 г.								объединенный выпуск				

* Выделенные черным цветом номера отсутствуют

Ф.И.О. _____

Индекс _____

Область _____

Город _____

Улица _____

Дом _____ Корп. _____ Кв. _____

Телефон _____

E-mail: _____

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

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Плательщик

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

Фамилия, И.О., адрес плательщика

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

Плательщик

ОФОРМИТЬ ПОДПИСКУ

НА ЖУРНАЛ "В МИРЕ НАУКИ"

МОЖНО:

В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ

ПО КАТАЛОГАМ:

"РОСПЕЧАТЬ",

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

81736 для ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

19559 для ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

"ПОЧТА РОССИИ"

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

16575 для ЧАСТНЫХ ЛИЦ,

11406 для ПРЕДПРИЯТИЙ

И ОРГАНИЗАЦИЙ;

КАТАЛОГ «ПРЕССА РОССИИ» 45724

WWW.AKC.RU

ПОДПИСКА ПО РФ И СТРАНАМ СНГ:

ООО "УРАЛ-ПРЕСС",

WWW.URAL-PRESS.RU

СНГ, СТРАНЫ БАЛТИИ И ДАЛЬНЕЕ

ЗАРУБЕЖЬЕ: ЗАО "МК-ПЕРИОДИКА",

WWW.PERIODICALS.RU

РФ, СНГ, ЛАТВИЯ:

ООО "АГЕНТСТВО "КНИГА-СЕРВИС",

WWW.AKC.RU



Цикл телепрограмм

ИДЕИ, МЕНЯЮЩИЕ МИР



Автор и ведущая —
Эвелина Закамская

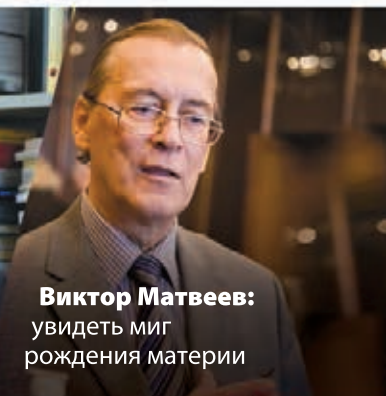
РОССИЯ 24

очевидное
невероятное

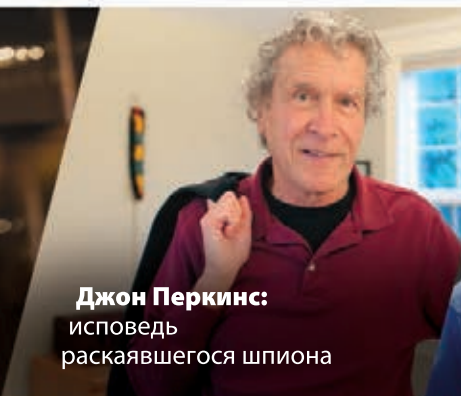
ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ
**НАУЧНАЯ
РОССИЯ**



Дирк Хельбинг:
как выжить
в информационной
лавине



Виктор Матвеев:
увидеть миг
рождения материи



Джон Перкинс:
исповедь
раскавшегося шпиона



Майкл Газзанига:
автор концепции
«криминального мозга»



Михаил Ковальчук:
НБИКС-конвергенция —
цивилизационный взрыв



Рольф-Дитер Хойер:
человек, объявивший
о «поймке» бозона Хиггса



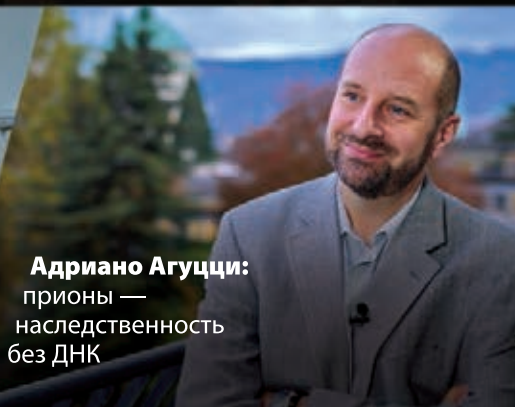
Ноам Хомский:
интеллектуал
Западного полушария



Джин Шарп:
человек, взорвавший мир



Бертран Пикар:
вокруг света
на энергии Солнца



Адриано Агуцци:
прионы —
наследственность
без ДНК

Наука Сибири

Спецвыпуск

12 2015

«Чем масштабнее будет
развиваться Сибирь,
тем быстрее будет расти мощь
всего нашего государства».

Академик
М.А. Лаврентьев



ISSN 0208-0621



15012



9 770208 062001 >