

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

Коммерсантъ

Наука

№4 июнь 2017

Холодный май —
это потепление | 6

Гигантский сверкающий
высокоточный
астрономический
прибор | 13

Лекарственная
беспомощность охватывает
Землю | 19

Хранить вечно: стекло
за столетия не упустит
ни бита информации | 28

Стандартная модель
заканчивается, но Новая физика
пока не началась | 31

Графен российского
производства: государственные
задачи и частные разработки | 37

Мифы о том, как человек
научился готовить
себе пищу | 39

Записки о нейристах
из советской секретной
лаборатории | 43

Для космонавтов
создаются тепличные
условия **24**



Министерство
образования и науки
Российской Федерации



ИЮНЬ 2017

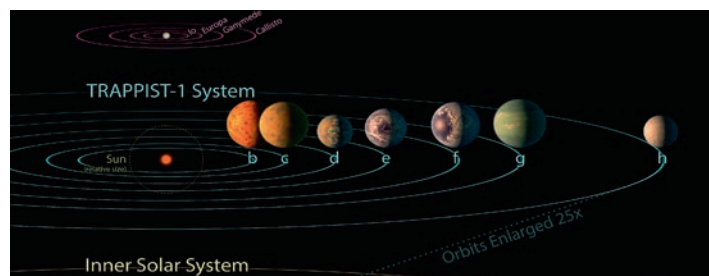
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
АО «КОММЕРСАНТЬ»
ВЛАДИМИР ЖЕЛОНКИН
ШЕФ-РЕДАКТОР
АО «КОММЕРСАНТЬ»
СЕРГЕЙ ЯКОВЛЕВ
АРТ-ДИРЕКТОР ИД
АНАТОЛИЙ ГУСЕВ
РУКОВОДИТЕЛЬ СЛУЖБЫ
«ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СИНДИКАТ»
ВЛАДИМИР ЛАВИЦКИЙ
ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
СЕРГЕЙ ПЕТУХОВ, К.Б.Н.
ГЛАВНЫЙ ХУДОЖНИК
ГАЛИНА ДИЦМАН
ЖУРНАЛИСТЫ-ЭКСПЕРТЫ
МАРИЯ БУРАС,
ЯНИНА МИРОНЦЕВА,
АНДРЕЙ МИХЕЕНКОВ, Д.Ф.-М.Н.,
НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР
РЕДАКТОРЫ
АЛЕКСЕЙ КИСЕЛЕВ,
АЛЕКСАНДР СВИРИДОВ
ФОТОРЕДАКТОРЫ
ВИКТОР КУЛИКОВ,
НАТАЛИЯ КОНОВАЛОВА
ГРАФИКА
ВЛАДИМИР БЕЛОВ,
ВЕРА ЖЕГАПИНА,
ЛЕОНИД ФИРСОВ
КОРРЕКТОР
НАТАЛИЯ ДЗЕРГАЧ
ВЕРСТКА
ЕЛЕНА БОГОПОЛЬСКАЯ,
ТАТЬЯНА ЕРЕМЕЕВА,
КОНСТАНТИН ШЕХОВЦЕВ,
ДМИТРИЙ ШНЫРЕВ
ФОТО НА ОБЛОЖКЕ
DIOMEDIA

ОТПЕЧАТАНО В ФИНЛЯНДИИ.
ТИПОГРАФИЯ PUNAMUSTA, KOSTI
AALTOSEN TIE 9, 80141 JOENSUU,
FINLAND. ТИРАЖ 16 000 ЭКЗ.
РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ БЕСПЛАТНО.

УЧРЕДИТЕЛЬ —
АО «КОММЕРСАНТЬ».
АДРЕС: 127055, МОСКВА,
ТИХВИНСКИЙ ПЕР., Д. 11, СТР. 2
АДРЕС РЕДАКЦИИ: 121609,
МОСКВА, РУБЛЕВСКОЕ Ш., Д. 28
ТЕЛ. (495) 926-3301

ЖУРНАЛ «КОММЕРСАНТЬ НАУКА»
ЗАРЕГИСТРИРОВАН
ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБОЙ ПО
НАДЗОРУ В СФЕРЕ СВЯЗИ,
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ
(РОСКОМНАДЗОР).
СВИДЕТЕЛЬСТВО О РЕГИСТРАЦИИ
СМИ — ПИ № ФС77-44744
ОТ 18.04.2011 Г.

16+



Учебные, научные и научно-производственные организации, упоминаемые в материалах номера

ООО «АкКо Лаб», с. 37–38
Американский музей национальной истории, с. 28
Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт, с. 11–12
Гидрометцентр России, с. 6–7
Госпиталь «Лалино» (ГК «Мать и дитя»), с. 46–47
Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, с. 13–15
Зоологический институт РАН (Санкт-Петербург), с. 19
ИНИОН РАН, с. 29–31
Институт археологии и этнографии СО РАН, с. 34–36
Институт биофизики СО РАН, с. 24–27

Институт медико-биологических проблем РАН, с. 24–27
Институт мировой экономики и международных отношений им. Е.М. Примакова РАН, с. 28
Институт неорганической химии СО РАН, с. 37–38
Институт общей физики имени Прохорова, с. 28
Институт цитологии и генетики СО РАН, с. 34–36
Калифорнийский технологический институт, с. 13–15
ООО «Карболайт», с. 37–38
Лаборатория непрерывного математического образования (Санкт-Петербург), с. 8–10
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, с. 13–15, с. 39–42

Московский университет международных отношений, с. 39
Московский физико-технический институт, с. 19–21, с. 37–38
ООО «Нанотехцентр», с. 37–38
Национальное аэрокосмическое агентство США (NASA), с. 13–15, с. 28
НИИ акушерства и гинекологии, с. 19
ООО «Новомосковсккабель-оптика», с. 37–38
АО «НИИГрафит», с. 37–38
НИИ приборной автоматики, с. 43–45
НПО «Графеновые материалы», с. 37–38
НПЦ специализированной медицинской помощи детям им. В.Ф. Войно-Ясенецкого, с. 46–47

Пермский государственный национальный исследовательский университет, с. 6–7
СКБ «Рикон», с. 37–38
Российская ассоциация специалистов перинатальной медицины, с. 46–47
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, с. 29–31
ООО «Русграфен», с. 37–38
АО «ОНПП «Технология»», с. 37–38
ПАО «Сатурн», с. 37–38
Северо-Восточный федеральный университет, с. 37–38
Сибирский федеральный университет, с. 22–23
Союз педиатров России, с. 46–47

Тамбовский государственный университет, с. 39
Томский государственный университет, с. 16–17, с. 31–33
Университет штата Юта, с. 16–17, с. 24–27
АО «Уралэлемент», с. 37–38
Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины, с. 19–21
Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, с. 31–33
Череповецкий государственный университет, с. 39
48-й Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны (Сергиев Посад), с. 19
Data Laboratory, с. 19–21

- 4** **ЛЕНТА НОВОСТЕЙ**
УНИВЕРСИТЕТСКАЯ НАУКА
География университетских исследований
Новостная карта научно-технологической деятельности высших учебных заведений России
- 8** **СОБЫТИЯ В НАУКЕ**
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
«Ботаником не называют — уже хорошо!»
О математике рассказывают школьники — победители конкурса Intel ISEF и их преподаватели
- 11** **ГЕОЛОГИЯ**
Россия приступает к самым богатым залежам сланцевой нефти в мире
Как устроена и разрабатывается Баженовская свита
- 13** **АСТРОНОМИЯ**
Солнце станет телескопом
Гравитационная линза поможет в поиске планет, похожих на Землю
- 16** **НАНОТЕХНОЛОГИИ**
Новый метод эпитаксии соединит живое с мертвым
Томские ученые создают материалы для молекулярной наноэлектроники
- 18** **ТЕОЛОГИЯ**
Конфессиональная наука с гуманитарными методами
В России защищена первая диссертация по теологии
- 19** **БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА**
ФАРМАКОЛОГИЯ
Движение бактериального сопротивления
Создана интерактивная карта устойчивости кишечной микробиоты человека к антибиотикам
- 22** **ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ**
Календарь на спице: о чем говорят деревья
Годичные кольца предсказывают реакцию лесов на климатические изменения
- 24** **КОСМОНАВТИКА**
«Многие начинают заново, не зная, что все это уже изобретено»
Прошлое и настоящее экспериментов по созданию искусственных замкнутых биосистем
- 28** **ИССЛЕДОВАНИЯ И УНИВЕРСИТЕТСКАЯ НАУКА**
НАНОТЕХНОЛОГИИ
В поисках вечной памяти: от клинописи на глине к наноструктурам в стекле
Цифровой носитель на основе стекла может обеспечить вечное хранение информации
- 31** **СУБАТОМНАЯ ФИЗИКА**
Откуда придет Новая физика
Перспективы исследования тяжелых кварков
- 34** **ПАЛЕОГЕНЕТИКА**
«Мы созрели до мирового уровня благодаря терпению археологов»
Исследования сибирских ученых по генетике древних кочевников получили широкую известность
- 37** **ТЕХНОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ**
НАНОМАТЕРИАЛЫ
Коммерциализация графеновых исследований в России
Научные и производственные коллективы, работающие с новым материалом
- 40** **ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ**
ФИЛОЛОГИЯ
Вначале боги голодали, или Мифология пищи
Неолитическую революцию произвели скотоводы и земледельцы
- 46** **ИНТЕРВЬЮ**
МЕДИЦИНА
«Интересы матери, плода и новорожденного ребенка являются равно приоритетными»
Академик Николай Володин о том, что такое перинатология, о младенческой смертности в России и нынешних студентах-медиках

РЕВОЛЮЦИЯ В ОБРАЗОВАНИИ БУДЕТ МИРНОЙ

С 1 по 3 июня в Санкт-Петербурге состоялся очередной, XXI Международный экономический форум. В мероприятиях форума приняла участие министр образования и науки России Ольга Васильева.

В своем выступлении на панельной сессии «Революция в образовании: готовы ли мы?» Ольга Васильева рассказала о важности новых подходов и стратегий в современной образовательной среде. Она отметила, что «революция», о которой говорили участники дискуссии, действительно неизбежна, но пройдет она мирным путем. Министр подчеркнула, что цифровые технологии «не заменили голову» учащимся, и привела в пример десятиклассников Лаборатории непрерывного математического образования, недавно отмеченных премиями прошедшего в Лос-Анджелесе Всемирного смотряконкурса научных и инженерных достижений учащихся Intel ISEF (см. материал на стр. 8). Министр также напомнила о победе команды Университета ИТМО на Международной студенческой олимпиаде по программированию (АСМ-ICPC) в США. Присутствующие поздравили победителей аллодисментами.

При этом, как признала Ольга Васильева, в плане новых технологий «мы приотстали здорово и теперь необходимо нагонять упущенное». «Мы должны дать учителю те технологии, которые он может взять, которые позволяют ему быть наставником для своих учеников, которые в этой „цифре“ уже рождены», — считает Ольга Васильева. Министр выразила уверенность, что учителя и преподаватели вузов смогут встроиться в новые реалии, переломное влияние которых на систему образования она сравнила с изобретением книгопечатания Гутенбергом. «Не будет никакого дискомфорта, отторжения учителя от новых технологий быть не должно», — сказала она.

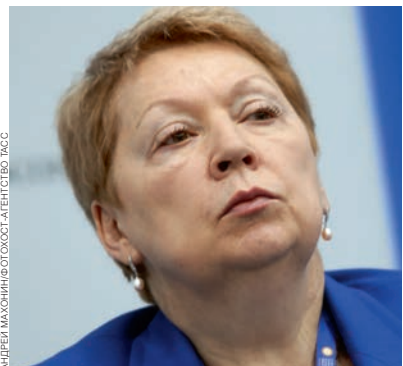
Министр отметила и особое значение фундаментальной науки. «Фундаментальная наука — это основа всех основ. И мы должны ее лелеять, пестовать и холить», — подчеркнула Ольга Васильева.

Также на панельной сессии речь шла о взаимодействии государства и бизнеса. Глава Минобрнауки России сообщила о необходимости перехода на оформление правовых основ государственно-частного партнерства. «У нас большая разбалансированность в управлении образованием между регионами и муниципалитетами, и финансирование очень сложное, и задачи эти должны решаться», — заявила Ольга Васильева.

По материалам Минобрнауки России, ТАСС, сайта ПМЭФ



— В рамках Петербургского международного экономического форума группа ЧТПЗ, Министерство образования и науки Российской Федерации и Агентство стратегических инициатив (АСИ) заключили соглашение о сотрудничестве, направленное на продвижение практико-ориентированной (дуальной) модели подготовки рабочих кадров (на фото: гендиректор АСИ Светлана Чупшева, глава Минобрнауки России Ольга Васильева и председатель совета директоров ПАО «Челябинский трубопрокатный завод» Андрей Комаров)



ПМЭФ ПОПОЛНИТСЯ МОЛОДЕЖНОЙ СЕКЦИЕЙ

На Петербургском международном экономическом форуме (ПМЭФ) может появиться молодежная секция, посвященная обсуждению вопросов будущего разных стран и цивилизации в целом. Создать ее предложил президент РФ Владимир Путин, выступая на пленарном заседании ПМЭФ-2017. По мнению российского лидера, участники этой секции могли бы вместе «анализировать, формировать, конструировать образ будущего своих стран и цивилизации в целом».

Министр образования и науки Ольга Васильева охарактеризовала предложение президента об образовании молодежной секции как своевременное и нужное, подчеркнув, что этот формат будет площадкой для сближения позиций молодежных объединений по актуальным вопросам глобального мира. Такая площадка для общения молодежи разных стран могла бы придать новый импульс форуму, считает Ольга Васильева. Министр сказала, что ПМЭФ является местом, где помимо текущих экономических тем в разных аспектах участники обсуждают вопросы культурного, социального и гуманитарного характера, по которым молодежь способна высказать рациональные предложения, поскольку именно она в будущем сформирует перспективные направления развития государства.

«Нет ни одного человека ни здесь в зале, ни за его пределами, который бы не понимал, что без образования будущего быть не может, в образование надо инвестировать. Поэтому мы должны соработничать (есть такой хороший глагол в русском языке)»

ГЕОГРАФИЯ УНИВЕРСИТЕТСКИХ

Для этой новостной карты «Ъ-Наука» выбрала из огромного потока сообщений о научно-технологической деятельности российских университетов только некоторые, наиболее интересные. В них видна и широта географии научно-технических достижений, и разнообразие направлений исследовательской и конструкторской работы.

БАРК «СЕДОВ» СНОВА В РЕЙСЕ

Начался очередной рейс знаменитого исторического барка «Седов» — одного из крупнейших в мире парусных учебных судов. На борту барка 104 практиканта из Морского института Мурманского государственного технического университета (МГТУ) и других образовательных организаций. Маршрут «Седова» во многом совпадает с маршрутом другого учебного парусника — «Крузенштерн» — из-за совместного участия в международной регате больших парусных судов. По окончании учебной навигации «Седов» вернется в порт приписки в Калининградской области для ремонтных работ и подготовки к рейсам 2018 года. Планируется, что в перспективе «Седов» будет совершать три учебных рейса ежегодно, предоставляя место практики не менее чем 340 курсантам со всей России. *Пресс-центр МГТУ*

БЕСПИЛОТНИК ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЛЕСОПАРКОВЫХ ЗОН

Новая методика ученых ботанического сада Южного федерального университета (Ростов-на-Дону) предназначена для мониторинга лесов и парков. Беспилотный квадрокоптер, оборудованный специальной оптикой, позволяет проводить мониторинг быстрее и дешевле наземного метода. Первым опытом будет облет и сканирование 11 гектаров парковой зоны Ростовского зоопарка, полученные данные помогут провести реставрацию деревьев. В дальнейшем ученые планируют исследовать зеленую зону вдоль реки Темерник. *Телерадиокомпания «Дон-ТР»*

Санкт-Петербург

Мурманск

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР БИОТЕХНОЛОГИЙ

На базе Уральского федерального университета (Екатеринбург) создается центр фундаментальных биотехнологий и биоинженерии. В его создании участвует Ягеллонский университет (Краков, Польша). Научным руководителем центра будет профессор Казимерж Стржалка. Одно из направлений работы — фиторемедиация, то есть использование растений для очищения почвы, грунтовых и поверхностных вод и воздуха. Центр также продолжит исследования уральских и польских ученых по созданию трансгенных растений и изучению их свойств, синтезу вторичных метаболитов — кандидатов в биологические добавки и лекарства. Еще одним важным направлением исследований будет биоинженерия. *ТАСС*

МОСКВА

Липецк

ТОПЛИВО ИЗ ОТХОДОВ ИЗБАВИТ ОТ КИСЛОТНЫХ ДОЖДЕЙ

Ученые Томского политехнического университета (ТПУ) разработали технологию создания дешевого и экологически безопасного топлива. Выбросы тепловых электростанций являются основными причинами развития парникового эффекта, провоцируют выпадение кислотных дождей. Разработанные в ТПУ органомоногильные топливные композиции, состоящие на 80% из компонентов углеродной переработки, по энергетическим характеристикам не уступают углю, но дешевле и безопаснее. Новая технология позволит угледобывающим предприятиям прямо на месторождениях перерабатывать отходы производства и сжигать их для получения энергии. Технология уже протестирована на кузбасском углеродперерабатывающем предприятии. *Пресс-служба ТПУ*

Симферополь

Ростов-на-Дону

Самара

Екатеринбург

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ КАРТА ЗАПОВЕДНИКА

Сотрудники Тебердинского биосферного заповедника (входит в Международную сеть биосферных резерватов ЮНЕСКО) совместно со специалистами Северо-Кавказского федерального университета (Ставрополь) приступили к созданию электронной геоинформационной карты заповедника. В нее будут внесены данные о природных ресурсах, животном и растительном мире. Пользоваться картой можно будет удаленно, находясь в любой точке мира. Карта поможет в вопросах природоохраны, в научных исследованиях. Также с ее помощью можно будет отслеживать экологическую ситуацию в заповеднике, влияние на нее человека, численность популяций обитателей заповедника. 2017 год в России указом президента Владимира Путина от 5 января 2016 года объявлен годом экологии. *«Интерфакс»*

МОБИЛЬНАЯ СВЯЗЬ ДЛЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Ученые Самарского университета и Крымского федерального университета (Симферополь) разрабатывают систему мобильной связи для работы в условиях техногенных катастроф и природных бедствий, когда базовые станции операторов сотовой связи могут быть выведены из строя. В основе системы — самоорганизующиеся сети смартфонов без участия базовых станций. Эта технология не нова и уже применяется, но проблема в том, что в городе сигнал распространяется через цепочку смартфонов очень долго — до 40 минут. Самарские ученые предложили способ построения кратчайшего маршрута, что позволит снизить задержку до долей секунды. Первый прототип уже создан, работающий образец планируется представить к концу года. *ТАСС*

НАЙДЕН ДИАЛЕКТ, СЧИТАВШИЙСЯ МЕРТВЫМ

Ученые лаборатории антропологической лингвистики Томского государственного университета (ТГУ) в экспедиции по Каргасокскому району обнаружили носителя редкого диалекта. Исследователи побывали в нескольких селах и поговорили с шестью носителями различных диалектов селькупского и хантыйского языков. В селе Бондарка они познакомились с Валентиной Смоленцевой, которая оказалась носителем диалекта хантыйского языка. Диалект ранее не был описан, в нем сохранились архаичные явления, которых нет ни в одном хантыйском диалекте Южной Сибири. Планируется продолжить исследования в Александровском районе, где лингвисты могут найти других носителей диалекта. В ближайшие три года ученые намерены создать базу данных сибирских языков, а также разработать корпус образцов устной и письменной речи Южной Сибири. *Пресс-служба ТГУ*

Томск

Новосибирск

ИССЛЕДОВАНИЙ

УНИВЕРСИТЕТЫ — ПОБЕДИТЕЛИ ИНЖЕНЕРНОГО ЧЕМПИОНАТА

30–31 мая в Москве завершился финал V Международного инженерного чемпионата «Case-in», собравший 83 команды студентов 48 технических вузов России, Белоруссии, Казахстана и Киргизии. Команды представили решения инженерных кейсов в пяти лигах: геологоразведка, горное дело, металлургия, нефтегазовое дело, электроэнергетика. Для оценки решения финалистов были сформированы пять экспертных комиссий в составе более 100 руководителей и специалистов ведущих отраслевых компаний. Церемония награждения победителей и призеров Case-in традиционно прошла в Государственном геологическом музее им. В.И. Вернадского РАН.

Победители:

Лига по геологоразведке — команда «Разнорабочие» **Российского государственного геологоразведочного университета (Москва)**. Лига по горному делу — команда «Топ-Тим» **Санкт-Петербургского горного университета**. Лига по металлургии — команда «Миллениум» **Липецкого государственного технического университета**. Лига по нефтегазовому делу — команда «Nota Bene» **Сибирского федерального университета (Красноярск)**. Лига по электроэнергетике — команда «Кейс-мастерс 3000» **Новосибирского государственного технического университета**.

Победители чемпионата включены в кадровый резерв топливно-энергетического и минерально-сырьевого комплексов. <http://case-in.ru>

ЛОСЕЙ В ЯКУТИИ СТАЛО БОЛЬШЕ

Исследователи из **Северо-Восточного федерального университета (Якутск)** совместно с ГКУ «Госохотохра́на» и Институтом биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения РАН ведут постоянный мониторинг численности диких копытных в Якутии. Важнейший метод — авиавизуальный учет. Согласно последним опубликованным данным, к 2016 году отмечено значительное увеличение численности лося в центральной Якутии. Если в 2009 году лосей в регионе было 4200 особей, то в 2016-м — приблизительно 7000. Одной из основных причин роста численности ученые считают усиление охраны охотничьих угодий от браконьеров. Не исключено также и влияние миграционных процессов. Свидетельством этого может быть обилие редких для центральной Якутии самцов с большими лопатообразными рогами (ранее встречались редко). *Вестник Северо-Восточного федерального университета*

Якутск

ЗАМЕНА ТРУБОПРОВОДА БЕЗ ТРАНШЕИ

Молодые ученые из Сибирского федерального университета (СФУ, Красноярск) разработали технологию замены старого пластикового трубопровода на новый бестраншейным методом. Метод позволяет менять водопроводные трубы, не нарушая целостность почвы. В основе технологии — механизм, который движется под землей, одновременно разрушая старый трубопровод и протаскивая новые пластмассовые трубы. Новый способ дешевле традиционного траншейного метода и дешевле существующих аналогов. Уникальность его в том, что он рассчитан на трубы разного диаметра и труднодоступные криволинейные участки. *Пресс-служба СФУ*

Красноярск

ОЧИСТКА БУХТЫ ЗОЛОТОЙ РОГ

Специалисты **Дальневосточного федерального университета (Владивосток)** и **Дальневосточного отделения РАН** начали работы в бухте Золотой Рог, в ходе которых предстоит оценить загрязненность дна, выявить источники загрязнения и предложить технологии очистки дна и сточных вод. Предстоит обследовать площадь в 5,2 кв. км на глубинах до 28 м. Работы ведутся с помощью многолучевого эхолота и подводных роботов. Одновременно исследуются причалы и береговая черта, чтобы выявить источники негативного воздействия. В результате будет подготовлена 3D-модель объектов накопленного экологического ущерба. На втором этапе будут подготовлены предложения по внедрению очистных сооружений на основных источниках загрязнений. *ТАСС*

Владивосток

СТУДЕНЧЕСКИЕ БИОПРОТЕЗЫ

Студенты **Дальневосточного федерального университета (ДВФУ, Владивосток)** разрабатывают прототипы бионических протезов. Три команды вышли в финал конкурса «Битва нейроинженеров». Победу одержала «ART-Bionics» с прототипом протеза руки (22 степени свободы). Существенная особенность прототипа: он значительно дешевле рыночных аналогов. Команда «EXO FEET I» разработала внешний мышечный электростимулятор с элементами экзоскелета (необходим людям с позвоночно-спинальными травмами, для лечения после инсульта). Стимулятор легче аналогов и не требует дополнительной опоры. Команда «Альфа» представила прототип протеза ноги, который решит проблему анатомической схожести, энергопотребления и облегчит пациенту подъем по лестнице. Использован сервопривод, способный анализировать действия пациента. Планируется добавить «опыт испытаний», чтобы протез смог самостоятельно принимать решения. *Пресс-служба ДВФУ*



__Нынешний май был самым холодным в XXI веке, но его средняя температура — 10,9 градуса — гораздо выше, чем была в мае 1918 года: 6,4 градуса

ХОЛОДНЫЙ МАЙ — ЭТО ПОТЕПЛЕНИЕ

Этой весной погода удивляла нас неоднократно. Средняя температура марта 2017 года по территории России — самая высокая за всю историю регулярных метеорологических наблюдений в стране, то есть за последние 127 лет. Она превысила прежний рекорд, принадлежащий марту 1990 года, сразу на 1,5°C. В Москве прошедший март был третьим среди самых теплых. Теплее были только март 2007 и 2014 годов.



__Длина возникающей при блокирующей антициклоне волны — несколько тысяч километров

В апреле после аномально теплой первой декады в столичный регион пришло сильное похолодание, продолжавшееся в мае. Этот возврат холодов достаточно привычен для Москвы, хотя и воспринимался многими весьма негативно, поскольку, настроившись на теплую погоду, они вновь возвращаются если не в зиму, то в раннюю весну.

Средняя температура нынешнего мая составила +10,9°C. Это существенно холоднее обычного, но нельзя сказать, что такого прежде не было. В 1980 году среднемесячная майская температура составила +8,4°C, в 1999 году +8,7°C. Рекордсмен же здесь — май 1918 года, когда среднемесячная температура составила +6,4°C.

Для атмосферы умеренных широт характерна значительная изменчивость в различных временных диапазонах — от минут и часов до лет, веков и тысячелетий. Так, зарегистрированный абсолютный минимум температуры воздуха по Московской области в мае равен -9°C. Наименьшее выхолаживание наблюдается в городских условиях: в центре Москвы абсолютный минимум температуры -2°C. Абсолютный максимум температуры на территории Московской области 32°C (на крайнем юго-востоке 33-34°C).

Атмосфера — очень сложная система. В формировании погоды задействовано множество физических механизмов разной степени значимости,

быстрых и медленных, локальных и глобальных. При изучении долгопериодной изменчивости атмосферы приходится рассматривать всю климатическую систему, в которую входят атмосфера, океан и верхний слой суши как единое целое. При этом необходимо учитывать многочисленные прямые и обратные связи между отдельными звеньями этой системы. Многие физические механизмы, влияние которых слабо ощутимо на коротких временных отрезках, становятся важными для долгопериодных изменений. Многие из этих механизмов недостаточно изучены и требуют дальнейших исследований. Для ответа на многие вопросы имеющаяся наблюдательная база недостаточно полна.

Как люди при всей их внешней схожести неповторимы, так и в глобальной атмосфере в каждый момент времени ее состояние (погода) уникально. Точно так же множеством деталей каждый год отличается от других, и на этом фоне в силу естественной атмосферной изменчивости время от времени обязательно должны возникать свои экстремумы.

Одним из механизмов, в значительной степени определяющих существование продолжающихся до нескольких недель «волн тепла» и «волн холода» в атмосфере, является блокирование преобладающего в умеренных широтах зонального западного воздушного переноса. Западный перенос создается перепадом атмосферного давления между тропиками (поясом повышенного давления) и полярными регионами, где преобладает более низкое давление.

В Европе в зимний период влияние западного переноса с Атлантики смягчает холода, а в летний период умеряет жару. Время от времени на пути западного потока в атмосфере возникают и задерживаются области повышенного давления. Они меняют картину воздушной циркуляции и способствуют усилению меридиональных потоков в атмосфере. К западу от таких блокирующих антициклонов преобладает вынос более теплых воздушных масс из южных регионов, а в восточной части блокирующего антициклона доминирует вынос холодного воздуха из более северных широт (см. рис.). Длина возникающей при блокировании волны на фоне возмущенного зонального потока — несколько тысяч километров.

НЕПРЕДСКАЗУЕМАЯ СТИХИЯ

Через Москву и Подмоскovie 29 мая прошел шквал. Он стал причиной смерти 16 человек, за медицинской помощью обратились более 150 человек, повалено 14 тыс. деревьев, повреждено 2 тыс. автомобилей, сорваны 243 крыши с домов.

Шквал — опасное гидрометеорологическое явление: резкое кратковременное усиление ветра до 25 м/с и сильнее с изменением его направления.

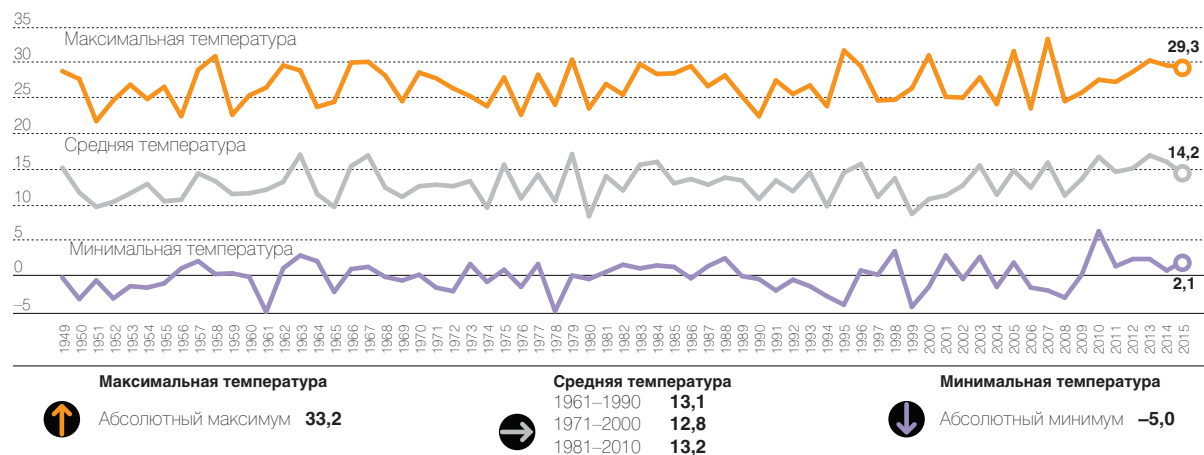
Шкавалы обусловлены мощными кучево-дождевыми облаками, из-за перемещения которых на местности возникает узкая шкваловая полоса шириной от нескольких десятков метров до километра и длиной в сотни километров. Такие облачные скопления называются мезомасштабными конвективными системами (МКС). Формирование линии шкавалов объясняется влиянием холодной воздушной массы и вертикальным сдвигом ветра в условиях статической стабильности. МКС обычно состоит из множества конвективных ячеек, они беспорядочно перемещаются с разной скоростью и меняют свою пространственную структуру.

Шкавалы, как правило, возникают в центральной части мощного грозового облака при очень большой влажности воздуха и в процессе осадкообразования. Диагностика шкавалов очень сложна — трудно зафиксировать момент зарождения конвективной системы даже в густонаселенных местах. Зачастую о шкавале можно говорить только после его прохождения, глядя на причиненный им ущерб.

Некоторые методики, правда, все-таки позволяют судить о приближении шкавалов — особую точность дают метеорологические радары, но их пока слишком мало. Менее точный, но основной для Гидрометцентра метод — региональная 30-уровневая гидродинамическая модель прогноза полей метеорологических элементов с пространственным разрешением в 75 км. Есть еще по крайней мере три метода разной степени точности, но у всех у них один серьезнейший недостаток: они бессильны предсказать именно катастрофический шквал.

По материалам Анны Поморцевой, кандидата географических наук, и Николая Калинина, доктора географических наук, Пермский государственный национальный исследовательский университет

— Майская температура в Москве



Зимой аномальные морозы часто связаны с блокированием в атмосфере и вызванным им заток холодного воздуха из Арктики. Если антициклон надолго устанавливается летом, то продолжительный вынос более сухого и теплого воздуха может привести к засухам и пожарам (как это было, в частности, в 2010 году). В апреле—мае 2017 года длительная волна холода в Центральном регионе России также была связана с процессом атмосферного блокирования, вызвавшим мощный заток арктического воздуха и майские снежные эпизоды в столице.

Результаты целого ряда численных экспериментов по моделированию климатической системы показывают, что в умеренных широтах потепление климата может способствовать усилению эффектов блокирования (прежде всего это касается зимнего периода над континентами). При общем потеплении климата особенно быстро потепление происходит в высоких широтах и медленнее всего в низких — в тропиках и на экваторе. Из-за этого уменьшается меридиональный перепад температур и давления между экватором и полюсами, что способствует уменьшению зонального воздушного переноса с запада на восток и повышению региональной изменчивости («нервозности») климата (проявляющейся, в частности, в интенсивности и повторяемости волн холода и тепла). Мы только что получили возможность ощутить влияние этого процесса на себе.

ДМИТРИЙ КИКТЕВ,
кандидат физико-математических наук,
заместитель директора Гидрометцентра по науке



— Атмосферное блокирование вызвало мощный заток арктического воздуха и снежные эпизоды



— Предсказать катастрофические шкавалы пока не представляется возможным

Российская команда в этом году получила девять премий на конкурсе Intel ISEF. Это юношеское соревнование в различных точных науках проводится в США с 1943 года. Среди участников прошлых лет — два десятка лауреатов Нобелевской премии, поэтому конкурс называют иногда малой Нобелевской премией. В этом году в нем участвовали 1778 подростков из 78 стран. Среди лауреатов математических соревнований — два петербургских школьника из Лаборатории непрерывного математического образования. О конкурсе, роли математики в современном мире и о современном подходе к математическому образованию рассказывают и сами школьники, и их преподаватели.

«БОТАНИКОМ НЕ НАЗЫВАЮТ — УЖЕ ХОРОШО!»

Илья Чистяков: Мы благодарны тем директорам школ, кто понимает ценность фундаментального образования

Директор Лаборатории непрерывного математического образования, учитель математики Илья Чистяков с соратниками создал это негосударственное образовательное учреждение дополнительного образования в 1992 году. Отбор учащихся производится на городских и региональных олимпиадах, предложение обучаться в лаборатории делается и просто талантливым и одаренным школьникам; они могут и сами попытаться пройти собеседование и поступить в лабораторию учиться. Лаборатория тесно взаимодействует со средней школой, учеба в ней предполагает совмещение основного, дополнительного образования и научной деятельности. В средних классах школьник получает фундаментальную углубленную подготовку, в старших классах выбирает тему научного исследования и самостоятельно проводит его. ИЛЬЯ ЧИСТЯКОВ говорит, что хочет создать на базе лаборатории не местечковую структуру, а базу математического образования для всей страны.

— Зачем сегодняшнему школьнику математика?
— Дело в том, что какой бы сферой деятельности ни занимался человек, математик сделает эту работу лучше. Потому что профильное математическое образование невероятно способствует формированию системного подхода к вопросу, умения абстрагироваться. Кроме того, при обучении работает принцип переноса. Если человек усваивает одну высокую модель человеческих знаний, ему легче работать в других областях. Поэтому ребенок, который занимается математикой, по сравнению со своими сверстниками имеет больше шансов построить свою деловую карьеру, — обязательно даже в фундаментальной науке, — может быть, в прикладной науке, бизнесе, менеджменте, маркетинге и так далее. Не случайно сейчас очень сильные математики поступают, например, в Высшую школу экономики. Потому что это область знаний, где сейчас нашей стране прежде всего нужны высококвалифицированные кадры, и ребята чувствуют, что они востребованы.

— Изменилась ли концепция преподавания математики?
— Изменилась. Во-первых, потому, что преподавание математики в нашей стране серьезно ухудшилось. Этому способствует ряд причин: во-первых, «в советском далеке» математика был одним из самых востребованных предметов, потому что была велика потребность в высококвалифицированных инженерах с высокой математической подготовкой, оборонка, физика, химия, естественные науки — биология, генетика — все это нуждалось в квалифицированных кадрах. Но с концом советской системы оказалось, что существуют и другие привлекательные области человеческих знаний. И математики должны были превратиться в коммивояжеров, которые должны продать юнцам немножко математики. Они принципиально оказались не способными на тот момент убедить ребят в ее важности. Кроме того, во время перестройки, а потом в безумных девяностых мы уничтожили фактически всю методическую школу. Ведь были замечательные разработки для обучения серьезной математике уже в школе, связанные с укрупнением дидактических единиц, когда основной единицей обучения становился не урок, а укрупненная единица типа темы. Сейчас мы вернулись фактически к позапрошлому веку, к классно-урочной системе. Наконец, прои-

зошло огромное изменение преподавательского состава, корпуса учителей математики. Старые, добротные, знающие учителя естественным образом уходят, их места занимают либо студенты педагогических вузов (деградация обучения там — особый разговор), либо переквалифицированные инженеры. Функции подготовки и переподготовки переданы вузам, где профессор или доцент, который ведет эти курсы переподготовки, сам никогда в школе не работал и может фактически не понимать цели и задачи, стоящие перед будущим учителем. Все это привело к деградации преподавательского корпуса. Формально говоря, сейчас некому учить. Посмотрите, что происходит в школах: фактически две трети детей не придрагиваются к профильным вариантам в ЕГЭ, уходят, выполнив только систему задач В, которая отвечает уровню либо начальной школы в девятом классе, либо пятому-шестому классу в одиннадцатом. То есть государство фактически беспозлезно выбрасывает деньги на то, чтобы ребенок после пятого-шестого класса еще пять лет сидел в школе в области математического образования. Большая беда современной школы — что учителя не могут найти язык со своими учениками, чтобы убедить их в ценности классического фундамента образования и увлечь их оным, потому что сами часто оным не владеют.

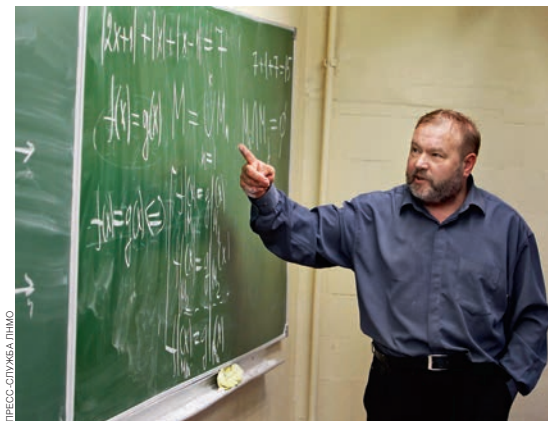
— Как же быть?
— Вот поэтому мы и существуем, чтобы по возможности эту ситуацию не то чтобы исправить, — для этого требуется политическая воля государственная, а для того, чтобы дать хотя бы небольшому числу учеников возможность учиться и заниматься математикой так, как на самом деле ей нужно заниматься: не просто решением подготовительных задач ЕГЭ и олимпиадных задач, а проектной и научно-исследовательской деятельностью. Наша школа создана для того, чтобы привлекать ребятшек, которые уже со школьной скамьи мотивированы к занятию серьезной наукой, чтобы они могли получить фундаментальное образование, навыки самостоятельной работы и написать свои первые научные исследования под руководством научного руководителя, чтобы им была поставлена серьезная профессиональная задача. Каждый школьник, который поступает к нам, может выбрать тему научной работы, мы ищем ему научного руководителя, и он начинает заниматься сначала в маленьких семинарах с молодым кандидатом наук или аспирантом и, прослушав и проработав такие курсы, сдав несколько теоретических минимумов, получает возможность ходить на более сильные семинары, где уже ставятся серьезные научные проблемы. И вот там-то он заинтересовывается тем или иным направлением и начинает активную работу в этой области, достигает определенных успехов. Далее работа публикуется, причем не только в научно-популярных, но достаточно часто и в серьезных научных журналах, которые принадлежат профессиональным математическим сообществам, в электронном журнале «Архив», где ученые выставляют свои новые результаты. И, во-вторых, ученики выступают на научных конференциях для школьников и студентов. Таких в России несколько, а международные это, конечно, ISEF, всемирный конкурс, который собирает более 6 миллионов школьников более чем из 60 стран мира. В этом году наш школьник Савелий Новиков получил Grand Award четвертой степени за работу по математике. Но для нас более приятным оказалось то, что американское мате-

матическое сообщество присудило Савелию вторую, а его однокласснику Диме Михайловскому — третью премию Карла Менгера. Это очень важно, потому что, во-первых, ребята получают право без длительной процедуры печататься в профессиональных читаемых журналах, а во-вторых, имеют дальнейшую перспективу исследований, потому что у них появляется много корреспондентов и научное общение, что очень важно, так как математика — наука коллективная.

— Как организовано государственно-частное партнерство в России в области математики? Как идет финансирование?

— Во-первых, мы благодарны тем директорам школ, которые понимают сейчас ценность фундаментального образования. Сейчас директора государственных школ, которые хотят дать детям серьезное образование, но у которых нет ни кадрового профессионального состава, ни возможности финансирования этих проектов, с удовольствием откликаются на наше предложение создать государственно-частное партнерство. Ребята учатся в школе, получают фундаментальное образование в рамках государственной программы и дополнительно занимаются в семинарах и на дополнительных занятиях Лаборатории непрерывного математического образования, которые мы осуществляем как частное образовательное учреждение, — структура с лицензией дополнительного образования. Школа у нас состоит из трех коллективов — математико-информационный, химико-биологический и инженерно-технический. Ребята у нас учатся с 5-го по 11-й классы, а специализация происходит на уровне 7-го класса, когда они окончательно распределяются по этим специальностям. Что касается финансирования, мы работаем с родителями по договору, очень умеренному. Могу сказать, не раскрывая финансовую тайну, что если бы родители обратились к услугам государственной организации, то за эти деньги ребенок смог бы заниматься не более четырех часов, а у нас он занимается от 10 до 14 часов.

Во-вторых, у нас существует Фонд поддержки научной и научно-технической деятельности молодых ученых «Время науки», цель которого — поиск средств для финансирования наших проектов, среди которых и Балтийский научно-инженерный конкурс, один из крупнейших конкурсов в России, и международное соревнование «Турнир юных математиков», в котором участвуют 14 стран Европы, олимпиада «Математика non-stop», летние профильные лагеря в крупных университетах, стажировки, поездки на открытые мероприятия ряда математических университетов, химико-биологические мероприятия, квесты, семинары, научный конкурс «Естественный отбор», сейчас будем делать «Школу инженерного мышления» — инженерные классы в государственной школе. Фонд ищет нам спонсоров, партнеров — на данный момент ими являются университеты ИТМО и Политех, — осуществляет краудфандинг, в частности, на Boomstarter мы сейчас собрали на проекты Лаборатории непрерывного математического образования полтора миллиона рублей — это достаточно мощный отклик нашей страны, то есть заинтересованных в образовательных проектах простых людей. Ряд компаний сейчас рассматривают наши проекты в качестве приоритетных. Например, Балтийский научно-инженерный конкурс этого года стала поддерживать компания «Газпром нефть». Но мы хотим создать



некое-то местечковое благополучие, а структуру, которая будет работать на всю страну. Надо стремиться к тому, чтобы научная молодежь была повернута лицом к России, надо делать мировой конкурс, чтобы они ехали, видели культуру и науку нашей страны и перспективы, которые Россия предоставляет.

— Куда обычно идут дальше ваши выпускники?

— Нам очень нравится, что наши выпускники не только математики. Среди них есть замечательные инженеры, которые работают в серьезных конструкторских бюро. Лучший студент Политеха 2015 года, лучший молодой математик 2014 года в Санкт-Петербурге — наши выпускники. Ряд ребят у нас занимаются бизнесом, и мы очень довольны, потому что это способ изменять нашу страну к лучшему. Один из лабораторцев — победитель Балтийского конкурса основал мощную интернациональную компанию, у него представительства в 40 странах мира. Многие компании, которые изменили лицо нашего мира, — и Джобса, и Билла Гейтса, и Цукерберга, — выросли из молодежных коллективов, которые формировались либо на последних курсах колледжа, либо на первых курсах университетов. И мы хотим выступить технопарком, который будет являться катализатором создания таких молодежных коллективов. У нас очень много талантливой молодежи, и мы серьезно обеспокоены тем, чтобы их дальнейшее научное будущее было связано с нашей страной. Надо сказать, что практически никто не уезжает, наши выпускники в основном поступают в наши вузы и остаются работать здесь. Но, с другой стороны, когда человек уже стал постдоком, мы не можем нести за него ответственность, потому что здесь все зависит от государства: либо оно создает условия для жизни своей талантливой молодежи, они востребованы и тогда остаются работать здесь, либо не создает, и тогда они уезжают. И осуждать их, наверное, рука не поднимется.

— Как вы говорили, дела с преподавательскими кадрами обстоят неважно. Где же взять современного преподавателя?

— Нигде. Проблема преподавательских кадров в стране огромна. У нас тоже трудно формируется преподавательский коллектив, мы очень радуемся, когда находим единомышленников. Это и ученые, которые имеют педагогические способности, — а такое редко встречается среди кабинетных ученых. Это учителя, которые, учась в педвузах или университетах, вели активную научную работу, были участниками кружков, семинаров, имели опыт работы в профильных лагерях для школьников. Наконец, это наши выпускники. Не случайно руководитель Савелия Новикова Сережа Иванов — выпускник лаборатории.

— Что бы вы хотели добавить?

— А добавить я хочу наш слоган, который мы очень любим: «В Питере — умнеть».

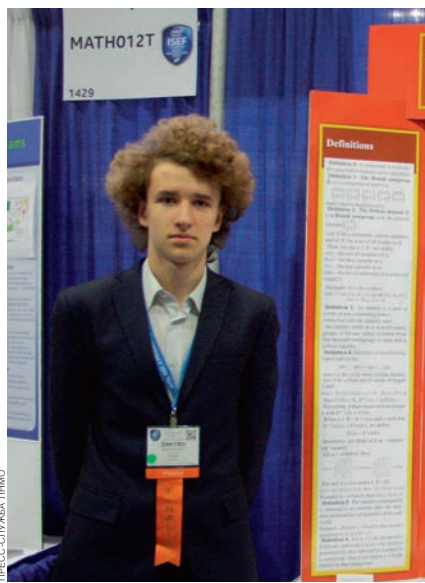
Савелий Новиков,

лауреат Grand Award четвертой степени и премии второй степени от Американского математического общества:

— Все началось с пятого класса. Тогда я заметил, что математика давалась мне довольно легко. Моя школьная учительница способствовала развитию — работала со мной дополнительно. Потом, примерно через два года, я захотел поступить в Лабораторию непрерывного математического образования. Мой брат уже учился там, я наблюдал за тем, что он делал, чем они там занимались, — все мне было очень интересно. Так что в седьмом классе я написал Олимпиаду и поступил туда. Темы, которые преподавались в этой школе, относились к более сложной математике, — они еще более подогрели мой интерес. И в какой-то момент мне захотелось, как и другим, получить своего научного руководителя и заниматься более сложными задачами. Моим наставником стал Сергей Олегович Иванов, кандидат математических наук. Он и предложил мне тему исследования. Я к тому моменту уже имел небольшое представление о ней. В какой-то мере мы продолжали прошлогоднюю работу одного из студентов, только подошли к вопросу с другой стороны. Есть некоторая структура, совокупность действий и некоторых элементов, над которыми производятся эти действия. Она является чуть более сложной в отличие от тех, которые нам интуитивно понятны, — сложение чисел, например. Эта структура находится в разделе математики и называется абстрактной алгеброй. Она сохраняет некоторые свойства, имеющиеся у более простых структур. Мы можем составлять уравнения с числами и переменными и проверять их, например: $5+5=10$, и мы тождественно проверяем, что это верно. Точно так же в другой по свойствам структуре мы можем составлять тождества вида $x1+x2=0$. Но об этом уравнении мы не можем сказать, верно оно или нет. В своей работе я описал всевозможные тождества, которые могут быть выполнены в этой специальной структуре. В результате я получил метод, который также можно воспроизвести в виде программы, который дает возможность проверять такого вида тождества. До результатов мы с научным руководителем дошли вместе: какие-то более точные формулировки были написаны научным руководителем, а мной все это было доказано. То, с какой стороны мы с научным руководителем подошли к этому вопросу, является новым подходом. В итоге одну премию я получил из раздела «Специальные призы». Такие премии даются различными организациями и компаниями, которые приглашают на международные конкурсы, и, таким образом, награды никак не зависят от организаторов, а только от компаний или сообществ. Мне выделило премию Американское математическое общество. В виде комиссии из трех человек они подходили к некоторым самостоятельно выбранным работам и оценивали их. Я был в числе интересующих их ребят. Вторая премия отличается от первой — это главный приз, имеющий несколько категорий и несколько степеней, который выдается организаторами конкурса. Я получил четвертую премию в секции математики. Никаких официальных льгот, связанных с этой премией, у нас в России нет. Но в вузах при подаче документов есть раздел «Индивидуальные достижения», к которому можно отнести и мои награды. В Америке же, скорее всего, ситуация другая. Но проблема этой страны в том, что там платное образование, и иностранному студенту попасть туда будет достаточно проблематично — очень большой конкурс, ведь в их вузы подаются документы не только студенты со всей Америки, но со всего мира. Так что попасть туда достаточно проблематично, особенно после школы, разумнее ехать за границу за вторым высшим образованием. Но мне было бы интересно поехать просто на стажировку в другую страну. Кстати, очень повезло, что мы привезли домой относительно много наград. Премии вообще выдаются достаточно малому количеству людей, а тут вдруг — две сразу — из одной страны, да еще и из одного города. В этом году для команды от России на международный конкурс организаторы решили выбрать более теоретические работы, и так получилось, что моя работа и работа моего одноклассника подходили под этот критерий. Нам обоим дали возможность участвовать, и наши работы в этой сфере оказались самыми сильными. Во время награждения сначала в качестве призера назвали моего одноклассника, и я уже был рад, что мы что-то привезем. А потом назвали и меня — я был счастлив. Свой приз я потрачу на собственное образование, возможно, это будет ноутбук.



— Савелий Новиков



— Дмитрий Михайловский

Дмитрий Михайловский,

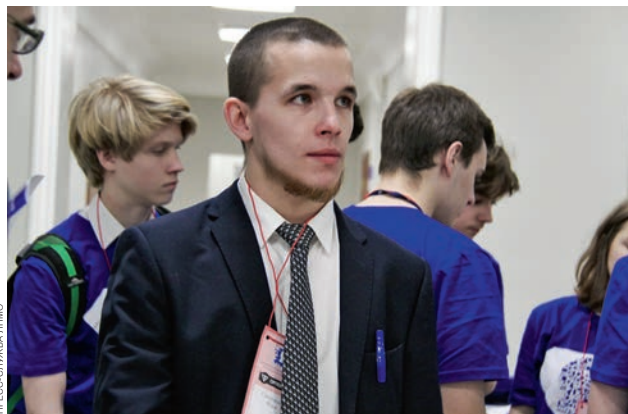
лауреат Special Award третьей степени:

— Я изначально ехал за премией от Американского математического сообщества, которую в итоге и получил. Когда-то еще мой брат ее получал, поэтому для меня она значила больше, чем все остальные. С самого детства я с родителями занимался математикой, они тоже связаны с математическим и инженерным направлением. Тогда, по окончании седьмого класса, я поступил в Лабораторию непрерывного математического образования, в ней также учились и мои братья — это, собственно, была основная причина на первых парах, помимо интереса к самой науке, который я также проявлял. В этой лаборатории Илья Александрович Чистяков был человеком, который и занимался всеми нашими проектами. Ребятам, которые хорошо проявляют свои способности, он назначает научного руководителя. Для меня им стал Станислав Исакович Кублановский. Под их руководством я и провел исследование, за которое получил премию. Есть довольно известная задача тысячелетия, которая включает в себя семь задач, сформулированных в 2000 году, награда за решение которых, кстати, один миллион долларов. Одна из них связана со сложностью алгоритмов. Основной ее вопрос: если решение задачи можно быстро и легко проверить, то можно ли так же быстро и легко ее решить? Эта задача имеет множество эквивалентных формулировок — я занялся одной из них. В качестве результата, на момент, когда я начал свою личную работу, решение каждой задачи имело сложность со значением bn , где n — число входных данных. Впоследствии мой результат уменьшил сложность проверки до $2n-1$ — это еще не решение задачи, но довольно сильное к нему приближение. Я и дальше планирую заниматься решением этой проблемы — это задача на долгое время. А в следующем году я снова представлю свою работу для конкурса, хотя, возможно, это будет уже другое исследование. Но, честно говоря, я до конца не определился, с чем свяжу свое будущее: планировал как раз потратить на эти размышления лето. Но возможно, моя будущая профессия будет находиться где-то на стыке математики и биологии, например, я бы хотел заниматься чем-то прикладным, а не фундаментальным. Но жизнь непредсказуемая, так что как получится, так и будет. Говоря о самой конференции, туда я попал в группе из 30 человек. В Москве и в Питере есть конкурсы, на которые приезжают ребята со всей России, чтобы показать свои результаты. У меня в городе это Балтийский научно-инженерный конкурс. Там меня и отобрали — я выиграл поездку на Intel ISEF, взял высшую награду. В эту группу от нашего Балтийского конкурса попали пять человек, четверо из Санкт-Петербурга. Были также ребята со всей России, но больше всего было, конечно, москвичей. По итогам премии больше всего, не считая, конечно, получения награды, я был рад возможности общения с ребятами со всего мира — конкурс собрал людей из 78 разных стран. Было очень дружелюбное жюри, с которым также было крайне интересно побеседовать. Организаторы мероприятия составили хорошую культурную программу, помимо непосредственно самой конференции: мы были в музее Grampp, в парке Universal Studios. Возвращаясь к премии: к сожалению, насколько я знаю, премия Американского математического сообщества в России не дает никаких особых льгот для вуза или школы. Потенциально она что-то значит в Америке. Так что пока у меня есть большая гордость и премия в 500 долларов. А вообще математиком быть сложно: занятия наукой отнимают много времени, а свободное от математики время приходится уделять другим предметом. Но ботаником не называют, уже неплохо!

Илья Смоленский,

преподаватель биологии, классный руководитель Савелия Новикова и Дмитрия Михайловского, выпускник ЛНМО 2007 года, соорганизатор Балтийского научно-инженерного конкурса:

— Цель сегодняшнего образования немного отличается от тех взглядов, которые исповедуют наша школа, Илья Александрович Чистяков, наши коллеги и организации, занимающиеся научной работой с детьми и дополнительным образованием. Сегодня образование сильно алгоритмично, оно не очень учит думать детей, решать какие-то сложные творческие задачи и проблемы, требующие долгой кропотливой работы. Ведь научная работа — это тяжелый труд, где в основе каждого открытия лежит 80 процентов долгой кропотливой работы и только потом, на самой вершине, лежат какие-то блистательные озарения. Работать долго и упорно, даже когда не очень получается и решается, заходить к решению с разных сторон — этого школе сегодня не хватает. Сегодняшняя школа заточена на быстрый результат, на быстрое решение одинаковых задач. Это мы видим и в формате оценивания, ЕГЭ. Сегодня решается много однотипных задач, поэтому многое зависит от инициативы преподавателей, которые могут и хотят идти по другому пути. Наше образование отличалось фундаментальностью, а сегодня общемировая тенденция идет не к глубокому, а к поверхностному. Растет количество знаний, которое не всегда успеваешь переварить и вложить в голову молодежи. Это не только наша проблема, а новая ступень развития цивилизации. Наши ребята, которые ездят по миру, часто отмечают тот факт, что у иностранцев менее широкий спектр знаний и интересов в смежных дисциплинах. А для ученого очень важен момент междисциплинарных знаний и исследований. Успешный ученый должен обладать широтой знаний, уметь контактировать на равных со специалистами смежных областей и представлять, что там происходит. Количество ребят, которые интересуются математикой, не уменьшается. Есть тенденции к тому, что ребят больше интересуют дисциплины, близкие к гуманитарным, — экономика, юриспруденция, финансы, но это не принципиальный момент. Но, с другой стороны, и инженеры, программисты востребованы сейчас. Немного смещается в сторону более узких направлений — программирование, высокотехнологичные направления. Сейчас много информации и она доступна, но люди в молодом возрасте не всегда могут ее переварить и с ней работать. Это глобальная философская проблема, не только наша. Это вызов нашей цивилизации, палка о двух концах. Чтобы уметь разбирать и работать в этом объеме информации, нужны люди, которые могут помочь и направить. Со стороны государства помощи особенно-то и нет. Оно нам не помогает, главное, чтобы не мешало. Хотелось бы поменьше регулирования, у нас пока есть возможность реализовывать наши проекты и планы. Частный бизнес нами сильно не интересуется, это скорее плод нашей инициативы. Нам удалось привлечь компанию «Газпром нефть» к участию в конкурсе. Тяжелая эта работа. И государство, и частный бизнес не очень спешат вкладывать деньги в долгосрочные проекты, школьники — это долгосрочные вложения, которые в не очень понятное в нашей стране будущее делать довольно рискованно. И это делается не в качестве инвестиций, а как меценатство. То есть те, кто понимает, что без этих вложений наше будущее печально. Нам достаточно сложно работать и с точки зрения финансирования, и с точки зрения регулирования.



плинарных знаний и исследований. Успешный ученый должен обладать широтой знаний, уметь контактировать на равных со специалистами смежных областей и представлять, что там происходит. Количество ребят, которые интересуются математикой, не уменьшается. Есть тенденции к тому, что ребят больше интересуют дисциплины, близкие к гуманитарным, — экономика, юриспруденция, финансы, но это не принципиальный момент. Но, с другой стороны, и инженеры, программисты востребованы сейчас. Немного смещается в сторону более узких направлений — программирование, высокотехнологичные направления. Сейчас много информации и она доступна, но люди в молодом возрасте не всегда могут ее переварить и с ней работать. Это глобальная философская проблема, не только наша. Это вызов нашей цивилизации, палка о двух концах. Чтобы уметь разбирать и работать в этом объеме информации, нужны люди, которые могут помочь и направить. Со стороны государства помощи особенно-то и нет. Оно нам не помогает, главное, чтобы не мешало. Хотелось бы поменьше регулирования, у нас пока есть возможность реализовывать наши проекты и планы. Частный бизнес нами сильно не интересуется, это скорее плод нашей инициативы. Нам удалось привлечь компанию «Газпром нефть» к участию в конкурсе. Тяжелая эта работа. И государство, и частный бизнес не очень спешат вкладывать деньги в долгосрочные проекты, школьники — это долгосрочные вложения, которые в не очень понятное в нашей стране будущее делать довольно рискованно. И это делается не в качестве инвестиций, а как меценатство. То есть те, кто понимает, что без этих вложений наше будущее печально. Нам достаточно сложно работать и с точки зрения финансирования, и с точки зрения регулирования.

Станислав Кублановский, математик, педагог:

СТАНИСЛАВ КУБЛАНОВСКИЙ — специалист по алгоритмическим проблемам в алгебраических системах. В 1994 он году доказал алгоритмическую неразрешимость проблемы вложения во вполне 0-простые конечные полугруппы. Этот результат для большинства алгебраистов оказался крайне неожиданным, так как до сих пор все проблемы подобного рода имели положительное решение. Окончил математический факультет Российского государственного педагогического университета имени Герцена, получил степень кандидата физико-математических наук в Институте математики и компьютерных наук Академии наук Республики Молдова и степень доктора физико-математических наук в СПбГУ. Доктор Кублановский также известный учитель математики. Многие из его учеников были победителями всероссийских и международных конкурсов по математике.

— В чем причина столь высокого международного успеха двух питерских подростков: талант, система обучения, здоровое соперничество?

— Конечно же, основное — это система обучения, авторская школа Ильи Чистякова, с которой я знаком уже более 20 лет. Принцип этой школы вначале мне показался очень необычным: отдавать ребят в научное плавание под руководством ученых, занимающихся реальными конкретными проблемами. Как раньше отдавали детей в подмастерья опытным ремесленникам. И выяснилось, что и математике можно начать учить смолodu, и чем раньше это происходит, тем больше отдача. Конечно, нужна определенная доля таланта и трудолюбия, а также серьезная мотивация. Дети усиленно работают, видят реальные успехи предшественников и это очень мотивирует, доставляет удовольствие. Методика и мотивация рождает таланты, несмотря на кризисы и прочие неурядицы. Некоторые ставят на олимпиады, отчисляются о числе поступивших в вузы, здесь же акцент другой: ребята должны заниматься научной работой. Казалось бы, у них мало данных, знаний для этого, но есть узкие области знаний, где можно за относительно небольшой срок войти, исследовать и получить самостоятельный результат. Ребята учатся оформ-

лять свои результаты, как настоящие ученые, докладывать, подавать и объяснять значимость этих результатов. Даже если они не станут профессиональными математиками, это большая школа для них. Судя по моим ученикам, а они стали появляться с 1995 года, практически все они успешны в жизни. С некоторыми я работаю и по сей день, например, в рамках проекта «Универсальный математический решатель». Эта программа, которая единственная в мире решает наш ЕГЭ по математике, написана при активном участии моего ученика, прошедшего школу Ильи Александровича. Есть люди, которые стали успешными в бизнесе, других областях. Математика пригодилась им в жизни.

— Вы также известный в Петербурге репетитор и готовите обычных ребят к экзаменам. Что интереснее, работать с талантами или посредственностями?

— Слова «посредственность» и «талант» очень условны, и мой опыт показывает, что посредственностей-то и нет. Если есть мотивация, то у человека столько скрытых талантов, что они могут раскрыться в любое время. В рамках обучения в лаборатории Чистякова у меня был ученик, который был одним из последних в группе, я давал ему задачи, с которыми он год-два не мог продвигаться, и казалось, ну не дано это человеку. А на третий год он пришел не только с решенной этой задачей, но и общей проблемой и очень быстро потом стал одним из известных питерских математиков, и уже его ученики побеждают и получают премии. Просто у разных людей разные стартовые скорости, но упорство и мотивация делают свое дело, и человек добивается успеха.

— Как вы оцениваете нынешнюю систему подготовки учащихся по точным наукам, в частности, математике?

— С одной стороны, вызывает опасение то, что идет в некотором смысле «натаскивание» на ЕГЭ и подготовка стала более узкой. Как и отсутствие устного экзамена, другие минусы. Но есть и плюсы, и главный из них — объективность оценки знаний учащегося, перевешивает все минусы.

Сергей Олегович Иванов, научный руководитель Савелия и Дмитрия:

— В чем, на ваш взгляд, особенности сегодняшнего образования, особенно математического?

— Мне трудно судить об образовании в целом, потому что мое знакомство с системой образования ограничивается ведением кружка в одной конкретной школе. Но я считаю, что главной особенностью сегодняшнего образования является наличие интернета. Благодаря ему у любого человека есть доступ к огромному количеству информации, которая находится быстро и легко. Особенно если знаешь английский язык. У меня был друг в школе из простой семьи, который жаловался на то, что он не знает многих слов, которые попадают ему в книжках. Он спрашивал маму, она не знала и советовала ему посмотреть в энциклопедии. Объяснений из энциклопедии он тоже не понимал. Сейчас у него не было бы такой проблемы. При желании все ответы можно найти в интернете. Википедия меняет мир.

Наряду с очевидными плюсами у такой доступности информации есть свои минусы. Пропадает необходимость запоминать информацию, и это иногда негативно сказывается на понимании. Еще один минус интернета в том, что дети тратят на него много времени, рассматривая смешные картинки. Но плюсов больше.

— Видите ли вы применимость математики в повседневной жизни?

— Математика не применяется в повседневной жизни обычного человека. Я говорю о современной математике. Конечно, какая-то минимальная математика применяется при вопросах типа «Что выгоднее: купить квартиру или положить деньги в банк и снимать проценты?», но это все очевидно и неинтересно. Может, кто-то и может вас развлечь историей про то, как он применил «дерева Штейнера» для прокладки электропроводки у себя на даче, но у меня таких примеров нет. Другое дело применения в бизнесе. Извест-

ны примеры того, как крупные компании, которые оказывают услуги по доставке грузов, сэкономили очень много денег, начав использовать новые алгоритмы для выбора маршрутов, основанные на современной математике. Другой пример — это улучшение работы медицинских сканеров, которое произошло благодаря применению современной математики при обработке сигналов.

Главные применения математики находятся не в повседневной жизни, а в науке. Это язык, на котором говорит наука. Это язык общения с природой. И мы этот язык развиваем.

Если говорить о приложениях, которые понятны обывателю, то я процитирую ответ Пола Данна, который он дал на вопрос о том, есть ли у математики практическая ценность, в газете The Irish Times: «Помимо непосредственных приложений к электрическим цепям и механизмам, электронике (включая проектирование схем и компьютерной техники), к компьютерному программному обеспечению (включая криптографию для обеспечения безопасности банковских онлайн-транзакций, программное обеспечение для бизнеса, антивирусы и игры), телефонам, мобильным телефонам, радио- и телевизионным системам вещания, конструированию антенн, игровым приставкам, ручным устройствам, таким как iPod, архитектуре и строительству, дизайну и изготовлению автомобилей, космическим путешествиям, системам GPS, радарам, рентгеновским аппаратам, медицинским сканерам, исследованию частиц, метеорологии, спутникам, всей физике и большей части химии, ответ, вероятно, "нет"».

— Насколько сегодня популярно занятие наукой у молодежи?

— Занятие наукой довольно популярно среди молодежи. С одной стороны, есть молодые люди,



ПРЕСС-СЛУЖБА ЛНМО

Это дает равенство возможностей, которого раньше не было и это очень важно.

— А как дела обстоят в высшем образовании?

— В математике становится не очень модной классика: алгебра колец, модулей и так далее. Модными стали прикладные вещи, в частности, компьютерные науки. И эта дань моде снижает качество высшего образования. Когда мы стремимся к быстрой отдаче в ущерб фундаментальным исследованиям, качество знаний неизбежно теряется, и это отражается на высшей школе. Это не может не тревожить. Что с этим делать? Видимо, надо снова возвращаться к классике, фундаментальным исследованиям, и это требует государственной поддержки, поддержки людей с государственным мышлением.

— А может, это вообще не нужно и со всем скоро справятся всевозможные компьютерные программы, гаджеты?

— Похожую фразу сказал один ваш коллега лет 200 назад: зачем заниматься всей этой электродинамикой, магнетизмом и прочими изысканиями — и так все растет. Но в результате мы сейчас пользуемся такими благами, которые люди тогда

и не представляли. Давайте посмотрим, что будет создано через 100 лет и чего мы сейчас не представляем. Но не можем посмотреть — не будет у нас этих 100 лет! А вот создать основу для будущих достижений, продолжая фундаментальные исследования, мы можем и должны делать сейчас.

— Есть ли перспективы у ваших учеников в России или их судьба — уехать на Запад?

— Пока я могу сказать с сожалением, что в стране остались только порядка 25% моих учеников, остальные реализовали себя за рубежом. Некоторых из них переманили в западные университеты еще студентами. Все зависит только от государственной политики и понимания частного бизнеса, что им нужны такие высококлассные специалисты и что всем выгоднее их взрастить здесь, чем потом покупать на Западе. Осознание этого должно рано или поздно прийти. Сейчас же я не могу сказать, что у всех ребят есть будущее в России. Кто-то, безусловно, себя найдет. Например, сейчас в России востребованы молодые талантливые программисты, но вот судьба специалистов в неприкладных областях наук пока еще не видится столь оптимистично.



ПРЕСС-СЛУЖБА ЛНМО

которые очень предрасположены к занятиям наукой. И если такой человек хоть где-то прикоснется к настоящей науке, на какой-нибудь лекции или кружке, то его с этой иглы уже не снимешь. И так было всегда. С другой стороны, финансовая сторона вопроса постепенно налаживается, и хороший ученый вполне может сделать себе хорошую карьеру и зарабатывать весьма приличные деньги. Даже в России. Кроме того, сейчас возникла среда «тиков», которая позволяет комфортно существовать заинтересованным наукой молодым людям среди себе подобных. Под этой средой я понимаю как сообщества в социальных сетях, различные ресурсы типа «Постнауки», так

и научно-развлекательные «тусовки» в различных форматах, такие как «Щепотка соли», «Курилка Гутенберга».

— В чем вы видите проблемы сегодняшнего образования?

— Я не знаю, какие проблемы у сегодняшнего образования. Проблемы, конечно, есть и всегда были, но сейчас есть такие большие возможности для самообразования, что любой активный заинтересованный человек может их легко обойти. Поэтому мне неинтересно об этом думать и говорить.

— В чем секрет успеха ваших учеников?

— Нет никакого секрета. У нашей школы есть четкая структура, по которой мы учим детей. Эта структура совершенствовалась годами Ильей Александровичем и его «соратниками», одним из которых я являюсь. Постепенно наша работа начала приносить плоды. Например, ученики ЛНМО начали побеждать в различных конкурсах. Но эти победы — это второстепенные плоды. Главные плоды — это то, кем становятся выпускники нашей школы во взрослой жизни. Среди них много талантливых ученых, успешных бизнесменов и просто хороших людей. Например, среди моих одноклассников пять кандидатов наук. Бизнесменов не считал, но тоже немало. Среди тех, кто когда-то был моим личным учеником, тоже немало ученых. Даже в жюри этого американского конкурса ISEF, в котором в этом году победил мой ученик Савелий Новиков, был мой бывший ученик Александр Нешитов. Он сейчас занимается математикой в Америке.

— Есть среди них новые потенциальные нобелевские лауреаты?

— Поживем — увидим.

Подготовила группа «Прямая речь»

Президент России Владимир Путин подписал указ о присуждении государственных премий — награды вручены 12 июня. В области науки и технологий лауреатом стал генеральный директор «Сургутнефтегаза» Владимир Богданов и его заместители Юрий Батурин и Анатолий Нуряев — за создание рациональных систем разработки нефтяных, нефтегазовых и газонефтяных месторождений Западной Сибири. Одно из самых перспективных направлений компании — разработка залежей Баженовской свиты.

РОССИЯ ПРИСТУПАЕТ К САМЫМ БОГАТЫМ ЗАЛЕЖАМ СЛАНЦЕВОЙ НЕФТИ В МИРЕ

Баженовская свита в России и за рубежом — широко известный объект. В докладе комитета по энергетике США, опубликованном в июне 2013 года и касающемся всех сланцевых формаций мира, Россия была признана лидером по запасам сланцевой нефти и, конечно, основные запасы — это именно Баженовская свита. Сегодня, пожалуй, это один из самых обсуждаемых объектов российской нефтяной науки: исследователи спорят буквально обо всем, от геологии до целесообразности разработки Баженовской свиты.

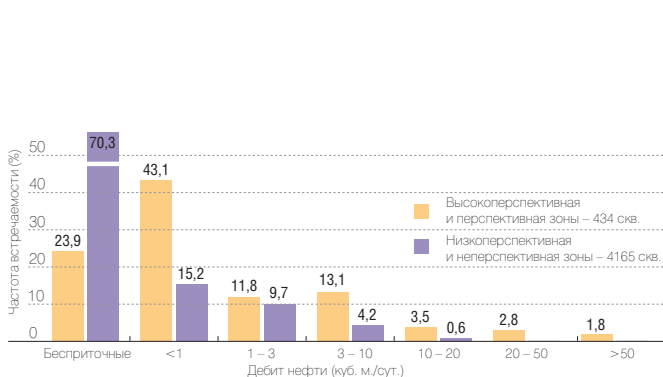
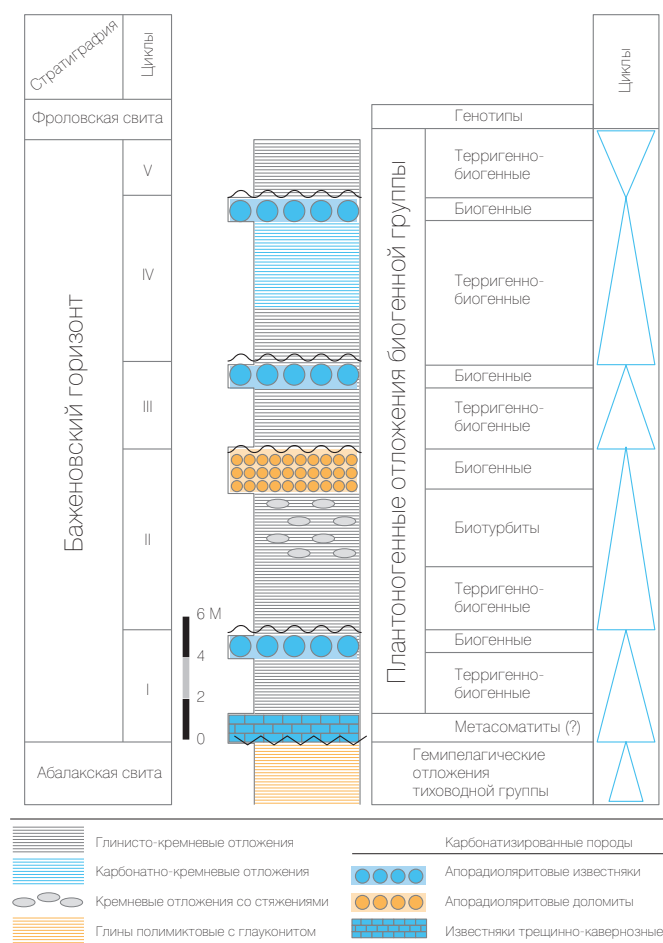
Нефтяные сланцевые формации — широко распространенные в мире тонкослоистые карбонатно-глинисто-кремнистые отложения, обогащенные органическим веществом. В традиционные коллекторы нефть и газ попадают из нефтематеринских пород, где рождаются из органического вещества, путем миграции — перемещения молекул углеводородов из толщи в породы с порами значительного размера; эти поры (коллекторы) ограничены сверху и снизу флюидоупорами (покрышками) — породами с крайне низкой проницаемостью. Нефтяные же сланцы — низкопроницаемые нефтематеринские породы, которые могут «рождать» нефть. Эти формации тоже содержат нефть или газ, трансформировавшиеся за миллионы лет из твердого органического вещества в жидкую и газообразную фазу, но располагаются они в мельчайшем поровом пространстве пород и удерживаются там сорбционными свойствами минералов и оставшегося в твердом состоянии органического вещества (жерогена), благодаря чему углеводороды крайне тяжело извлечь из породы. Такие нефть и газ относят к трудноизвлекаемым, или нетрадиционным: добыть их можно только с помощью особых технологий.

История открытия и изучения Баженовской свиты

В 1970-х годах поисковое бурение скважин на нефть в Западной Сибири привело к открытию нового нефтеносного объекта — Баженовской свиты. В нескольких скважинах в районе месторождения Большой Салым получили большие фонтанные притоки нефти (до 2,5 тыс. тонн нефти в сутки). Было пробурено и испытано (испытания — проверка возможности извлечения нефти из скважины) большое количество скважин на Баженовскую свиту, отбирался керн — исследовались породы и их свойства.

Оказалось, Баженовская свита очень сложный объект: зачастую рядом со скважиной, давшей промышленный приток нефти, располагались сухие. Нередко высокий дебит нефти быстро снижался по мере падения пластового давления. Было проведено множество исследований — гидродинамических прослушиваний, чтобы установить гидродинамическую связь (протяженность коллектора) между соседними скважинами. Во многих

СТРОЕНИЕ РАЗРЕЗА ОТЛОЖЕНИЙ БАЖЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА (НЕМОВА, 2012)



Распределение дебита нефти при опробовании поисково-разведочными скважинами Баженовской свиты на территории деятельности ОАО «Сургутнефтегаз» (Чирков, Сонич)

случаях такой связи не обнаружилось. Все это навело на мысль, что в Баженовской свите коллектор располагается хаотично, прогнозировать его развитие крайне сложно (если вообще возможно), а еще коллектор имеет небольшую площадь, то есть даже при попадании скважины в коллектор нефть в нем быстро заканчивается, и необходимо бурить новую.

Безусловно, огромные запасы нефти в традиционных коллекторах, которые было件件но и разрабатывать, погасили интерес к Баженовской свите, основная разработка залежей нефти была сконцентрирована в других пластах Западной Сибири.

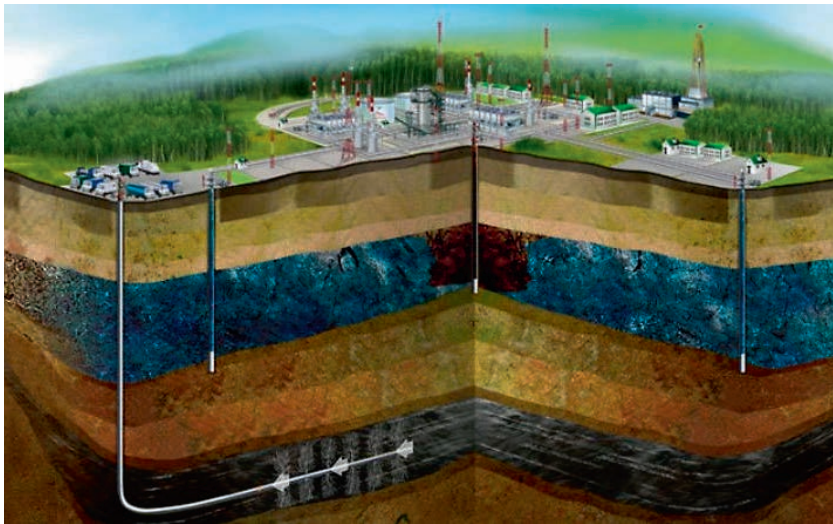
Справедливости ради стоит отметить, что компания ОАО «Сургутнефтегаз» много лет продолжала поиск, разведку и разработку залежей Баженовской свиты на своих месторождениях, используя естественный режим истощения залежей (см. график). Именно эта компания добыла нефти больше всех прочих из Баженовской свиты. Но в абсолютном измерении это небольшая величина, далеко не соответствующая перспективам залежей.

Многолетняя разработка Баженовской свиты на Салымском месторождении все-таки показала, что некоторые скважины работают десятки лет, а снижение добычи в начальные этапы разработки позже может смениться восстановлением и стабилизацией дебита. В некоторых скважинах совокупная добыча превышает сотни тысяч тонн.

Традиционные запасы нефти в Западной Сибири постепенно истощаются: сначала были разбурены все наиболее простые с точки зрения их обнаружения структурные ловушки, затем и более сложные (см. рисунок): структурно-литологические, литологические, тектонически экранированные и другие. Прирост запасов нефти за счет поисковых и разведочных работ, а вместе с ними и добыча нефти в Западной Сибири начали снижаться. Это заставило нефтяные компании вернуться к более сложным породам, включая и Баженовскую свиту. Безусловно, этот интерес был изрядно подогрет сланцевой революцией в США.

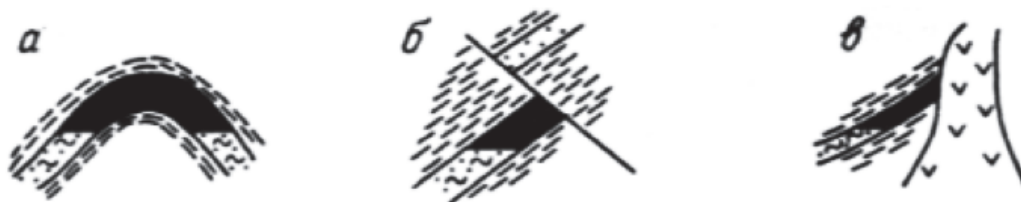
Новый этап исследований Баженовской свиты

Новый этап исследований Баженовской свиты начался в 2006 году, когда дочерняя компания ООО ЛУКОЙЛ, ОАО РИТЭК, приобрела лицензионные участки Средне-Назымский и Галяновский для целенаправленной разработки Баженовской свиты принципиально новым способом — при помощи термогазового воздействия на нее. Кроме бурения новых скважин, изучения керна и тестирования технологий интерпретации сейсморазведки с целью повышения эффективности прогнозирования коллекторов в Баженовской свите, РИТЭК принял решение построить нефтепровод для сбора и транспортировки нефти. Теперь на этих месторождениях



— Крупные компании работают над новыми технологиями разработки Баженовской свиты: термогазовой или термохимической

— Основные типы ловушек и залежей нефти (показаны черной заливкой): а — структурная, б — тектонически экранированная; в — литологически экранированная



ях скважины работают в трубу, то есть нефть сразу транспортируется в пункты сбора, что обеспечивает постоянную добычу нефти из Баженовской свиты, а также гарантирует качественный учет всей добытой нефти и получение реальных добычных характеристик разрезов Баженовской свиты. Новый этап исследований Баженовской свиты характеризуется прежде всего технологичностью: отбор изолированного керна, его исследования на мощном и разнообразном современном оборудовании, значительные инвестиции в проекты разработки Баженовской свиты крупнейшими нефтяными компаниями России, интеграция знаний в научных консорциумах. Все это привело к новому пониманию геологии Баженовской свиты.

Геологическая характеристика Баженовской свиты

Баженовская свита толщиной 15–50 м накапливалась примерно 145 млн лет назад в течение 8–11 млн лет циклично: чередовались продолжительные периоды фоновой морской седиментации — крайне медленного накопления карбонатно-глинисто-кремнистых частиц, обогащенных органическим веществом, — и чуть более динамичные и короткие периоды формирования радиоляриевых илов, сложенных скелетными остатками зоопланктона — радиолярий, практически лишенных глинистой примеси. Таким образом, в Баженовской свите, как в слоеном пироге, чередуются (см. рисунок) тонкослоистые породы (толщиной 3–10 м) и более плотные карбонатные или кремнистые породы (толщиной 0,5–3 м), которые много миллионов лет назад были радиоляриевыми илами.

Стало очевидно, что Баженовская свита не везде одинакова, у нее разные характеристики в Западной Сибири, сильно зависящие от степени преобразованности органического вещества. Месторождение Большой Салым оказалось расположенным в уникальных геологических условиях наиболее высокой степени катагенетической зрелости органического вещества (градация катагенеза МКЗ–4), в связи с чем нефтенасыщенное поровое пространство в этих породах формируется внутри самого органического вещества — керогена. Поэтому практически весь разрез — нефтенасыщенный.

Другие типы разреза обладают средней степенью катагенетической зрелости органического вещества (градация катагенеза МК1–2), поровое пространство в керогене здесь мало и не формирует значительного связанного объема, соответственно, и породы, содержащие большое количество керогена, обычно не обладают способностью отдавать нефть в скважины. Коллекторами в таких разрезах являются вторичные известняки, доломиты, реже силициты — породы из преобразованных радиоляриевых илов.

Еще одна важная характеристика Баженовской свиты — это породы, которые ее подстилают и перекрывают. К западу от центральной части Ханты-Мансийского автономного округа Баженовская свита подстилается глинистой Абалакской свитой — отличным флюидоупором, а к востоку — глинисто-карбонатной Георгиевской и Васюганской свитами, у которых свойства флюидоупора значительно хуже, исходя из чего возможности эмиграции (ухода) нефти из Баженовской свиты на востоке лучше. Поэтому западная часть Баженовской свиты считается более перспективной для добычи.

По периферии Западной Сибири разрезы Баженовской свиты становятся в значительной степени глинистыми, что резко снижает ее потенциал. Сегодня эти области считаются неперспективным с точки зрения добычи нефти.

Разработка залежей нефти Баженовской свиты

Наличие залежей нефти в Баженовской свите доказано на 90 площадках Западной Сибири, но разработка ведется на единичных участках. В основном — попутно и в режиме естественного истощения («Сургутнефтегаз» на Сургутском своде, всего более 1000 скважин, «Роснефть» на группе месторождений Большой Салым, «Газпром нефть» на Пальяновской площади, Красноленинский свод). На месторождениях ЛУКОЙЛа в районе Сургутского и Нижневартовского сводов Баженовская свита разрабатывается, но пока не разрабатывается. РИТЭК ведет целенаправленную разработку Баженовской свиты во Фроловской мегавпадине на двух упомянутых выше месторождениях, общий фонд скважин — около 40, во всех скважинах проведены рабо-

ты по увеличению притока нефти — путем гидроразрыва пласта (ГРП) или соляно-кислотной обработки призабойной зоны (СКО). Результаты впечатляют: сотни тысяч тонн! А на Средне-Назымском месторождении несколько лет развивается технология увеличения нефтеотдачи за счет термогазового воздействия. По мнению авторов технологии, коэффициент извлечения нефти может увеличиться с 3 до 40%.

Таким образом, состояние разработки Баженовской свиты таково: накопленная добыча составляет чуть более 10 млн т нефти, но постоянная разработка с качественным учетом данных ведется на единичных месторождениях. Все нефтяники признают, что добыча нефти из Баженовской свиты в режиме естественного истощения малоэффективна — возможно, поэтому крупные компании работают над новыми технологиями: термогазовой или термохимической. Следовательно, масштабная разработка Баженовской свиты, судя по приложенным усилиям и запланированному финансированию, должна начаться в ближайшие десятилетия.

ВАРВАРА НЕМОВА, заведующая сектором исследований продуктивности сланцевых формаций ФГБУ ВНИГНИ, кандидат геолого-минералогических наук

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Баженовская свита — это позднеюрские — раннемеловые нефтематеринские карбонатно-глинисто-кремнистые отложения, аномально обогащенные органическим веществом, имеют широкое распространение в пределах Западной Сибири.

Нефть — маслянистая жидкость темно-коричневого (иногда почти черного) цвета, представляющая собой сложную смесь главным образом углеводородных соединений с примесью высокомолекулярных органических кислородных, сернистых и азотистых соединений.

Формации — естественно выделяющиеся литологически однородные крупные геологические тела, обособленные в пространстве от смежных тел, образовавшиеся в определенных палеотектонических и палеогеографических условиях.

Ловушка — часть природного резервуара, в которой благодаря структурному порогу, стратиграфическому экранированию, литологическому ограничению или другим барьерам возможно образование скоплений нефти и газа.

Флюидоупоры (покрышки) нефтяных и газовых залежей — это плохо проницаемые породы, перекрывающие породы-коллекторы со скоплениями нефти и газа. Ни в одной ловушке невозможно сохранение скоплений нефти и газа, если она не перекрыта непроницаемыми породами.

Под залежью нефти и газа понимают локальное промышленное скопление нефти и газа в проницаемых коллекторах ловушек какого-либо типа, представляющее собой единую гидродинамическую систему.

Миграция — различные виды перемещения и передвижения нефти и газа в толще горных пород.

Запасами нефти, газа называется их количество, содержащееся в породах-коллекторах в пределах изучаемой части геологического пространства.

Сорбционные свойства характеризуют способность пород удерживать (сорбировать) и отдавать (десорбировать) газы и мельчайшие частицы жидких и твердых тел.

Кероген — твердая, нерастворимая в органических растворителях часть органического вещества.

Коллекторы — горные породы, обладающие способностью вмещать нефть, газ и воду и отдавать их при определенном перепаде давлений.

Традиционные коллекторы — коллекторы, сложенные песчаными и карбонатными породами.

Поры — пространства между отдельными зернами, слагающими горную породу.

Гидродинамическая связь — сообщаемость порового пространства пород, внутри которого жидкости могут перемещаться.

Эксплуатация скважин — процесс подъема с забоя скважины на дневную поверхность заданного количества жидкости (нефти). Способы эксплуатации скважины:

- фонтанный способ (или разработка на естественном режиме) — для подъема жидкости на поверхность достаточно только пластовой энергии;
- газлифтный способ — пластовой энергии для подъема жидкости уже недостаточно, и в скважину вводят энергию с поверхности в виде энергии сжатого газа при компрессорной эксплуатации;
- механизированные способы — механическая энергия, передается потоку поднимающейся из скважины жидкости через различного рода глубинные насосы. Способ применяется, когда пластовой энергии для подъема жидкости недостаточно, а газлифтная эксплуатация нерентабельна.

Катагенез (катагенетическая зрелость органического вещества) — совокупность процессов (температура, давление, физико-химические реакции, глубина залегания и др.) преобразования осадочных горных пород и содержащегося в них органического вещества после их возникновения из осадков за геологическое время.

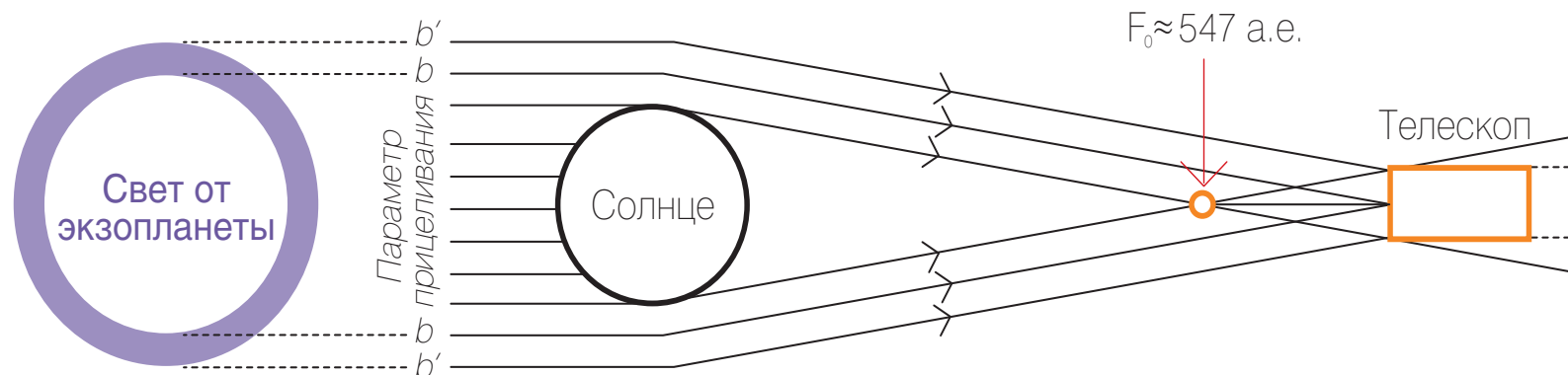
Гидроразрыв пласта (ГРП) — один из методов интенсификации работы нефтяных и газовых скважин. Заключается в создании высокопроницаемой трещины в целевом пласте для обеспечения притока добываемого флюида (газ, вода, конденсат, нефть либо их смесь) к забоя скважины. Технология осуществления ГРП включает в себя закачку в скважину с помощью мощных насосных станций жидкости разрыва (гель, в некоторых случаях вода либо кислота при кислотных ГРП) при давлениях выше давления разрыва нефтеносного пласта. Для поддержания трещины в открытом состоянии используется расклинивающий агент — проппант (обработанный кварцевый песок). После проведения ГРП дебит скважины, как правило, резко возрастает. Соляно-кислотная обработка — один из методов интенсификации работы нефтяных и газовых скважин, применяется в скважинах, разрабатывающих карбонатные трещинно-поровые пласты.

В исследовании экзопланет в последние годы достигнут потрясающий прогресс. Мир стремительно приближается к тому дню, когда крупнейшие газеты мира выйдут с заголовком во всю первую полосу: «Обнаружена первая обитаемая землеподобная экзопланета!». Такая находка станет поистине историческим событием для нашей цивилизации. Но что мы будем делать после такого открытия? Как исследовать этот новый мир? Ведь отправить космический корабль для исследования этой планеты, находящейся на расстоянии световых лет, у нас вряд ли получится в ближайшие несколько веков.

К счастью, в природе есть уникальный инструмент, которым нам еще только предстоит научиться пользоваться, но который нам может существенно помочь в исследовании экзопланет. Этим инструментом является гравитационная линза Солнца (ГЛС), существующая благодаря тому факту, что компактный источник гравитационного поля, каким является Солнце, способен фокусировать свет слабых удаленных источников и тем самым усиливать их яркость.

СОЛНЦЕ СТАНЕТ ТЕЛЕСКОПОМ

— Изображение экзо-Земли солнечной гравитационной линзой. На расстоянии в 650 а. е. от Солнца экзо-Земля занимает площадь $1,5 \text{ км} \times 1,5 \text{ км}$ в плоскости изображения. Использование 1-метрового телескопа обеспечивает изображение 1000×1000 пикселей или с разрешением $10 \text{ км} \times 10 \text{ км}$ на ее поверхности



Согласно Общей теории относительности Эйнштейна, гравитация искривляет геометрию пространства-времени — массивные объекты отклоняют траекторию фотонов, то есть выступают в качестве линзы, и лучи света, проходящие вокруг линзирующей массы, сходятся в фокусе (см. рисунок), тем самым усиливая яркость света удаленных источников. Угол изгиба траектории фотонов пропорционален массе небесного тела и обратно пропорционален кратчайшему расстоянию от этого тела до исходного направления движения рассматриваемого луча света, называемому в физике прицельным параметром.

Среди небесных тел Солнечной системы только Солнце достаточно массивно, чтобы фокус его гравитационной линзы находился на расстоянии, достижимом космической экспедицией в ближайшем будущем. В зависимости от прицельного параметра, фокус ГЛС представляет собой полубесконечную прямую, которая начинается с расстояния примерно в 547 астрономических единиц (а. е.) от Солнца, то есть на расстоянии, которое почти в четыре раза больше того, что пройдено космическим аппаратом «Вояджер 1» с момента запуска в 1979 году по настоящее время. Таким образом, у гравитационной линзы нет фокуса в привычном смысле, а есть фокальная линия. В случае ГЛС, фокальная линия — это совокупность точек пространства, находящихся на линии, соединяющей центры Солнца и наблюдаемой экзопланеты и расположенных за пределами 547 а. е. на противоположной от экзопланеты стороне Солнца.

ГЛС примечательна тем, что, фокусируя свет от удаленных источников, позволяет различать мельчайшие детали объектов на большом расстоянии. В оптическом диапазоне ГЛС, имеющая экстремальное угловое разрешение в одну десятиллиардную угловой секунды, обеспечивает усиление яркости источника примерно в 100 млрд раз; если бы такого показателя удалось достичь обычному инструменту, можно было бы четко рассмотреть детали такого маленького объекта, как «Вояджер 1», на расстоянии дальше 5000 а. е. С помощью ГЛС на расстоянии в 600–750 а. е. от Солнца можно будет увидеть изображение экзо-Земли, расположенной, скажем, на расстоянии примерно в 100 световых лет. Изображение такой экзо-Земли будет сжато примерно до $1,5 \text{ км}$ и будет находиться внутри тонкого цилиндра диаметром в $1,5 \text{ км}$ в непосредственной близости от фокальной линии.

По мере удалений от Солнца свойства ГЛС практически не изменяются, поэтому космический аппарат с телескопом может не останавливаться после достижения 547 а. е. — а, наоборот, продолжать двигаться вдоль фокальной линии долгие годы. Понятно, что маленький телескоп не увидит всего полуторакилометрового изображения — только малую часть, соответствующую небольшой 10-километровой площадке на поверхности экзопланеты. Телескоп увидит свет от этой площадки на планете в форме тонкого кольца вокруг Солнца, называемого кольцом Эйнштейна. Космический аппарат, размещенный в любом месте фокальной линии, может проводить наблюдения, принимать и передавать данные с использованием оборудования, обычно используемого для межпланетных миссий.

Но при построении изображения телескоп должен смотреть прямо на Солнце, так что телескопу нужно будет блокировать как солнечный свет, так и часть солнечной короны. Это можно сделать при помощи коронографа — инструмента искусственного солнечного затмения, способного приглушить солнечный свет примерно в миллион раз, что позволит увидеть свет от экзопланеты на фоне Солнца.

Построение изображения экзо-Земли будет осуществляться попиксельно, перемещая космический аппарат по спиральной траектории в плоскости изображения. В каждом новом положении телескоп будет наблюдать несколько иную часть эйнштейновского кольца, содержащую усиленное изображение нового участка поверхности экзопланеты. Уникальные оптические свойства ГЛС тем не менее не делают ее хорошей линзой в традиционном смысле: изображения будут сильно размыты из-за подмешивания света с соседних пикселей. Такая абберация потребует современных методов реконструкции изображений, что в итоге позволит восстановить изображение экзо-Земли с высокой точностью.

В настоящее время проекты построения многопиксельных изображений экзопланет отсутствуют. Наиболее амбициозные космические обсерватории, специально рассчитанные на исследование экзопланет, предполагают регистрацию света от таких объектов в виде всего лишь одного пикселя. Планируемые трехметровые космические телескопы не способны обнару-

— **Астрономическая единица** (а. е.) — среднее расстояние от Земли до Солнца, около 150 млн километров.

— **Световой год** — расстояние, проходимое светом в вакууме за год, около 63 тыс. а. е.

— **Парсек** — примерно 3,3 светового года.

жить экзo-Землю на расстоянии всего в 30 световых лет, не говоря уже о 100 световых годах.

Любая концепция визуализации экзoпланеты должна учитывать еще и помехи от ее родительской звезды. Чтобы решить эту проблему, предлагается использовать средства блокирования света звезды, в том числе высококонтрастные коронографы, сложные звездные экраны или интерферометрическое обнуление. Но в случае с ГЛС, у которой высокое угловое разрешение, родительская звезда будет полностью отделена от экзo-Земли на плоскости изображения. Фактически ее усиленный свет будет находиться на расстоянии 16 тыс. км от оптической оси, что делает проблему паразитного света родительской звезды пренебрежимо малой.

Собирающая способность телескопа в ГЛС определяется площадью кольца Эйнштейна с толщиной в диаметр телескопа, а его разрешающая способность пропорциональна отношению длины волны наблюдения к диаметру Солнца. При построении изображения экзo-Земли, находящейся на расстоянии в 100 световых лет, лучший оптический телескоп, чтобы сравниться по качеству с телескопом на фокальной линии ГЛС на расстоянии в 650 а. е. от Солнца, должен иметь диаметр 75 км. Но даже такой чудовищный телескоп едва ли разглядел бы диск планеты — для получения изображения диска такого объекта в тысячу пикселей нужен телескоп диаметром около 75 тыс. км, что практически невозможно. Невозможно и построение системы с несколькими телескопами (оптический интерферометр) такого размера — с использованием текущей или разумно предсказуемой технологии ближайшего будущего. Но даже если и возможно, помехи от межзвездной пыли, существующей между планетой и телескопом, заставили бы более десяти миллионов лет собирать достаточно света, необходимого для формирования изображения экзo-Земли. Довольно скромный 1-метровый телескоп в фокусе ГЛС выполнит эту задачу за пару недель.

Таким образом, миссия к ГЛС открывает интереснейшую возможность получить прямые изображения экзo-Земли с разрешением 1000 × 1000 пикселей и провести спектроскопические исследования ее атмосферы. Для планеты на расстоянии в 100 световых лет это соответствует разрешению в 10 км на ее поверхности и получению спектроскопической чувствительности в 1 миллион всего за одну секунду накопления сигнала, что позволит засечь убедительные признаки обитаемости.

Практический недостаток телескопа в ГЛС таков, что его перенацеливание на другой объект исследования практически нецелесообразно. Поэтому выбор экзoпланеты должен быть хорошо обоснован, а точное понимание того, что нужно узнать об экзoпланете (период ее вращения, наличие облаков и плотность облачного покрова и пр.) позволит определить ресурсы, необходимые на борту космического аппарата.

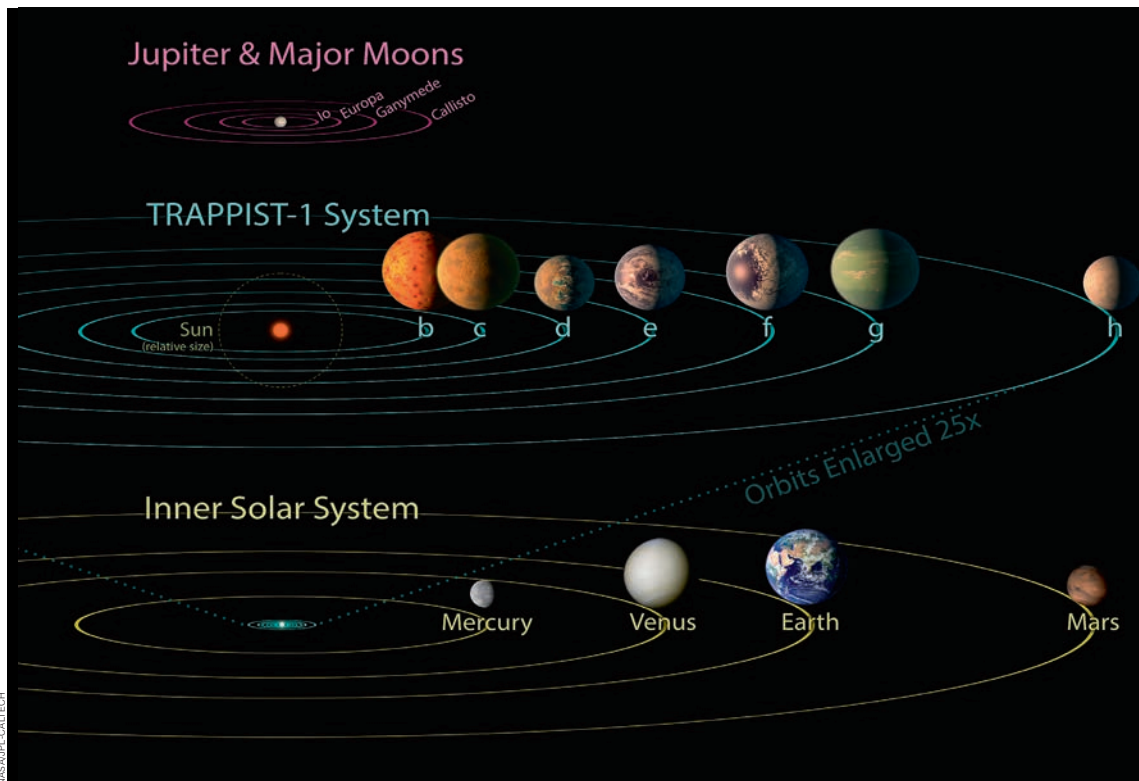
Чтобы достичь расстояний свыше 550 а. е. с аппаратом класса «Вояджер», в концепции телескопа в фокусе ГЛС будет использоваться пролет и гравитационный маневр в поле Юпитера, а затем пролет около Солнца с дополнительным ускорением от бортовых двигательных установок (т. н. маневр Оберта) в ближайшей к Солнцу точке траектории. Мы рассматриваем возможность использования современных химических двигателей с использованием технологии теплового экранирования на расстоянии около трех солнечных радиусов от Солнца. Альтернатива — солнечные паруса, с помощью которых можно получить высокую скорость вылета из Солнечной системы по траектории, проводящей космический аппарат на рассеянии в 0,1 а. е. от Солнца, что, скорее всего, потребует создания новых технологий в создании парусов. Любой из вариантов даст возможность достичь скорости выхода из Солнечной системы 17–22 а. е. в год и добраться до цели за 25–30 лет.

Чтобы создать мегапиксельное изображение, нужно будет собирать изображение попиксельно, двигаясь в плоскости изображения с шагом в 1,5 метра. Тросовая связь двух аппаратов может использоваться для растрового сканирования. Относительное движение между Солнцем и родительской звездой может быть учтено при формировании траектории, но еще нужно учесть орбитальное движение планеты и особенности ее вращения. Если оно похоже на земное, в фокальной области ГЛС на расстоянии 750 а. е. от Солнца ее изображение будет двигаться предсказуемым образом на расстояние до 35 тыс. км в плоскости изображения с периодом в один год, и тогда понадобятся бортовые двигатели для отслеживания изображения. Такие двигатели уже существуют и вполне пригодны для такой задачи.

Теоретически запуск космического аппарата к солнечной линзе и управление им представляются вполне возможными, однако технические аспекты создания такого астрономического телескопа прежде не рассматривались. Недавние успехи в разработке наноспутников и малых космических аппаратов показали, что можно практически рассматривать миссию на расстоянии, прежде превышавшие технологические возможности человечества. Наши расчеты показывают, что космический аппарат будет способен пролететь вдоль фокальной линии и построить изображение экзoпланеты с разрешением в несколько километров.

Несмотря на очевидные сложности, такая миссия могла бы обеспечить прорыв в исследовании пригодных для жизни планет — на десятилетия, а может, и на века раньше, чем их посетит космический корабль.

ВЯЧЕСЛАВ ТУРЫШЕВ, Лаборатория реактивного движения НАСА, Калифорнийский технологический институт; Московский государственный университет, Астрономический институт имени Штернберга, Казанский (Приволжский) федеральный университет



СЕМЬ ЗЕМЕЛЬ В ОДНОЙ СИСТЕМЕ

Планетная система Trappist-1 удостоилась отдельной пресс-конференции Национального аэрокосмического агентства США (NASA). У слабой, тусклой карликовой звезды, удаленной от Солнечной системы на $12,1 \pm 0,4$ парсек (примерно 39 световых лет), обнаружено семь транзитных землеразмерных планет, образующих компактную плотно упакованную систему, связанную многочисленными орбитальными резонансами. Минимум три из семи планет находятся в обитаемой зоне и могут иметь на поверхности жидкую воду.

Очень большой телескоп (VLT) — флагман европейской астрономии и самый технически совершенный оптический инструмент мира. Он состоит из четырех базовых телескопов с диаметром главного зеркала 8,2 м и четырех подвижных вспомогательных телескопов с апертурой 1,8 м. Телескопы могут работать вместе, образуя гигантский интерферометр VLTI (The Very Large Telescope Interferometer), который позволяет астрономам видеть детали изображений в 25 раз более мелкие, чем позволяют отдельные телескопы. В VLTI световые пучки комбинируются посредством сложной системы зеркал, расположенных в подземных туннелях, так что равенство оптических путей поддерживается с точностью менее 1/1000 мм на расстоянии более 100 м. При такой оптической точности VLTI способен строить изображения с угловым разрешением в несколько миллисекунд дуги. Это эквивалентно способности разглядеть с Земли в виде двух светящихся точек свет фар автомобиля, находящегося на Луне.

8,2-метровые базовые телескопы могут также использоваться индивидуально. С одним таким телескопом изображение небесного объекта 30-й звездной величины может быть получено за время экспозиции в 1 час. Таким образом, можно видеть объекты в 4 млрд (четыре тысячи миллионов) раз более слабые, чем те, которые видны невооруженным глазом

ПЛАНЕТНАЯ СИСТЕМА TRAPPIST-1

Название	Порядковый номер (близость к звезде)	Период обращения (земных суток)	Радиус (радиусов Земли)	Масса (масс Земли)	Эффективная температура	Примечание
Trappist-1 b	1	1,51087	1,086 ± 0,035	0,85 ± 0,72	400 ± 8К, близко к температурному режиму Меркурия	Сравнительно невысокая плотность говорит или о малых размерах железного ядра или, что вероятнее, о значительной доле воды или других летучих веществ
Trappist-1 c	2	2,42182	1,056 ± 0,035	1,38 ± 0,61	342 ± 7К, близко к температурному режиму Венеры	-
Trappist-1 d	3	4,04961	0,772 ± 0,03	0,41 ± 0,27	288 ± 6К, потенциально обитаемая планета земного типа	Освещенность на ее орбите всего на 12% превышает освещенность на орбите Земли, но скорее всего, планета слишком горяча для высокоорганизованной жизни — обилие водяного пара в атмосфере должно создавать мощный парниковый эффект
Trappist-1 e	4	6,09962	0,92 ± 0,04	0,62 ± 0,58	251 ± 5К, промежуточный температурный режим между Землей и Марсом	Вторая потенциально обитаемая планета в системе: сравнительно низкая средняя плотность (на ~20% меньше земной) говорит о значительной доле летучих веществ, возможно, планета покрыта глобальным океаном
Trappist-1 f	5	9,20669	1,045 ± 0,038	0,68 ± 0,18	219 ± 4К, промежуточный температурный режим между Марсом и Главным поясом астероидов	Низкая средняя плотность: гигантский аналог Ганимеда — лед составляет значительную долю полной массы планеты
Trappist-1 g	6	12,35294	1,13 ± 0,04	1,34 ± 0,88	199 ± 4К, соответствует Главному поясу астероидов	Скорее всего, в состав этой планеты также входит значительная доля водяного льда
Trappist-1 h	7	18,764	0,715 +0,047/-0,043	Не определена	169 ± 4К	-

До недавнего времени обнаруживать аналоги Земли — планеты земного типа, на поверхности которых может находиться жидкая вода и которые могут давать приют жизни, было невозможно. Аналоги Земли светят отраженным светом, и этот слабый свет буквально тонет в лучах яркой близкой звезды, поэтому экзo-Земли нельзя увидеть на снимках. Гравитационное притяжение Земли заставляет Солнце вращаться вокруг общего центра масс, но скорость этого движения составляет всего примерно 9 см/с, поэтому «вторую Землю» нельзя обнаружить и методом измерения лучевых скоростей (типичная погрешность измерения лучевых скоростей звезд с помощью лучших современных спектрографов составляет примерно 1 м/с). Наконец, транзит аналога Земли по диску звезды — аналога Солнца ослабит ее блеск всего на 0,0084%. Надежно зафиксировать такое ничтожное падение блеска может только специализированный космический телескоп — например, космический телескоп имени Кеплера. Но даже ему придется непрерывно наблюдать за звездой несколько лет, чтобы убедиться, что такие ослабления блеска происходят регулярно, их глубина и продолжительность одинаковы, а значит, они вызваны именно транзитом планеты, а не проявлением звездной активности.

Пока речь шла о поиске экзo-Земель у звезд — аналогов Солнца. Однако большинство звезд в нашей Галактике — красные карлики: более легкие, холодные и тусклые, нежели Солнце. Например, масса звезды Trappist-1 составляет всего 8,0% ± 0,7% от массы Солнца, а ее радиус — 11,7% ± 0,4% радиуса Солнца; температура же поверхности (2560 ± 50К) ниже температуры нити в лампочке накаливания! Trappist-1 светит в 1908 раз слабее Солнца, а размеры этой звезды всего на несколько процентов превышают размеры Юпитера.

Искать планеты земного типа у маленьких звезд проще, потому что когда планета земного типа проходит по маленькому диску красной карликовой звезды, глубина транзита оказывается больше, а сами транзиты — резче и заметнее, чем при проходе той же планеты по крупному диску звезды солнечного типа (глубина транзита составляет ~ $(R_p/R_{star})^2$). А из-за низкой светимости красных карликов зона, где на поверхности планет может находиться жидкая вода, расположена близко к звезде, орбитальный период планет в этой зоне составляет всего несколько суток, и не нужно годы следить за звездой, чтобы увидеть несколько транзитов одной планеты.

Несколько наземных транзитных обзоров (специальных наблюдательных программ) оптимизировано под поиск планет именно у красных карликов. Один из них и называется Trappist (TRAnsiting Planets and Planetesimals Small Telescope). Наблюдения ведутся с помощью 60-сантиметрового автоматического телескопа Европейской южной обсерватории в Ла-Силья, Чили. 40% времени этого телескопа тратится на получение кривых блеска 60 сравнительно близких красных карликов спектральных классов M5 и еще более холодных. Высокое качество фотометрии позволяет обнаруживать транзиты планет размером с Землю и даже еще меньших.

Сначала у звезды Trappist-1 обнаружили две транзитные планеты с орбитальными периодами 1,51 и 2,42 земных суток. Кроме того, кривая блеска звезды продемонстрировала еще два транзитных события, подсказавших исследователям, что в системе есть еще как минимум одна транзитная экзoпланета. Звезду Trappist-1 изучали с помощью множества инструментов, как наземных, так и космических. Исследователям удалось засечь проход по диску звезды предполагаемой планеты Trappist-1 d, который произошел в одно время с транзитом планеты Trappist-1 c. Наблюдения проводились камерой HAWK I, находящейся на Очень большом телескопе (Very Large Telescope).

Высокое качество фотометрии позволило определить, что этот транзит даже не двойной, а тройной, то есть в этот момент по диску звезды проходили сразу три планеты!

РАЗНООБРАЗНЫЙ МИР

Внесолнечных планет открыто уже более 3,5 тыс., но ни про одну из них нельзя сказать: «Вот вторая Земля». Среди открытых планет — горячие Юпитеры и супер-Земли, планеты-гиганты на резко эксцентричных орбитах, теплые аналоги Нептуна, раскаленные аналоги Меркурия, чье дневное полушарие покрыто сплошным лавовым океаном, планеты, вращающиеся вокруг пары звезд как целого, — огромное разнообразие миров! Большинство планетных систем не похоже на Солнечную систему, и большинство экзoпланет не имеет аналогов среди планет Солнечной системы. Мир планет куда богаче и разнообразнее, чем мир звезд.

В феврале и марте 2016 года звезду Trappist-1 наблюдал космический телескоп имени Спидера, а с мая начались интенсивные наземные наблюдения как на обоих 60-сантиметровых телескопах обзора Trappist, так и на более крупных инструментах — 3,8-метровом телескопе UKIRT на Гавайях, 4-метровом телескопе Вильяма Гершеля и 2-метровом Ливерпульском телескопе в Ла-Пальме и метровом телескопе SAAO в ЮАР. Кульминацией этой кампании стали непрерывные 20-суточные наблюдения на Спидере в инфракрасных лучах с длиной волны 4,5 мкм.

Совместными усилиями у звезды Trappist-1 обнаружили целых семь транзитных планет! И все они оказались сравнимы по размеру с Землей.

Измеряя глубину транзитов планет по диску их звезды, можно узнать их размеры; интервал между соседними транзитами соответствует орбитальному периоду, наконец, зная орбитальный период, по третьему закону Кеплера можно определить еще и большую полуось орбиты планеты (а значит, и степень ее нагрева). Однако как измерить массы планет? Обычно используют метод измерения лучевых скоростей родительской звезды, но Trappist-1 для этого слишком тусклая (ее видимая звездная величина достигает +18,8!). На помощь пришел метод тайминга транзитов.

Суть метода такова. Если планета — единственная в системе, интервал времени между соседними транзитами будет строго постоянным. Но если их больше, гравитационное поле других тел в системе будет возмущать движение транзитной планеты, и время наступления транзитов будет регулярно отклоняться от предвычисленного, в отдельных случаях на десятки минут и даже часы. Особенно сильным взаимное влияние планет будет в случае, если отношение их орбитальных периодов окажется близким к отношению целых чисел, например, 2:1 или 2:3 и т. п. В этом случае говорят, что планеты находятся в орбитальном резонансе.

Компактная система планет Trappist-1 оказалась связана цепочкой орбитальных резонансов. Отношения периодов Pc/Pb, Pd/Pc, Pe/Pd, Pf/Pe и Pg/Pf оказались близки к 8:5, 5:3, 3:2, 3:2 и 4:3, соответственно. Гравитационное влияние планет друг на друга вызвало заметные периодические отклонения времени транзитов от строгой периодичности. Измеряя эти отклонения, исследователи и оценили массы планет.

Открытие компактной плотно упакованной семипланетной системы вызвало шквал теоретических и наблюдательных работ, посвященных ее происхождению, эволюции и обитаемости. Для начала был оценен возраст системы. Удалось определить ее период вращения (~3,3 земных суток) и уточнить возраст (3–8 млрд лет), звезда проявляет умеренную активность в соответствии со своим зрелым возрастом, она довольно сильный переменный рентгеновский источник: рентгеновская светимость приблизительно равна рентгеновской светимости спокойного Солнца. Планеты расположены очень близко к этой звезде, так что они получают на несколько порядков больше коротковолнового излучения, чем получает Земля от Солнца.

В ранний период жизни маломассных звезд их светимость выше, а активность гораздо выше, чем в дальнейшем, когда им миллиарды лет. Соответственно, планеты, которые сейчас находятся в обитаемой зоне, прежде были сильно нагреты, а мощное ультрафиолетовое и рентгеновское излучение молодой звезды эффективно «сдувало» атмосферы и воду с этих планет. Исследователи подсчитали, что из-за мощных вспышек внутренние планеты Trappist-1 b и Trappist-1 c могли потерять за счет фотоионизации воды до 15 земных океанов. Впрочем, это не означает, что они непременно полностью высохли — начальное содержание воды могло быть значительным.

Другим препятствием для обитаемости планет Trappist-1 служит вспышечная активность звезды. Кривая ее блеска, полученная «Кеплером», демонстрирует многочисленные мощные вспышки, чья энергия составляет 10^{30} – 10^{33} эрг. Во время самой сильной вспышки, зафиксированной «Кеплером», светимость звезды увеличилась на 1,78 звездных величин (более чем в пять раз). Мощнейшие корональные выбросы, индуцированные вспышками, должны вызывать на планетах сильнейшие геомагнитные бури, в сотни и тысячи раз более мощные, чем магнитные бури на Земле. Это препятствует появлению на планетах системы Trappist-1 сколько-нибудь сложно организованной жизни.

Что можно сказать об атмосферах планет? Космический телескоп имени Хаббла наблюдал двойной транзит Trappist-1 b и Trappist-1 c. Трансмиссионная спектроскопия достоверно показала, что обе планеты лишены водородных атмосфер — что не исключает атмосфер из более тяжелых газов, например, из водяного пара, азота или углекислого газа.

ВЛАДИСЛАВА АНАНЬЕВА, главный специалист
Института космических исследований РАН

Научная группа доктора физико-математических наук, профессора Татьяны Копыловой, заведующей лабораторией органической электроники Томского государственного университета, разработала новый метод молекулярной послойной эпитаксии (molecular layer epitaxy, MLE) и запустила первую в мире экспериментальную установку, работающую по этой технологии. MLE дает возможность создавать материалы нового поколения для молекулярной наноэлектроники, что в будущем позволит обеспечить связь живых существ с электронными устройствами.

НОВЫЙ МЕТОД ЭПИТАКСИИ СОЕДИНИТ ЖИВОЕ С МЕРТВЫМ



валились, за исключением ячеек Гратцеля, на которые все еще возлагаются большие надежды.

Хуже того, обнаружилось, что некоторые ученые подделывали результаты своих работ по молекулярной наноэлектронике, а другие неверно интерпретировали их: к примеру, теперь уже общепризнано, что интерпретация транспорта через отдельные молекулы в основополагающей статье Рида была ошибочна.

Подобная ситуация сложилась неслучайно. Во-первых, ученые, работающие в молекулярной наноэлектронике, концентрировали усилия на практическом применении материалов, а не на их разработке и структурных исследованиях. Понятно, что сообщение о новом приборе с рекордными характеристиками звучит эффектнее, чем детальное инженерно-материаловедческое исследование его структуры. Во-вторых, так и не удалось разработать адекватную модель транспорта — ни в отдельной молекуле, ни в полимере, ни в гибридной структуре. Все 20 лет ученые усиленно пытались приспособить к этому различные модели физики твердого тела (разработанной для неорганических полупроводников), не слишком задумываясь, что эти модели не работают в органических средах.

Сейчас молекулярная наноэлектроника все более приобретает форму классической науки, в которой разработка новых приборов и практическое применение научных результатов работ с отдельными молекулами совмещается с методичными исследованиями структуры и свойства органических веществ.

Молекулярная наноэлектроника наконец получила и давно ожидаемую научную и финансовую поддержку со стороны биологии и медицины: стали публиковаться исследования высокого уровня о транспорте в биологических объектах, в частности, в молекулах ДНК. Надо сказать, что биологические молекулы типа ДНК очень схожи по структуре с молекулами, используемыми в молекулярной наноэлектронике. Понимание механизмов транспорта зарядов в биологии позволит значительно продвинуться в понимании аналогичных механизмов в молекулярной наноэлектронике — и наоборот.

Молекулярная наноэлектроника

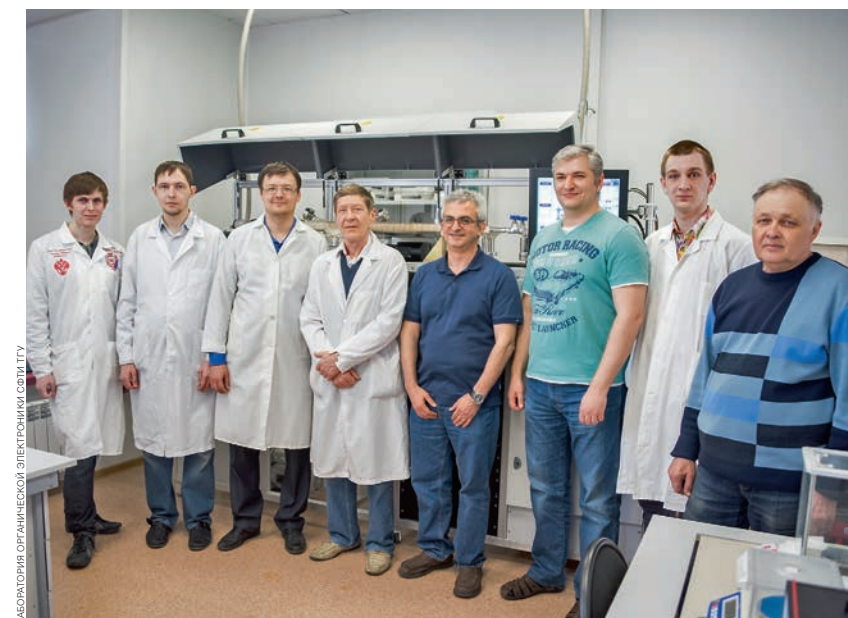
В этом году исполняется 20 лет с момента публикации статьи группы Марка Рида «Conductance of a molecular junction» в журнале Science — о возможности электронного транспорта через отдельно взятую молекулу (бензина). Таким был первый экспериментальный шаг молекулярной наноэлектроники, которую теоретически обосновали Арье Авирам и Марк Ратнер еще в 1974 году.

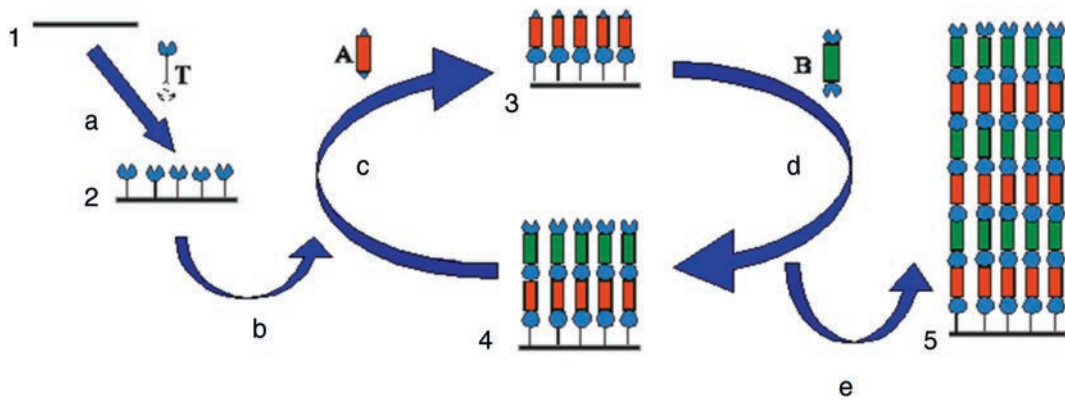
На молекулярную наноэлектронику возлагались большие надежды: сочетать дешевое производство органических материалов и полимеров с созданием полупроводниковых устройств на их основе. В конце 1990-х годов казалось, что получится сделать полимерный экран, равный по себестоимости обычному пластиковому пакету. В начале 2000-х экспериментальная молекулярная наноэлектроника продолжала выдавать яркие результаты: например, была показана возможность транспорта через молекулу ДНК, продемонстрирована возможность создавать транзисторы с множественными устойчивыми состояниями (на основе молекулы ротоксана), были опубликованы статьи по спиновому транспорту в органических молекулах (что открывало возможность создания совершенно нового класса материалов для молекулярной спинтроники и молекулярного магнетизма). Опыты по совмещению органических молекул с биологическими объектами, такими как ДНК, протеины и нейроны, давали основание надеяться на возможность считывать биологические сигналы и управлять процессами в живых организмах при помощи электронных устройств, а также сочетать нейронные сети с полупроводниковыми технологиями.

К сожалению, надежды на быстрый прогресс в молекулярной наноэлектронике не оправдались. Действительно, компания Samsung выпустила пять лет назад телевизоры на основе органических молекул, но стоили они столько же, сколько аналогичные модели из неорганических полупроводников. Попытки создать эффективные солнечные батареи на основе органики про-

— Заведующая лабораторией органической электроники СФТИ ТГУ Татьяна Копылова

— Группа органической электроники СФТИ ТГУ





А в прошлом году Google и британская фармацевтическая компания GlaxoSmithKline создали биоэлектронную компанию для применения миниатюрных электрических имплантов при лечении хронических заболеваний головного мозга — с потенциалом последующей разработки интерфейса между мозгом и электроникой. Это путь к принципиально новым способам диагностики и лечения нейродегенеративных заболеваний и борьбы со старостью. Следующими шагами могут стать исследования, которые пока звучат научной фантастикой, в частности, расшифровка работы мозга, создание слепка человеческой личности в компьютере и возможность бесконечной жизни *ex situ*. В нынешнем году американский бизнесмен Илон Маск вошел в подобный проект, направленный на установление связи между мозгом и компьютером.

Надо отметить, что только молекулярная нанoeлектроника способна обеспечить надежный интерфейс между биологическими объектами (нейронами) и традиционными материалами электроники (металлами и полупроводниками).

Кроме биологии, наиболее перспективным направлением молекулярной нанoeлектроники считается создание элементной базы, которая отсутствует на рынке современных технологий, например, органического транзистора с многоуровневыми затворами, органического спинового транзистора, который способен переносить спин электрона в дополнение к переносу заряда. Это должно привести к экспоненциальному увеличению производительности компьютеров.

Появляются и новые задачи молекулярной нанoeлектроники, например, разработка каталитических наномембран для технологий искусственного листа (искусственного фотосинтеза), способных превращать выхлопные газы в топливо при помощи энергии солнечного света.

Молекулярная послойная эпитаксия — новый метод молекулярной нанoeлектроники

Среди многочисленных методов создания материалов с заданными свойствами в молекулярной нанoeлектронике следует отметить методы так называемого мокрого синтеза (ленгмюровские пленки, самособирающиеся монослои, сборка структур из растворов на основе электростатических взаимодействий) и методы создания послойных структур из газовой фазы (органическая молекулярно-лучевая эпитаксия, другие высоковакуумные методы, технологии осаждения из газовой фазы при низком вакууме, известные как CVD-технологии). Все перечисленные методы имеют свои достоинства и недостатки.

Молекулярная послойная эпитаксия позволяет осуществить самосборку слоев с образованием прочных связей между ними

Например, «мокрые» методы способны создавать более прочные химические связи между органическими слоями — если сравнивать с методами производства нанoeлектронных структур из «паровой» фазы. Однако «мокрые» методы очень трудоемки (создание одного монослоя занимает сутки), и в их структуре всегда присутствуют растворители, которым по силам «убить» всю эффективность прибора. Кроме того, целый ряд интересных, но нерастворимых органических веществ остается за гранью «мокрой» химии.

Вакуумные методы создания послойных структур из газовой фазы способны наносить органические пленки быстро и в чистой атмосфере. Они полностью совместимы с современными полупроводниковыми технологиями. Однако ни один из них не способен создать прочные ковалентные связи между слоями, что ограничивает область применения получаемых структур.

Главный недостаток современных молекулярных нанoeлектронных устройств — нестабильность. Они нестабильны при длительном времени использования, при повышенной температуре, при сильных электрических полях. Нестабильны настолько, что часто даже напыление электродов представляет проблему. Причина — в слабых связях внутри получаемых пленок.

Молекулярная слоистая эпитаксия (от греческих «эпи» — над и «таксис» — расположение). Способ организации структур, когда структура верхнего слоя управляется структурой и химическим составом предыдущего слоя. На рисунке показана схема эпитаксии. Сначала на субстрат 1 (слева сверху) устанавливается «якорный слой» (стрелка «а»), образуется структура 2. Далее на 2 наносится слой молекул А (стрелка «b»), образуется структура 3 с двумя собранными слоями. Далее наносится слой молекул В (стрелка «d»), образуется структура 4. Таким образом можно собрать структуру необходимой толщины с чередующимися слоями (стрелка «e») — образуется структура 5. Существенно, что слой А приспособлен к принятию слоя В, и наоборот, невозможно собрать более одного слоя только А или только В.

Электролюминисценция (свечение при приложении электрического поля) для двух собранных молекулярной послойной эпитаксией структур из чередующихся слоев двух разных молекул — нафта-лентетракарбоксихидрида (naphthalene tetracarboxydianhydride, NTCDА) и диаминогексана (diaminehexane, DAH). Синяя кривая — четырехслойная структура, красная — двухслойная. Толщина структур не превышает 80 ангстрем. Это самый тонкий в мире органический светодиод, к тому же способный выдержать напряжение до 8 вольт, недоступное другим органическим материалам такой толщины.

КОНКУРИРУЮЩИЕ С МОЛЕКУЛЯРНОЙ СЛОИСТОЙ ЭПИТАКСИЕЙ ТЕХНОЛОГИИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Жидкофазные методы (solution derived methods) основаны на химабсорбции. Структуры, полученные этим методами, страдают от временной и термической нестабильности, плохих механических характеристик, плохо очерченных интерфейсов, долгих времен депозиции и нежелательных взаимодействий с растворителем. Методы не подходят для нерастворимых веществ. Жидкофазные методы используются в научных лабораториях и не приспособлены для использования в промышленности.

Вакуумные методы (UHV- and CVD-derived methods) основаны на физабсорбции. Требуют соответствия геометрических характеристик накладываемых друг на друга слоев, что ограничивает их применимость. Пока не было показано эффективное нанесение этими методами стабильных монослоев.

Другой проблемой молекулярной нанoeлектроники является своего рода технологический тупик: конечно, не все, что можно было сделать, уже сделано, и периодические новые идеи появляются, но «кривая возможностей» находится явно на участке насыщения.

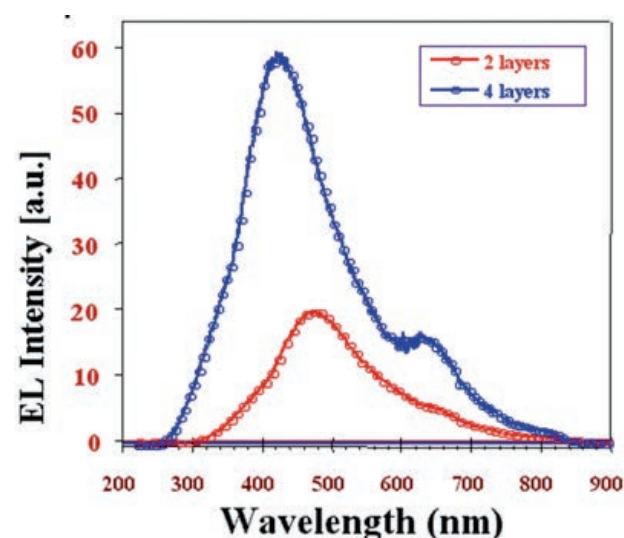
Группа профессора Копыловой из Томского государственного университета в коллаборации с коллегами из Университета Юты в Солт-Лейк-Сити разработала новый метод производства структур для молекулярной нанoeлектроники, названный молекулярной послойной (или слоистой) эпитаксией (MLE). Метод основан на использовании современного оборудования для быстрого и чистого нанесения органических слоев, но, в отличие от других «газовых» методов, MLE позволяет осуществить химическую самосборку слоев с образованием прочных ковалентных связей между ними. В основе технологии — последовательное наращивание слоя на поверхности подложки из отдельных молекул паров разогретого органического вещества.

Специально сконструированная под технологию MLE вакуумная установка была разработана и собрана на основе самых современных тонкопленочных технологий. Эта установка разогревает исходные вещества до высоких температур в условиях вакуума. Испаренные молекулы особым образом захватываются и размещаются на подложке послойно, образуя тончайшую пленку. Эти искусственные субмикронные органические структуры характеризуются высокой степенью упорядочения и прочными ковалентными связями между слоями.

MLE-метод позволяет создать материалы на основе вложенных органических-неорганических решеток — структур, в которых серии органических слоев контролируемым образом «вложены» в серии неорганических слоев. Подобные структуры никогда не производились и не были исследованы. Такие гибридные материалы могут обладать принципиально новыми свойствами, а спектр их применения чрезвычайно широк: от широкополосных фотодетекторов, tandemных солнечных батарей, компактных преобразователей энергии и гибридных лазеров до новых классов твердотельных аккумуляторов, наногенераторов и до создания биоинтерфейсов. Главная характеристика MLE-метода — способность создавать стабильные структуры. Вследствие этой особенности MLE-метод является практически единственным кандидатом для создания интерфейса между биологическими объектами и электроникой.

Следует также упомянуть, что исследование органических MLE-материалов с предсказуемыми свойствами способно пролить новый свет на природу транспорта (переноса заряда и/или спина) в органических средах. Отсутствие ее понимания является основным препятствием в формулировании принципов органической физики твердого тела. Похожую взаимосвязь можно проследить между пониманием электронных процессов в биологических объектах и прогрессе в разработке биотехнологий, связанных с переносом зарядов.

ВЛАДИМИР БУРТМАН, ведущий ученый лаборатории органической электроники Сибирского физико-технического университета ТГУ, профессор-исследователь Университета штата Юта



В российской науке — важное событие: защищена первая диссертация по теологии. Диссертант, доктор богословия, декан богословского факультета Православного Свято-Тихоновского гуманитарного университета протоиерей ПАВЕЛ ХОНДЗИНСКИЙ специально для «Ъ-Науки» рассказывает о предмете своей науки. Публикуется и образец теологической научной работы о. Павла.

КОНФЕССИОНАЛЬНАЯ НАУКА С ГУМАНИТАРНЫМИ МЕТОДАМИ



Формально «теология» и «богословие» — одно и то же. Но в современном словоупотреблении эти понятия принято различать. Богословие — прежде всего Предание Церкви, включающее Священное Писание и его общецерковное понимание, зафиксированное в догматах Вселенских соборов и трудах отцов Церкви. Богословие в этом смысле — не наука. Напротив, теология — именно наука, изучающая тексты Предания теми же гуманитарными методами, которыми, например, история философии изучает философию: описывая общественно-исторический контекст, выявляя генезис, взаимовлияние идей и т. д. Правда, текстами Предания могут заниматься и другие науки, например, религиоведение, филология, да и упомянутая история философии тоже. Различие их между собой, равно как и отличие от них теологии заключается в точке зрения. Теология — это своего рода саморефлексия Церкви. Ска-

занное подтверждается тем, что, признав теологию наукой, государство признало и ее конфессиональность: можно защищать диссертацию по христианской теологии, можно — по иудейской, можно — по мусульманской в соответствующих диссертационных советах, но нельзя защищаться по теологии вообще. Отсюда по умолчанию следует, что теолог (в отличие от религиоведа, историка) лично принимает вероисповедание той конфессии, тексты которой исследует. Этот личный опыт веры необходим ему (как необходим музыковеду опыт личного восприятия музыки), чтобы изнутри проникнуть в смысл исследуемых богословских концептов, идей, тезисов и чтобы корректно соотносить их с богословием — Преданием, о котором говорилось выше. Теолог пользуется всеми традиционными гуманитарными методами, а точка зрения теологии своей ближайшей целью имеет дать Церкви системное изложение учения или экспертную оценку богословских концепций, а оказавшись в общественном научном пространстве, эта точка зрения становится одной из возможных, но необходимых для создания полноценного представления об интеллектуальных и духовных процессах в обществе.

Преподобный Сергей и почитание Пресвятой Троицы в древнерусской традиции

В известной лекции «Умозрение в красках» князь Евгений Трубецкой приводит цитату из неназванного «древнего жизнеописателя» преподобного Сергея, по словам которого последний «поставил храм Троицы... дабы взиранием на Святую Троицу побеждался страх перед ненавистной раздельностью мира». По мысли Трубецкого, цитата должна подтвердить, что идеалом прп. Сергея «было преобразование вселенной по образу и подобию Святой Троицы, т. е. внутреннее объединение всех существ в Боге», и что этим идеалом «жила и наша иконопись», основной темой которой было «преобразование вселенной в храм, в котором вся тварь объединяется так, как объединены во едином Божеском Существовании три лица Св. Троицы».

Что касается фразы из «древнего жизнеописателя», то на самом деле в дошедших до нас житиях прп. Сергея ее нет. Исследование показывает, что она является на свет только в конце XIX в. в письме философа Николая Федорова будущему митрополиту Антонию (Храповицкому). Трубецкой, видимо, прочел письмо невнимательно и принял слова Федорова за цитату из жития, а у него уже позаимствовали эту мысль и остальные. Тем не менее, некоторая пища для размышлений здесь, безусловно, присутствует и понуждает задать по меньшей мере два вопроса:

1. Является ли опыт, учение, жизнь прп. Сергея исходной точкой в осмыслении Троицкого догмата в древней Руси или он двигался в русле уже существующей традиции?

2. Было ли это осмысление идентично его прочтению князем Трубецким?

Сам преподобный ответа нам не дает. Как известно, ученикам он запомнился более своим безмолвием. Однако даже самое поверхностное исследование позволяет утверждать, что следы такой традиции в предшествующую эпоху обнаружить трудно. XIII-XIV века вообще очень бедны богословскими памятниками, а домонгольское время, гораздо более обильное текстами, не дает ни одного, напрямую связанного с затронутой темой. Напротив того, нет надобности долго доказывать, что Троицкий мотив есть, собственно, ведущий мотив жития прп. Сергея, с течением времени только усиливающийся. Кроме того, можно не без оснований предположить, что немалую роль в его развитии сыграло написание преподобным Андреем (Рублевым) по заказу Сергиева ученика, преподобного Никона Радонежского, знаменитой иконы «Троица ветхозаветная». Собственно, и лекция Трубецкого явно подразумевает этот единственный в известном смысле образ, говоря, что «взиранием на Святую Троицу» должна побеждаться «ненавистная рознь мира». Последнее подтверждается и тем, что сегодня, как правило, вторичные источники прямо относят эту цитату к «Троице» прп. Андрея.

Сюжет иконы восходит к библейскому рассказу о гостеприимстве Авраама (Быт. 18: 1-3). Неуловимые переходы в тексте рассказа от трех к одному и снова к трем еще в древности привлекли к себе внимание христианских экзегетов, увидевших в этом рассказе прообраз Троицкого единосущия, но единого мнения о том, кого же принял Авраам, как известно, не было. Одни считали, что — трех ангелов, другие, что под видом ангелов — Бога Слово с двумя ангелами, третьи — Саму Троицу.



И явился ему Господь у дубравы Мамре, когда он сидел при входе в шатер [свой], во время зноя дневного.

Он возвел очи свои и взглянул, и вот, три мужа стоят против него. Увидев, он побежал навстречу им от входа в шатер [свой] и поклонился до земли,

и сказал: Владыка! если я обрел благоволение пред очами Твоими, не пройди мимо раба Твоего

Бытие, 18:1-3

Сопоставление с домонгольской традицией снова дает нам любопытную картину: если киевские авторы придерживались по этому поводу различных мнений, то все значительные авторы пост-Сергиевой эпохи и русские церковные Соборы второй половины XVI в. стоят на последней точке зрения. Однако перевод в изобразительный ряд этого в принципе вполне легитимного истолкования библейского эпизода создает некоторую богословскую трудность. Действительно, в отношении иконы «Троица Ветхозаветная», строго говоря, невозможно утверждать восхождение от образа к первообразу в том смысле, какой вкладывает в это выражение догмат Седьмого Вселенского собора: «ко уверению истинного а не воображаемого воплощения Бога Слова», — ибо Троица не воплощается.

Неизвестно, была ли эта трудность замечена современниками прп. Андрея, но в конце XV в. ее сумел разрешить самый, пожалуй, оригинальный богослов своего времени, преподобный Иосиф Волоцкий. Не отвергая самый факт неопишемости Троицы, он утверждал, что созерцая на иконе Ее явление в виде трех ангелов Аврааму, «мы почитаем не вещь, но вид и образ Божественной красоты».

Очевидно, этот текст не мог бы появиться без платонизирующей мистики Ареопагитик, первый славянский перевод которых

был сделан в 1371 г. Но, вдумавшись, мы поймем, что точно так же не мог он появиться и без иконы прп. Андрея, ибо в данном случае к иконе прилагается как бы новое вероучительное требование: быть прекрасной, — и только рублевская «Троица», пожалуй, действительно способна дать адекватное представление об образе Божественной красоты. И напротив, вне этого «контекста красоты» изображение «Троицы Ветхозаветной» становится либо аллегорическим, либо догматически рискованным.

Вернувшись теперь к мысли кн. Трубецкого, мы видим, что в ней есть нечто и общее, и отличное от точки зрения древнерусской традиции, во всяком случае, в том виде, в каком эта традиция открывается нам в дошедших до наших дней памятниках. Укажем в заключение на то и другое:

1. Если исповедание веры в Троицу присутствовало в русской Церкви со времен ее возникновения, то церковно-мистическое переживание Троицкого догмата получает, очевидно, в середине XIV в. важный толчок, связанный с именем прп. Сергея Радонежского. Это приводит в том числе и к написанию «иконы икон» — «Троицы» прп. Андрея, ставшей в то же время вопросом, как возможно изображение, а стало быть, и присутствие Бога-Троицы в земной жизни.

2. Ответ на это был дан прп. Иосифом Волоцким, но не в смысле «софийности» эпохи модерна, а скорее в смысле ареопагитско-паламитской традиции. Ибо «Красота», как и «Свет», принадлежит к числу катафатических имен Божиих, а следовательно, является и достигающей мир Божественной энергией. Существенно, что если древнерусская традиция сосредоточена на идее Божественной красоты, как едином, общем действии Троицы в мире, то авторы конца XIX — начала XX вв. обращались скорее к мысли о внутритроицеских отношениях. Определение богословских последствий того и другого подходов должно стать темой особого исследования.

БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА

ЕДИНСТВЕННЫЙ ЖЕЛУДОЧЕК — НЕ ПРЕПЯТСТВИЕ ДЛЯ МАТЕРИНСТВА



Один из самых тяжелых врожденных пороков сердца — единственный желудочек; без медицинской помощи прогноз для таких младенцев крайне неблагоприятный. Но современная кардиохирургия позволяет им не просто выжить, но и существовать полноценно. Для этого, в частности, производится операция Фонтена: правое предсердие соединяется с легочной артерией и, таким образом, выполняет функцию правого желудочка, а единственный желудочек работает как левый, обеспечивая кровообращение по большому кругу.

В журнале «Акушерство и гинекология» описан случай благополучного родоразрешения 32-летней пациентки с единственным желудочком сердца, да еще и тромбофилией, то есть повышенной склонностью к образованию тромбов. Группой врачей руководил профессор, доктор медицинских наук Сергей Мравян, ведущий научный сотрудник НИИ акушерства и гинекологии. Роды с помощью кесарева сечения состоялись на 34-й — 35-й неделе беременности, когда обнаружили критические сложности с кровотоком в плаценте; на свет появилась живая девочка ростом 44 см и весом 1990 граммов, синдромом задержки развития плода и небольшой гипотрофией.

Врачам удалось так подготовить пациентку к операции, что ни во время, ни после вмешательства не возникло таких серьезных осложнений, как аритмия или сердечная недостаточность.

НОВОЕ ИНФЕКЦИОННОЕ ЗАБОЛЕВАНИЕ, ОПАСНОЕ ДЛЯ РОССИИ



У заболевших отмечена тяжелая лихорадка и тромбоцитопения. По клинической картине болезнь напоминает анаплазмоз, однако антитела к нему в сыворотках крови выздоровевших людей не обнаруживаются. Болезнь получила название «острая лихорадка с тромбоцитопеническим синдромом» (англ. Severe fever with thrombocytopenia syndrome, SFTS).

В июне 2009 году из биоматериала первого зарегистрированного больного выделен ранее неизвестный вирус, относящийся к роду Phlebovirus семейства Bunyaviridae.

Позже этот же возбудитель был выделен от других больных и из клещей видов *Haemaphysalis longicornis* и *Rhipicephalus microplus*. Позднее случаи этого заболевания, в том числе с летальным исходом, зафиксированы в Южной Корее, КНДР и Японии. Группа сотрудников 48-го Центрального научно-исследовательского института Министерства обороны (Сергиев Посад), описавшая в своей работе свежеразработанную диагностическую систему, позволяющую выявить новую вирусную инфекцию на ранней стадии, предупреждает, что хотя в России SFTS пока нигде не фиксировался, появление инфекции — лишь вопрос времени, особенно в Дальневосточном регионе, сопредельном с китайскими провинциями, где этот вирус регулярно обнаруживается. Да и клещи, служащие переносчиками этой инфекции, повсеместно встречаются в России.

Авторы подчеркивают, что симптоматика опасной лихорадки похожа на симптоматику множества других инфекционных заболеваний, вызываемых вирусами хантаан, желтой лихорадки, японского энцефалита, энтеровирусами человека 71, вирусом коксаки а-16, вирусами гриппов а(H1N1) и в (Victoria), ротавирусами, *Leptospira interrogans*, возбудителями гранулоцитарного анаплазмоза, поэтому эпидемическим службам нужно иметь диагностические системы или хотя бы знать о существовании нового вирусного заболевания.

РУССКИЙ КУПЕЦ ИВАН КАМЕНСКИЙ — ОРНИТОЛОГ-ЛЮБИТЕЛЬ



В орнитологической коллекции Зоологического института РАН (Санкт-Петербург) хранится более двух десятков тушек птиц, на этикетках которых, датированных маем и сентябрем 1878 года, коллектором значится Каменский, а местом сбора — озеро Алаколь на востоке Казахстана у самой китайской границы. Долгое время о Каменском ничего не было известно, но зоологу Николаю Березовикову удалось узнать, кем он был и откуда у него взялась коллекция. По данным известного орнитолога Виталия Хахлова, его отец Андрей Степанович вместе с неким Каменским исследовали Семиречье и Чжунгарию и доходили до Гучена. При содействии обученных киргизов, препараторов и охотников они собрали коллекцию до 3 тыс. экземпляров. По-видимому, эта коллекция погибла в подвалах Торгового дома братьев Каменских после смерти Каменского-коллектора: как сообщает Хахлов, в переписке его отца говорится о сохранности только двух ящиков (возможно, их содержимое и оказалось в Зоологическом институте), а большая часть хранившихся на том же складе экземпляров поедена молью.

Речь идет об Иване Федоровиче Каменском, установил Березовиков, управляющем Торгового дома Каменских. Страсть его к собиранию птиц и зверей была так велика, что он научился препараторскому делу. А поскольку он был до мозга костей предприниматель, нельзя исключать того, что он собирался продавать чучела в музеи — к концу XIX века торговля чучелами стала прибыльным делом. А возможно, предполагает Березовиков, Иван Каменский собирался организовать собственный музей — благотворительность была в обычаях Каменских.

Иван Федорович Каменский снабжал китайскую армию хлебом, у него были гигантские — миллионные — контракты. Каким образом произошло банкротство Каменского в торговле с китайцами, исторические хроники не упоминают. Можно лишь предполагать, что он не получил оплату за поставленный хлеб, возможно, из-за неожиданной смерти командующего китайской армией, с которым заключались хлебные контракты. Не пережив случившегося, Иван Федорович Каменский умер в 1883 году, оставив вдову с пятью детьми.



— Все существующие антибиотики объединены в 16 классов. Так, пенициллин, первый антибиотик, открытый в 1928 году Александром Флемингом, принадлежит к классу бета-лактамовых антибиотиков. Но используются лишь не более 5% антибиотиков, так как большинство из них стали бесполезны из-за антибиотикорезистентности

ДВИЖЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Коллектив ученых из московского Физтеха, Федерального научно-клинического центра физико-химической медицины и Data Laboratory создал интерактивную мировую карту лекарственной устойчивости микробиоты кишечника человека — ResistoMap.

Интернет-ресурс resistomap.rcrsm.org дает возможность исследователям визуально оценивать уровень устойчивости у населения стран мира и сопоставлять его с социоэкономическими и клиническими факторами. Это позволит поднять контроль за нарастающей лекарственной устойчивостью на качественно новый уровень.

Еще один орган человека

Микрофлора (микробиота, или микробиом) человека — это совокупность всех микробов, населяющих тело человека. Больше всего бактерий в кишечнике — десять триллионов, что сопоставимо с числом клеток нашего тела (они меньше, поэтому компактно размещаются у нас в животе). Кишечная микробиота одна из самых важных для жизни человека, она помогает в пищеварении, защищает от болезнетворных бактерий, участвует в работе иммунной, эндокринной и даже нервной системы. По сути это еще один орган человека, только состоящий не из человеческих, а микробных клеток. Прочтение генетической информации всех бактерий кишечника (их метабенома) показало, что у двух случайно выбранных людей могут диаметрально различаться составы кишечных сообществ, но их общая сумма будет обеспечивать схожий набор функций. Судя по анализу микробных генов, различных функций в микробиоте закодировано на два порядка больше, чем в геноме человека. Внутри себя каждый из нас носит настоящую биофабрику, способную к переработке и синтезу множества активных веществ.

Прием антибиотика, вынутого наугад из домашней аптечки, не только может навредить самому человеку, но и вносит вклад в укрепление резистентности патогенов в масштабах всего мира

Как мы селекционируем суперпатогены у себя в животе

При приеме антибиотиков человеком в его организме выживают те бактерии, которые несут гены, наделяющие их защитой от антибиотиков (гены лекарственной устойчивости). Весь набор генов лекарственной устойчивости в микробиоте называется резистомом. Получается, что, принимая антибиотики, человек проводит у себя в кишечнике искусственный отбор на повышение резистомы кишечного сообщества микробов. Казалось бы, в чем проблема? Ведь это всего лишь наша нормофлора, обычные бактерии, в большинстве полезные. Но если чувствительная к антибиотику «плохая» бактерия, возбудитель инфекции, встретится с нормальной, то может позаимствовать у последней эти гены устойчивости (за счет горизонтального переноса генов). И стать «очень плохой», потому что теперь от нее не вылечится данным лекарством. Описанная встреча может произойти в кишечнике не того человека, который лечился антибиотиком, а другого или во внешней среде — бактериям свойственно передаваться от человека к человеку.

Антибиотики попадают к кишечным микробам не только в виде лекарств. Они применяются с 1950-х годов в сельском хозяйстве как стимулятор роста для скота. Вместе с мясом и молоком в наш организм попадают и малые дозы антибиотиков, которые тоже вносят вклад в расширение репертуара генов лекарственной устойчивости. Вегетарианство не спасет: как антибиотики, так и бактерии, устойчивые к ним, могут попадать к нам с овощами, которые удобряют навозом от скота, накормленного антибиотиками. Похожая картина наблюдается и в других микробиомных популяциях в нашем организме: в дыхательных органах, мочеполовой системе и других. А в итоге получается, что, принимая антибиотики, каждый из нас и человечество в целом повышает вероятность появления superbugs — суперпатогенных микробов, коллекционеров

РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ЗАБЛУЖДЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО АНТИБИОТИКОВ

- 64% полагают, что антибиотиками можно лечить простуду и грипп, хотя антибиотики на вирусы не действуют.
 - 32% полагают, что с улучшением самочувствия следует прекратить прием антибиотиков, а не завершать предписанный курс лечения.
 - 76% полагают, что устойчивость к антибиотикам наступает в результате формирования в организме резистентности к антибиотикам. В действительности же бактерии, а не люди или животные становятся устойчивыми к антибиотикам и их распространение вызывает трудноизлечимые инфекции.
 - 66% полагают, что индивидуумы не подвергаются риску заразиться устойчивой к антибиотикам инфекцией, если они лично принимают антибиотики, как это им предписано.
 - 44% считают, что устойчивость к антибиотикам является проблемой лишь для тех, кто их регулярно принимает. В действительности любой человек любого возраста в любой стране может заразиться устойчивой к антибиотикам инфекцией.
 - 64% полагают, что медики решат эту проблему до того, как она станет слишком серьезной.
 - 73% считают, что фермеры должны давать меньше антибиотиков животным, употребляемым в пищу.
- По данным опроса ВОЗ, проведенного 2015 году среди 10 тыс. респондентов в 12 странах.

генов устойчивости, против которых бессильны все известные виды антибиотиков. Сейчас по всему миру ведется множество исследований, направленных на то, чтобы побороть растущую лекарственную устойчивость.

Микроскоп для изучения устойчивости микробов

У каждого из нас свой состав кишечного сообщества микробов со своим набором генов устойчивости. При этом он варьирует у населения из разных социальных групп и стран. Выращивать в лаборатории отдельно каждый из тысяч видов микробов и выяснять, к каким антибиотикам он устойчив — невыполнимая на практике задача. Более того, один и тот же вид микробов у разных людей может обладать разным профилем устойчивости. С другой стороны, прочтение всей генетической информации микробиоты человека — метабеномное ДНК-секвенирование — дает общую картину того, какие гены устойчивости есть, и позволяет понять, как патогены снабжаются генами резистентности.

Наша исследовательская группа исходила из того, что чем больше у определенной группы населения уровень и разнообразие резистомы, тем больше вероятность возникновения в этом сообществе новых устойчивых возбудителей заболеваний, подчёркнувших гены резистентности от кишечной микробиоты. Надо лишь собрать все имеющиеся на сегодня данные по кишечным мета-

__Проверить каждый из тысяч видов микробов на устойчивость к каждому антибиотику практически невозможно



Среди рассматриваемых сейчас средств альтернатив антибиотикам — фаговая терапия, при которой бактерий убивают их вирусы; бактериоцины — вещества, которые бактерии используют в войнах между собой, к ним устойчивость не возникает. Предлагается и оригинальный метод натравливать на патогенных микробов бактерий-хищников, в огромном мире микробов встречаются и такие

В 2016 году китайские ученые сообщили, что у детей, которых лечили от ожирения цельнозерновой диетой, в микробиоте кишечника снижались разнообразие и уровень генов устойчивости. Как предполагают исследователи, избыток пищевых волокон давал конкурентное преимущество кишечным микробам, менее склонным к носительству генов устойчивости

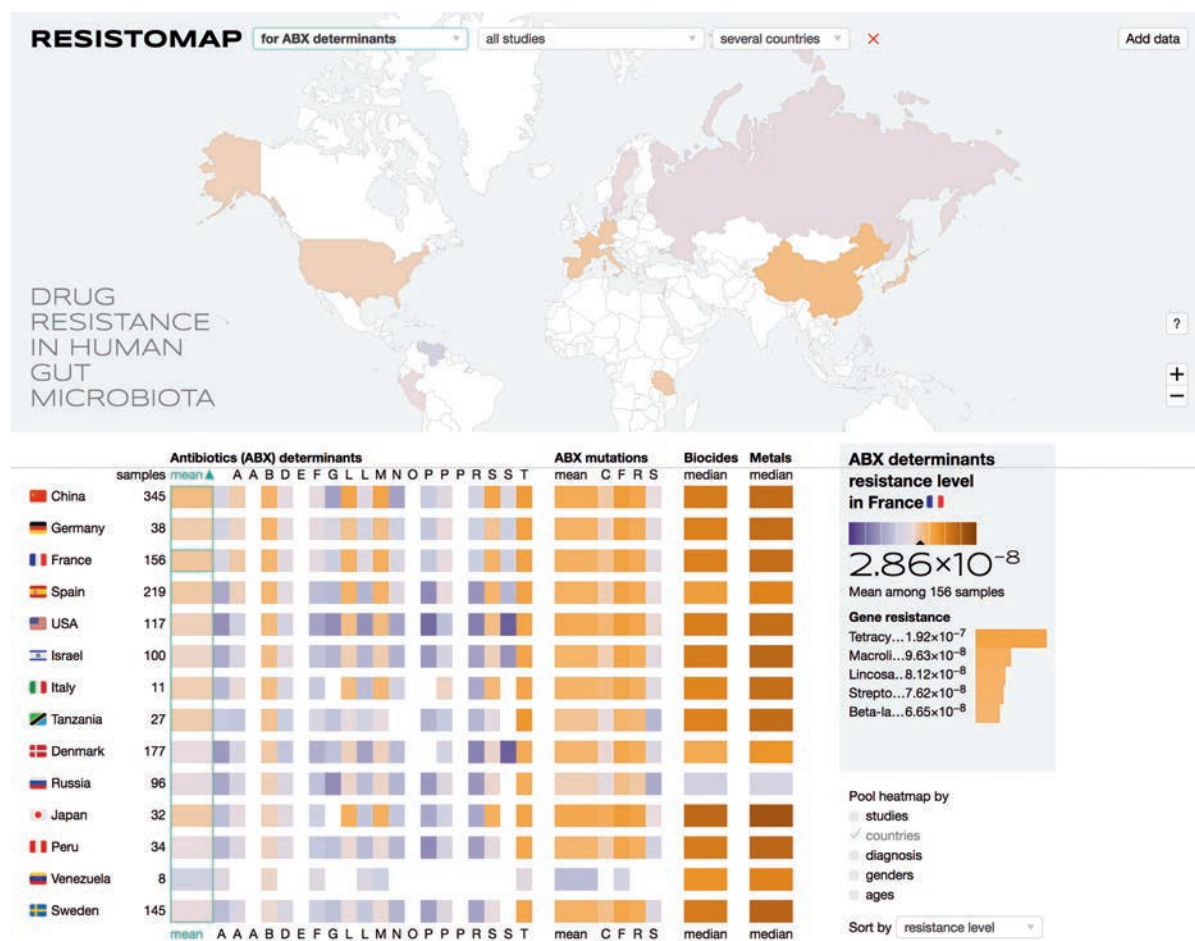
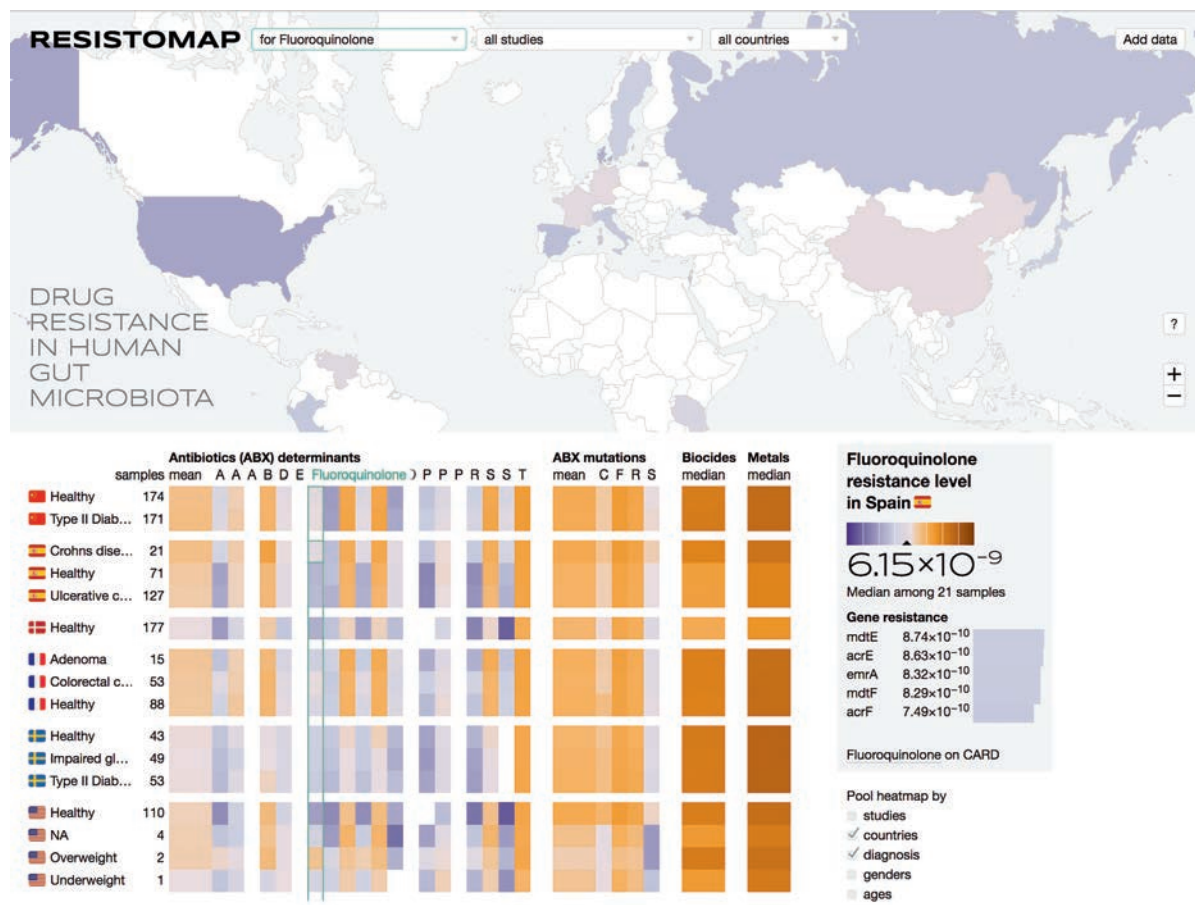
генам в единый реестр, доступный не только научному сообществу, но и практикующим врачам, максимально наглядный и удобный в работе с ним. Так появилась наша карта ResistoMap. Большинство исследований в мире в этой области проводятся на государственные деньги, и обычно полученные на деньги налогоплательщиков результаты авторы обязаны выложить в открытый доступ. Поэтому всевозможные замеры процессов и генетической информации о живых организмах оказываются на специальных сайтах, откуда их может взять каждый желающий. Благодаря этому нам удалось собрать и объединить метагеномные данные, полученные в одинаковом формате в разных исследованиях микробиоты кишечника лабораториями со всего мира. Осталось провести метаанализ — обработав их единообразно и совместив на общей карте, показав таким образом разнообразие генов устойчивости в кишечнике у сотен людей со всего мира.

«Большие данные» помогут правильно прописывать антибиотики. Карта ResistoMap размещена на общедоступном сайте. На карте мира отображается средний уровень устойчивости, а ниже — на клетчатом графике, диаграмме интенсивности (heatmap) — более детальная информация: резистом по группам антибиотиков. Пользователь может фильтровать и группировать данные по возрасту, странам, диагнозу. Это позволяет сформировать нужный исследователю срез большого мирового массива данных и проанализировать закономерности в выборке.

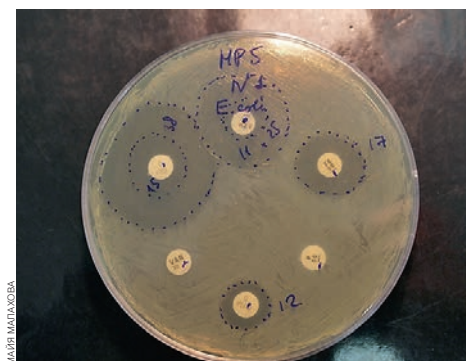
Код программного обеспечения прозрачен и общедоступен. После публикации научной статьи о ресурсе его уже начали использовать ученые из других стран. Сейчас на карту нанесены данные по населению из 15 стран мира, но ожидается пополнение: разработчики пригласили всех пользователей ресурса принять участие и добавить свои данные на карту, чтобы совместно сделать карту более информативной для понимания общей картины распространения устойчивости через микробиоту в мировом масштабе и полезной в практическом плане. Как говорит сотрудник нашего исследовательского коллектива Константин Ярыгин, «наш инструмент подскажет исследователям новые идеи, как оптимизировать схемы применения антибиотиков в медицине, а также в сельском хозяйстве». Параллельно с разработкой карты биоинформатики создали алгоритмы анализа метагеномных данных, которые позволили отследить, как гены устойчивости кочуют между геномами разных кишечных микробов у одного и того же пациента в ходе антибиотикотерапии. А микробиологи выделили отдельные виды из микробиоты и показали, как микробный вид, чувствительный к антибиотику, сменяется своей устойчивой разновидностью после курса лечения. В перспективе анализ кишечного резистома отдельно взятого человека позволит персонализировать курс приема антибиотиков.

АЛЕКСАНДР ТЯХТ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоинформатики ФБГУ «Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины Федерального медико-биологического агентства»;
ТАТЬЯНА НЕБОЛЬСИНА, Московский физико-технический институт

Работа проведена в рамках проекта «Оценка вариабельности резистома микробиоты кишечника у жителей РФ для обнаружения путей передачи и распространения антибиотикорезистентности» при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №15-14-00066).



Используя ResistoMap, можно оценить, как варьирует потенциал резистентности к различным антибиотикам в мире, и изучить связи с социоэкономическими и клиническими факторами



Выращивание отдельных кишечных микробов показывает, что после приема антибиотиков начинают преобладать микробы с более широким спектром устойчивости

КАЛЕНДАРЬ НА СПИЛЕ: О ЧЕМ ГОВОРЯТ ДЕРЕВЬЯ



В Сибирском федеральном университете разработан уникальный математический инструмент для моделирования роста годичных колец древесных растений под действием факторов климатической и неклиматической природы. Он позволит анализировать состояние лесных экосистем на огромной территории Евразии с учетом возможных климатических сценариев в средне- и долгосрочной перспективе.

Древесные керны обрабатываются, оцифровываются и превращаются во временные ряды, которые называются древесно-кольцевыми хронологиями

Дендроклиматический мониторинг

С начала 1990-х годов в России формируется единая государственная система экологического мониторинга. В ней предусмотрен раздел дендрохронологического и дендроклиматического мониторинга — «информационная система слежения, оценки и прогноза изменений годичного прироста деревьев и определяющих этот прирост факторов».

Этот раздел постоянно пополняется, и к настоящему времени накоплены уникальные пространственно-распределенные дендроклиматические данные (около 500 древесно-кольцевых хронологий и данные с 350 метеорологических станций), характеризующие динамическое состояние лесных экосистем почти на всей территории Российской Федерации под воздействием факторов окружающей среды.

Основой всех исследований в этой области служат сбор, обработка и анализ первичного материала, а именно — древесных образцов различных пород деревьев для самых различных лесных экосистем планеты. В зависимости от целей и задач исследования выбирают то или иное место обитания и определенное количество модельных деревьев (обычно не меньше 15). При этом деревья практически не повреждаются, сбор материала (древесных кернов) производят самым щадящим для дерева способом при помощи шведских буров, диаметр которых варьируется от 5 до 10 мм. Именно этот материал затем обрабатывается, оцифровывается и превращается во временные ряды, которые называются древесно-кольцевыми хронологиями (ДКХ). Остается распорядиться с пользой для дела этими фактически данными, например, на их основе составить прогноз будущей экосистемы или решить обратную задачу: восстановить климатические условия произрастания древесных растений по их ДКХ.

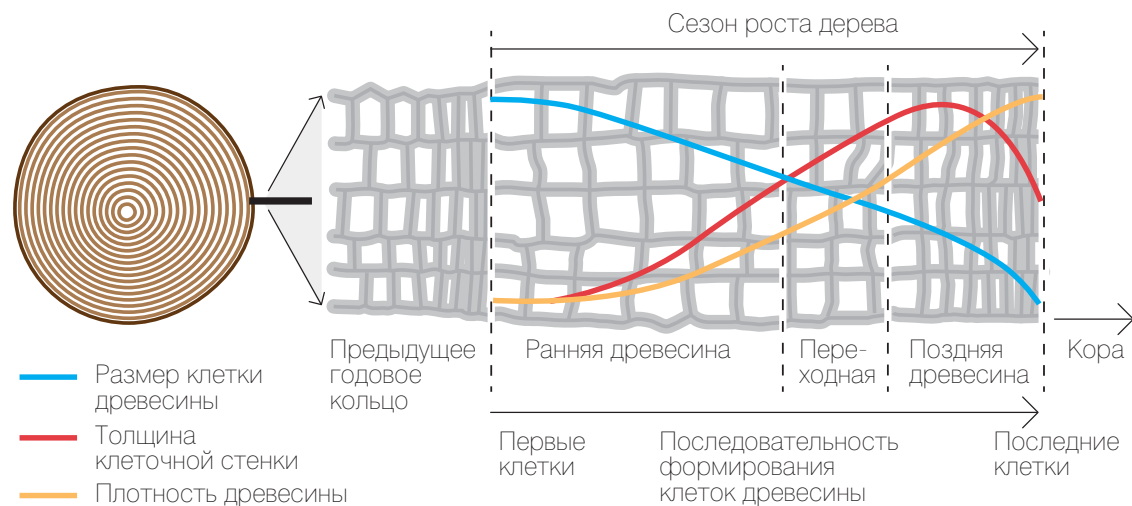
От чисел Вольфа до глобальной экологии

То, что по кольцам на поперечном срезе дерева можно оценить, сколько ему лет, знали еще в древности. По ширине колец можно было догадаться, в какие годы дерево росло интенсивнее, а значит, и климатические условия в тот год были для него лучше. Но как точная наука дендрохронология начиналась именно с моделирования. В конце XIX века американский астроном Эндрю Дуглас обнаружил, что ширина годичных колец деревьев коррелирует с 11-летними циклами солнечной активности (числами Вольфа) и составил прогноз засух на юго-западе США, который с успехом был использован местными фермерами.

С тех пор область применения дендрохронологии существенно расширилась: от исследований в области физиологии растений до глобальной экологии. Изменились и подходы к дендроклиматическому моделированию. Существует множество специальных подходов, и один из них — так называемое имитационное моделирование. Такое моделирование больше подходит для имитации реальных процессов, но оно и сложнее. В мире на сегодняшний день существует около десяти имитационных моделей роста годичных колец деревьев.

Просто и эффективно

В конце 1980-х годов красноярские ученые Е.А. Ваганов и А.В. Шашкин предложили имитационную модель применитель-



___ Формирование годичного кольца хвойных деревьев (Источник: Cuny et al., 2014; <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12871/full#nph12871-fig-0001>)



___ Основатель науки дендрохронологии американский астроном Эндрю Дуглас



___ На срезах долгоживущих деревьев, таких как секвойя, имеющих тысячи годичных колец, особенно заметны изменения размеров годовых колец на протяжении веков



___ Сбор образцов (кернов) годичных колец деревьев малотравмирующим шведским буром. Центральная Якутия, 2015 год

но к моделированию роста годичных колец деревьев на основе суточных климатических данных. Модель была настолько простой, что некоторые российские и зарубежные ученые сначала отнеслись к ней скептически.

Но модель Ваганова—Шашкина (VS-модель) доказала свою эффективность, адекватно моделируя рост древесных растений на основе климатической информации для самых различных местообитаний Северного полушария: юго-запада США, Северной Африки (Тунис), Пиренеев (Испания), Альп (Швейцария и Франция), Тибетского плато и Внутренней Монголии (Китай) и обширных территорий Сибири. Результаты, полученные на основе этой модели, были опубликованы в *Nature*, *Science*, *PNAS*, *Global Change Biology* и других высокоцитируемых журналах.

Сегодня модель переживает свое второе рождение. Дело в том, что основной блок модели содержит 27 параметров, которые тесно связаны как с функционированием самого древесного растения, так и с условиями его произрастания. Основная сложность всегда заключалась в адекватной оценке значений этих параметров, которые могут существенно варьироваться в зависимости от того, на какой территории мы находимся. Например, сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) на Пиренеях растет совсем в других условиях, чем та же сосна в зоне вечной мерзлоты в центральной Якутии. Такие различия сказываются и на параметрах модели: их необходимо подобрать таким образом, чтобы они не противоречили физиологии роста древесных растений, а также тем прямым натурным наблюдениям, которые получены непосредственно в интересующих нас местообитаниях.

С формальной (математической) точки зрения, нахождение оптимума в 27-мерном пространстве — не самая тривиальная задача. С подобного рода задачами даже специальные алгоритмы и современные суперкомпьютеры справляются с трудом. Но для модели Ваганова—Шашкина решение было найдено. Нашей группой подбор таких параметров сейчас существенно упрощен, так как разработаны визуальные полуавтоматические процедуры параметризации (VS-осциллограф).

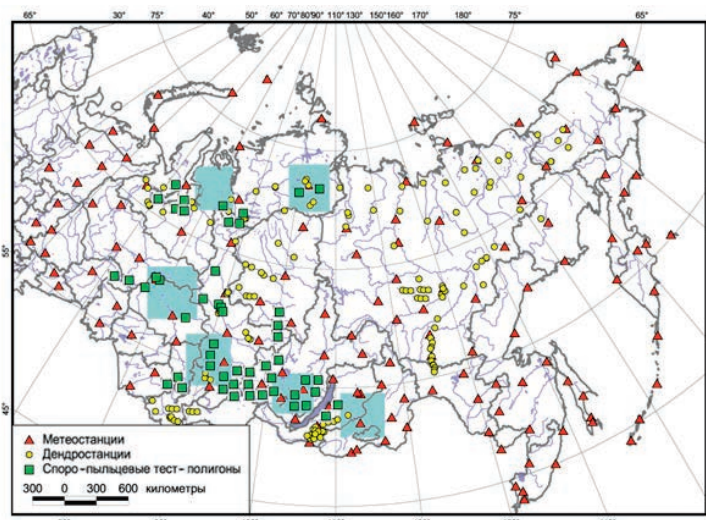
В 2015 году усовершенствованная VS-модель была успешно проверена на практике, когда по просьбе Китайской Академии наук мы помогли китайским коллегам оценить возможную реакцию древесных растений на территории Китая с учетом прогнозируемых климатических изменений.

На данный момент тестируется автоматическая параметризация модели, в основе которой лежат три параллельных процесса: прямая параметризация VS-модели (эволюционного алгоритма оптимизации), параметризация при помощи VS-метамодели (через многослойный перцептрон) и дообучение VS-метамодели с целью снижения нормы неувязки между моделируемыми кривыми роста, полученными для двух первых подходов параметризации.

Такая система, по сути, искусственного интеллекта позволит в автоматическом режиме проанализировать состояние лесных экосистем на огромной территории Евразии с учетом возможных климатических сценариев в средне- и долгосрочной перспективе.

ВЛАДИМИР ШИШОВ, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой математических методов и информационных технологий, Сибирский федеральный университет, Красноярск

Работа поддержана проектами РФ №14-14-00219 и №14-14-00219-П.



___ Пространственное распределение дендрохронологических тест-полигонов (дендростанций), метеорологических станций и споро-пыльцевых тест-полигонов на территории Сибири, включенных в систему дендроклиматического мониторинга РФ (рис. Владимира Шишова)

«МНОГИЕ НАЧИНАЮТ ЗАНОВО, НЕ ЗНАЯ, ЧТО ВСЕ ЭТО УЖЕ ИЗОБРЕТЕНО»

В 1916 году Константин Циолковский закончил повесть «Вне Земли», в которой группа ученых отправляется в путешествие к Луне и астероидам. Выйдя на орбиту Земли, путешественники разворачивают надувной модуль и устанавливают в нем цилиндр, наполненный почвой. Он становится основой оранжереи, в которой растут практически все необходимые космонавтам растения — от овощей до карликовых яблонь. Сама же модуль-оранжерея становится основой замкнутого биологического цикла: она соединяется с кораблем двумя трубками, одна из которых поставляет кислород, по второй из корабля удаляются углекислый газ и человеческие выделения. Циолковский оказался провидцем: подобная цилиндрическая оранжерея уже построена.



«Биосфера-2» — модель замкнутой экологической системы, построенная компанией Space Biosphere Ventures и миллиардером Эдвардом Бассом в пустыне Аризона (США). Создатели комплекса считали, что «Биосферой-1» является Земля

Руководитель проекта «Витацикл» Юлий Беркович из Института медико-биологических проблем (ИМБП) РАН, предполагает, что космическая теплица будет готова к отправке на МКС в 2020–2021 годах. Эта цилиндрическая оранжерея намного меньше, чем в повести Циолковского, в ней планируется выращивать только салатные культуры, и она не может служить ключевым звеном замкнутого биологического цикла. Но ученые уже сейчас прорабатывают проекты будущих космических оранжерей, которые сделают орбитальные или лунные станции хотя бы частично независимыми от поставок с Земли.

Глобальная идея: замкнутый цикл

Сто лет назад Циолковский предполагал, что, установив на космическом корабле оранжерею, можно создать некое подобие искусственной биосферы. В середине XX века несколько крупных экспериментов по созданию искусственной замкнутой биосферы показали, что задача намного сложнее, чем считал Циолковский.

Первыми попытками создать замкнутую экологическую систему были проекты БИОС в красноярском Институте биофизики. В 1964 году в эксперименте «БИОС-1» ученые создали систему из двух звеньев «человек—водоросли»: использовалась одноклеточная водоросль хлорелла, которая вырабатывала кислород и поглощала углекислый газ. Испытуемый прожил в герметично закрытом помещении 45 суток, но полностью замкнутой такую систему считать нельзя: она не обеспечивала человека едой и не перерабатывала выделения.

Параллельно был проведен ряд успешных экспериментов системы «водоросли—человек» в Институте медико-биологических проблем, показавший, что водорослевые реакторы могут на 100% регенерировать воздух и почти на 90% утилизировать отходы человека — мочу. Тогда же стали очевидны и недостатки этих систем: они не регенерировали остатки пищи, а биомасса хлореллы могла вызывать аллергию. В 1965 году в эксперимент ввели высшие растения — пшеницу и овощи. Были получены отличные урожаи пшеницы — в несколько раз больше, чем в естественных условиях.

А в 1972 году, во время лунной гонки, начался самый масштабный эксперимент серии — «БИОС-3». В подвале Института биофизики был построен герметичный бункер объемом 315 кубометров. В нем были жилая и рабочая зона для трех членов «экипажа», емкости с хлореллой и два отсека с растениями. Эксперимент длился 180 дней, три добровольца дышали воздухом, который вырабатывали растения, ели выращенные ими овощи, пекли хлеб из собственноручно выращенной пшеницы, а также пили воду, которая проходила многократные циклы очистки. Экипаж обеспечивал себя пищей на 80%, лишь белковую пищу испытуемые получали из консервов и сублимированного мяса. Как показали медицинские исследования, ни такой рацион, ни использование переработанного воздуха и воды не сказались на здоровье.

Эксперимент «БИОС-3» был многообещающим. Ученые были готовы продолжать работу, но после проигрыша лунной гонки государство уже не интересовалось этой темой. Работы по созданию замкнутых биосистем жизнеобеспечения были свернуты. Сейчас в Красноярском научном центре на базе БИОС ведутся исследования по отработке новых технологий замыкания цикла, есть планы опробовать наработанные технологии переработки органических отходов в новом масштабном эксперименте, но для этого требуется соответствующее финансирование. Зато опыт БИОС-3 был учтен китайскими учеными: в 2014 году они провели похожий эксперимент в модуле «Юэгуань-1», который был построен при активном участии красноярских ученых.

__ В 1971–1973 годах в Институте биофизики была создана экспериментальная установка «БИОС-3» (на фото), представляющая собой автономную по управлению замкнутую экологическую систему жизнеобеспечения. Длительными экспериментами в наземном комплексе «БИОС-3» с экипажем и высшими растениями показано, что в искусственной экологической системе «человек—высшие растения», замкнутой по газу на 100%, водообмену — на 80% и по пищевому обмену на 55% возможен устойчивый сбалансированный круговорот веществ



ФОТО: СЕПЬСЯ, ИНСТИТУТ БИОФИЗИКИ ИМ. П.В. КИРЕНСКОГО СО РАН

Космические ограничения

Пока одни ученые пытались построить автономную биосферу на Земле, другие проверяли, как отдельные элементы такой биосферы будут вести себя в космосе. Началась работа по созданию космических оранжерей.

Тысячелетний опыт садоводов и огородников тут помогало мало, потому что условия на орбитальных станциях сильно отличаются от земных — при выращивании надо принимать в расчет невесомость, ионизирующее излучение, ограничения по использованию воздуха, воды и электроэнергии. Да и солнечный свет, в отличие от Земли, на космических оранжереях использовать не получается. Растениям необходим суточный цикл освещения, а орбитальные станции, вращаясь вокруг Земли, имеют совсем другой цикл: 60 минут — свет, 30 минут — темнота. В межпланетных и лунных полетах к этому добавляется отсутствие магнитного поля и большая доза радиации. Есть ограничения и по подбору растений для космоса: они должны быть не ядовитыми и не аллергенными. Все оранжереи, которые когда-либо работали на орбитальных станциях, были созданы с научными целями, и поэтому их объем весьма небольшой. Это обстоятельство накладывало третье ограничение: растения должны быть маленькими.

Эволюция оранжерей

Первые космические эксперименты по выращиванию растений были самыми простыми — например, прорастить семена; причем не было ни специальных устройств, ни освещения (для него использовались бортовые светильники), не было специальной подготовки космонавтов. Как отмечают ученые, такой подход чаще приносил отрицательные результаты: растения погибали или развивались неправильно.

Первые оранжереи полетели на кораблях «Восход» в 1960-х годах. Они были очень простыми и напоминали пластиковый стакан с крышкой. Над стаканом помещали на кронштейне светильник, в нижней части стакана находился субстрат, в который помещали семена или луковицы. «Стакан» и «крышка» завинчивались таким образом, что через мембрану растение могло дышать. Никакой механики: космонавт вручную увлажнял субстрат, всprysкивая отмеренную дозу воды. Тюльпаны и гиацинты прорастали, но не цвели, к тому же были проблемы с доставкой растений на Землю: при посадке они

__ Идет сеанс очередной связи с испытателями в установке «БИОС-3». На связи испытатель В.В. Терских (в иллюминаторе), фото 1973 года



ФОТО: СЕПЬСЯ, ИНСТИТУТ БИОФИЗИКИ ИМ. П.В. КИРЕНСКОГО СО РАН



__ Николай Иванович Бугреев, инженер-механик и испытатель на установке БИОС, фото 1973 года

ЮЛИЙ БЕРКОВИЧ, ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ВЕДУЩИЙ НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК ИМБП РАН:

«Цилиндрическая оранжерея уже построена и должна быть установлена на многофункциональном лабораторном модуле, который пока, к сожалению, еще не запущен к МКС. Это первая оранжерея, которая специально разрабатывалась для выращивания салатной зелени для обогащения рациона экипажа станции свежей витаминной зеленью.

У нее совершенно необычная компоновка, и сама идея совершенно новая, она раньше не использовалась ни в одной из космических оранжерей. Это идея конвейерного выращивания растений на цилиндрической посадочной поверхности: если высаживать посев не на всю посадочную площадь, а по частям, со сдвигом во времени, то выращенную биомассу можно сразу употреблять в пищу, не хранить. А затем посеять на то же место, откуда мы взяли растения, новые семена, снова ее запустить в оборот, для выращивания на следующем обороте. Таким образом, удается построить оранжерею, где космонавты могут получать рассчитанную порцию витаминной зелени для немедленного употребления в пищу раз в три-пять дней. Кроме того, мы перешли на выращивание растений под светодиодами — они безопаснее и долговечнее газоразрядных ламп. С помощью светодиодов мы можем моделировать очень широкий диапазон различных спектров излучения, похожих на солнечный, отличных от солнечного. После пяти лет экспериментов мы смогли выбрать спектр светодиодного излучения для наилучшего выращивания салатных культур в условиях космической оранжереи. Мы разрабатываем проект бортовой оранжереи на этом принципе, которая должна быть построена к 2020 году и запущена либо в конце 2020-го, либо в 2021 году».

испытывали те же перегрузки, что и космонавты, и были случаи, когда растение возвращалось в не очень подходящем для исследования виде.

Следующим этапом было создание оранжерей «Оазис». Это была уже основательная конструкция: с вегетационной камерой, в которой можно было установить на нескольких уровнях кюветы с растениями, с блоком освещения и блоком управления.

Игорь Подольский, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ИМБП РАН, рассказывает: «На «Оазисах» появился дозатор, корневой модуль стал больше, немного возросла интенсивность света. Был установлен ручной насос, чтобы космонавт мог заправить дозатор и поливать корневой модуль. Но полив осуществлялся все равно вручную — космонавту давалось указание, и он с помощью тумблеров поливал субстрат и включал аэрацию. Ученый приезжал в ЦУП и писал радиограмму, например «полить» или «посеять», которую передавали на станцию. Лишь изредка удавалось поговорить пару минут. Поэтому оценить результаты эксперимента специалисты могли только после того, как он был завершен».

По воспоминаниям космонавта Георгия Гречко, не все получалось сразу: «Вода не поступала туда, куда было нужно, затем стали срываться огромные капли, и за ними пришлось гоняться с салфетками». Но именно в оранжереях серии «Оазис» были получены интересные результаты — выращены взрослые, 23-дневные растения гороха. Правда, цвести они по-прежнему отказывались. Неудачи породили теорию, что растения в принципе не могут развиваться в условиях невесомости, так как разобщаются функции, нарушается транспорт гормонов, и поэтому растения не могут ни расти, ни плодоносить.

Впервые удача пришла в 1982 году, когда в последней модификации «Оазиса» зацвел арабидопсис. В оранжерее «Фитон» на станции «Салют-7» в 1982 году арабидопсис прошел полный цикл развития и дал семена. Это была первая победа в деле космического садоводства и огородничества, за которой снова последовала череда неудач: растения вновь не давали семян ни в экспериментах на спутниках, ни в экспериментах на станции. До выращивания полноценных растений и получения урожая все еще было далеко.

Первой автоматической оранжерей стала оранжерея «Свет», созданная в

___ На фото часть отсека со специальным набором овощных и зерновых культур, обеспечивающих газо- и водообмен в установке «БИОС-3» за счет интенсивного биосинтеза. Видно, что культуры высеваются не одновременно, но с разбегом по времени. М.П. Шиленко за работой на «огороде» — собирает урожай во время шестимесячного эксперимента в экспериментальной автономной оксигенной системе «БИОС-3», проведенного в 1973 году

___ Фитотронный зал установки «БИОС-3»



ФОТОЛОТОГРАФИЯ ИМБП РАН, ИМ. П.В. КИРИЛЕНКО С ОРБИТЫ

соавторстве с болгарскими учеными и установленная на станции «Мир». Но назвать ее автоматической можно лишь с оговорками: автоматика управляла сменой «дня» и «ночи», а полив так и остался ручным.

Автоматизация полива — основная проблема, с которой сталкивались все инженеры оранжерей. Если в первых оранжереях автоматически лишь задавался фотопериод (смена «дня» и «ночи»), то с автоматическим поливом было намного сложнее. Из-за невесомости растения нельзя поливать так же, как на Земле. Корни растений в космических оранжереях находятся в корневом модуле, который тщательно закрыт, чтобы частицы субстрата не попали в воздух. Чтобы высадить растения, в прорезь, плотно прикрытую складками ткани, которая хорошо распределяет влагу, вставляют планку с наклеенными семенами.

Вторая проблема, с которой столкнулись исследователи, — это непонимание, как распределяется вода в прикорневом слое в условиях невесомости. Вода могла собираться в одном месте, и в итоге образовывались пересушенные и переувлажненные участки. Сначала ученые предположили, что с этой задачей справится установленный в оранжерее термоимпульсный влагомер: если с его помощью можно было получать данные о том, сколько воды находится в корнеобитаемом слое, то на их основе можно создать автоматическую систему полива. Но, как выяснилось в ходе эксперимента, для решения этих задач были нужны другие датчики. Их создали намного позже.

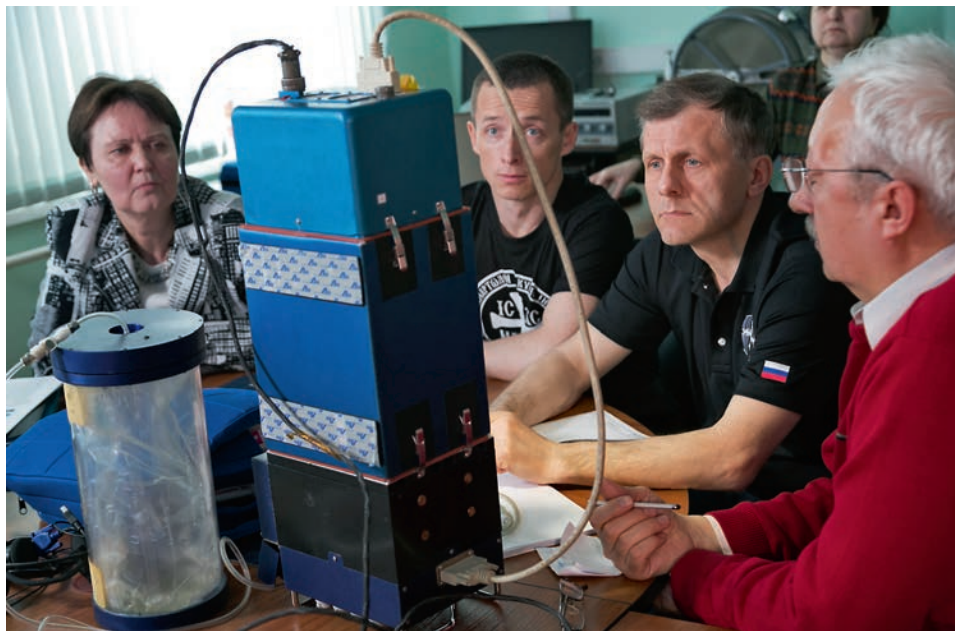
«Термоимпульсный метод, — говорит Игорь Подольский, — в котором датчик подает тепловой импульс для замера влаги, оказался совершенно неподходящим. Небольшой импульс плохо зондировал почву и не мог адекватно измерить содержание влаги. Но большой импульс на почву тоже было подать нельзя — он мог обжечь корешки, более того, в условиях космического полета он мог привести к перераспределению влаги. Когда мы это поняли, то решили проверить, насколько датчик правильно дает показания. И когда мы увидели, сколько воды было подано по данным датчика, то оказалось, что это было очень мало. Но мы же знаем, сколько нужно накачать воды в корнеобитаемую среду! И тогда мы сказали космонавтам: «Забудьте про датчик, будем поливать вручную», — и, как в предыдущих экспериментах, снова радиограммами вели весь цикл вегетации».

В первых экспериментах по выращиванию суперкарликовой пшеницы и гороха, которые космонавты проводили на станции «Мир», растения выросли, но оказались абсолютно стерильны. Своеобразный результат дали эксперименты и с гибридом дикой капусты: растения взошли и дали семена, но вместо 25 см в высоту они достигли лишь шести. Как выяснилось позже, на рост растений и на стерильность повлияла высокая концентрация этилена. Поэтому для второго эксперимента с пшеницей ученые ИМБП решили подобрать сорт, менее чувствительный к этилену. Второй эксперимент оказался удачным, и космонавты вырастили пшеницу первого и второго поколения. Маргарита Левинских, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологических систем жизнеобеспечения в экстремальных условиях ИМБП РАН, рассказывает: «Эксперименты с пшеницей и горохом стали прорывом: впервые были получены семена пшеницы сначала первого, а затем второго поколения. Эти эксперименты дали ответ на вопрос, почему первый опыт оказался неудачным, когда растения давали колосья, в которых не было ни одного зерна. Мы установили причину: на «Мире» не было фильтров с каталитическим сжиганием примесей, и в воздухе накапливался этилен. Он является очень мощным фитогормоном — например, повышенную концентрацию этилена применяют для того, чтобы вызвать стерильность пыльцы. Ее развитие замирает на одноядерной стадии, не происходит дальнейшего деления, и семян такое растение дать в принципе не может. На Земле был проведен контрольный эксперимент, который подтвердил эти данные — без очистки ни о каких семенах говорить не приходится. Сейчас на МКС другой вообще принцип очистки воздуха, что и позволило в эксперименте 2011 года, когда выращивали пшеницу, получить семена очень хорошего качества — у нас не всегда на Земле такие семена получают».

По-настоящему автоматической стала лишь оранжерея «Лада», созданная



ФОТОЛОТОГРАФИЯ ИМБП РАН, ИМ. П.В. КИРИЛЕНКО С ОРБИТЫ



— Оранжерея «Лада-2». Игорь Подольский показывает блок управления

совместно с Университетом штата Юта для экспериментов на МКС в 2000-х годах. «Лада» была проверена на устойчивость к вибрации и на электромагнитную безопасность и оснащена совершенно другим набором датчиков: кроме измерителей влажности в прикорневом слое, здесь были впервые установлены датчики изменения концентрации кислорода, углекислого газа, давления. На трех уровнях изменялись температура и интенсивность света. «Благодаря этим экспериментам мы поняли, как можно создать автоматический полив», — объясняет Подольский. — В вегетационном сосуде «Лады» было установлено шесть датчиков, алгоритм усреднял показания по всему объему, и космонавты могли устанавливать среднее влагосодержание в течение эксперимента. Все выращивалось в автоматическом режиме. В зависимости от требований растений мы могли устанавливать фотопериод. Мы выращивали горох, редис, салат, для пшеницы ставили круглосуточное освещение».

Новая усовершенствованная оранжерея типа «Лада» с новыми светодиодными светильниками и полностью автоматической системой управления отправилась на МКС в декабре 2016 года на борту грузового корабля «Прогресс МС-04». Но грузовик не долетел до станции, во время запуска произошла авария — и он упал на территории Тувы.

Лунные базы и марсианские сады

Эксперименты с оранжереями на орбите позволили сделать следующий шаг — создать большую установку, которая будет снабжать космонавтов свежей зеленью. Работа над цилиндрической оранжереей «Витацикл» началась еще в 1990-х годах. Сейчас создан работающий прототип, посевная площадь которого составляет 0,48 м². Это камера с вращающимся цилиндром внутри. В цилиндре — почвозаменитель и кюветы для растений. Цилиндр медленно вращается внутри камеры, на внутренней поверхности которой находятся светодиодные лампы. Космонавты в ходе эксперимента будут высаживать посадочную планку с наклеенными семенами. На следующем шаге цилиндра растения будут высаживаться в следующую кювету, и так до тех пор, пока не будет заполнена вся поверхность цилиндра. К тому моменту, когда цилиндр сделает два оборота, салат вырастет, и космонавту останет-

— Маргарита Левинских и Игорь Подольский учат работе с оранжереей «Лада-2» космонавтов основного экипажа экспедиции МКС-50 Андрея Борисенко и Сергея Рыжикова

ся лишь открыть люк камеры, срезать салат, а на его место вставить следующую планку с семенами — все это займет несколько минут. Через 72 дня почвозаменитель необходимо сменить, потому что в нем истощатся минеральные элементы, а самое главное — он зарастет корнями, поэтому в комплект будет входить запасной кювет с субстратом.

В ИМБП разработан и аванпроект овощной оранжереи для марсианского транспортного корабля, основанной на принципах «Витацикла», но ученые не слишком оптимистично настроены по отношению к экспедициям к Луне и Марсу. Чтобы разработать системы жизнеобеспечения для них, нужны исследования и эксперименты, нужны и ученые, и финансирование. Но молодых ученых, готовых перенять опыт старшего поколения, немного, а те, что есть, не всегда знакомы с опытом предшествующих поколений.

«Нельзя сказать: завтра мы летим на Марс, и послезавтра там вырастут фикусы! — говорит Маргарита Левинских. — Решение любой проблемы требует затрат, требует ученых, которые будут в этой области работать, инженеров. А мы разогнали все, что можно было разогнать! Остались лишь несколько человек, которые имеют представление, что это такое. Можно было это все продолжать, но решение о продолжении экспериментов зависит не от нас, а от Роскосмоса.

К нам тут приходил молодой ученый из института — не скажу, из какого, — и говорит: мы сейчас сделаем водорослевый реактор, который просто будет отличный. Я веду их к нам и говорю: если вы хоть по какому-нибудь параметру превзойдете вот эту вот «Сирень», которая сделана в 1960-е и стоит у нас, вот я снимаю шляпу и съем ее. Сейчас между поколениями исследователей получился огромный разрыв, и многие начинают заново, не зная, что все это уже изобретено!»

Впрочем, возможно, разрыв все же удастся преодолеть за счет энтузиастов и школьников. И это не шутка: ИМБП одобрил к проведению на МКС два детских космических эксперимента с растениями. Первый эксперимент будет изучать, как влияет гравитация и разные режимы освещения на культуру ряски, которая сейчас рассматривается как одно из растений для создания биологического замкнутого цикла. Второй эксперимент сможет определить потенциально самый эффективный спектр освещения для растений в оранжерее, для чего школьники планируют вырастить три контрольные группы семян, освещенные светодиодными лампами только одного спектра: синего, красного или белого.

НАТАЛИЯ ФЕРАПОНТОВА

ЮЛИЙ БЕРКОВИЧ, ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ВЕДУЩИЙ НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК ИМБП РАН:

«У многих исследователей были иллюзии, что в ограниченном объеме можно создать простую систему, которая будет работать если не бесконечно долго, то годы. Другие считали, что если взять какой-то объем, обеспечить туда приход света и расположить в этом объеме как можно большее количество видов растений, животных, то есть элементов земной биосферы, то с течением времени эти виды образуют новую узенькую биосферу, в которой все начнет работать, как в земной. Эксперимент «Биосфера-2» показал, что на это нельзя рассчитывать. Поэтому надо делать строго регулируемую, простую систему жизнеобеспечения с включением биологических звеньев, рассчитанную на строго ограниченный срок космического полета. Эту задачу можно решить. Но решить задачу организации биологического круговорота в искусственно созданной биосфере на сегодняшний день мы не можем».



ПОЛТОРА ГЕКТАРА ЗАМКНУТОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

Самую масштабную попытку создать замкнутую биосистему предприняли не ученые, а любитель — миллиардер Эдвард Басс, который в 1990-е годы построил в штате Аризона гигантскую конструкцию площадью полтора гектара — «Биосферу-2». Там были «джунгли» и «океан», ферма с козами, свиньями и курами, инсектариум с 250 видами насекомых, бассейны с рыбами и креветками. Всего было завезено около 3000 видов растений и животных.

Но уже через месяц оказалось, что под куполом «Биосферы» накапливается избыточное количество углекислого газа, концентрация кислорода снижается, вредители плодов размножаются быстрее, чем их естественные враги — насекомые, а предполагаемая пища — свиньи — наоборот, набирать вес и размножаться не высказала желания. Проблемы росли, здоровье бионавтов ухудшалось, и чтобы довести эксперимент до конца, участникам стали поставлять кислород и продукты, что было нарушением условий.

После серии неудачных экспериментов 1991-94 годов «Биосфера-2» была передана под научный надзор Обсерватории Земли при Колумбийском университете, а в начале 2000-х — выставлена на продажу. Купивший «Биосферу-2» Аризонский университет в настоящее время проводит междисциплинарные исследования на семи моделях разных экосистем

Исследования и университетская наука

ДОБРОВОЛЬЦЫ НАШЛИ КОРИЧНЕВЫЙ КАРЛИК В КОМПЬЮТЕРЕ



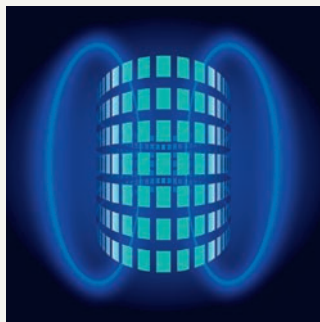
НАСА/К. САНТЕР

Программа «Миры на задворках» (Backyard Worlds) придумана Американским музеем национальной истории и позволяет любому, у кого есть доступ в интернет, исследовать гигантский архив фотографий, сделанный с корабля NASA под названием Wide Field Infrared Survey Explorer (WISE; широкоформатный инфракрасный исследовательский модуль). Добровольцев, включившихся в программу, уже 37 тысяч.

Программа начала работу только 15 февраля — но уже есть первый результат: компьютерные любители астрономии из Тасмании, России, Сербии и США почти одновременно зафиксировали прежде неизвестный коричневый карлик. Существование карлика подтвердили затем астрономы-профессионалы, «разглядевшие» его с инфракрасного телескопа NASA на Гавайях.

Коричневые карлики, которые еще называют субзвездами, фиксируются повсюду на Млечном Пути. Их массы недостаточно, чтобы поддерживать стабильную термоядерную реакцию, но они достаточно горячи, чтобы быть видимыми в инфракрасной части спектра. Масса коричневого карлика обычно сопоставима с массой Юпитера.

МНОГОСЛОЙНАЯ ПАМЯТЬ ТРЕБУЕТ МИНИМУМ ЭНЕРГИИ



ПЕ. СЕВЯКО/ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Группа исследователей из России и Франции во главе с Никола Терселеном и Владимиром Преображенским разработали материал, который значительно сократит энергозатраты при записи и считывании информации, — магнитоэлектрическое запоминающее устройство с произвольным доступом (magnetolectric random access memory, MELRAM). По данным ученых, запись или считывание 1 бита информации будет требовать 1 аттоджуля энергии, что в разы меньше нынешней энергопотребности запоминающих устройств.

Суть открытия — в комбинации магнитоэлектрической и пьезоэлектрической части материала. Магнитоэлектрик представлен сочетанием слоев оксида тербия с оксидом кобальта и оксида железа с оксидом кобальта; несколько перемежающихся слоев такого магнитоэлектрика накладываются на сегнетоэлектрический релаксор (оксид свинца-магния-ниобия, известный чрезвычайно широкой областью фазового перехода), который имеет свойство менять форму под внешним воздействием. Как утверждает доктор физико-математических наук Владимир Преображенский из Института общей физики имени Прохорова РАН, магнитоэлектрически-пьезоэлектрический многослойный материал обеспечивает значительное магнитоэлектрическое взаимодействие при комнатной температуре, что и позволяет сильно сократить затраты энергии.

ШВЕДСКАЯ МОДЕЛЬ БЫЛА ПРОДУКТОМ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ ЭПОХИ

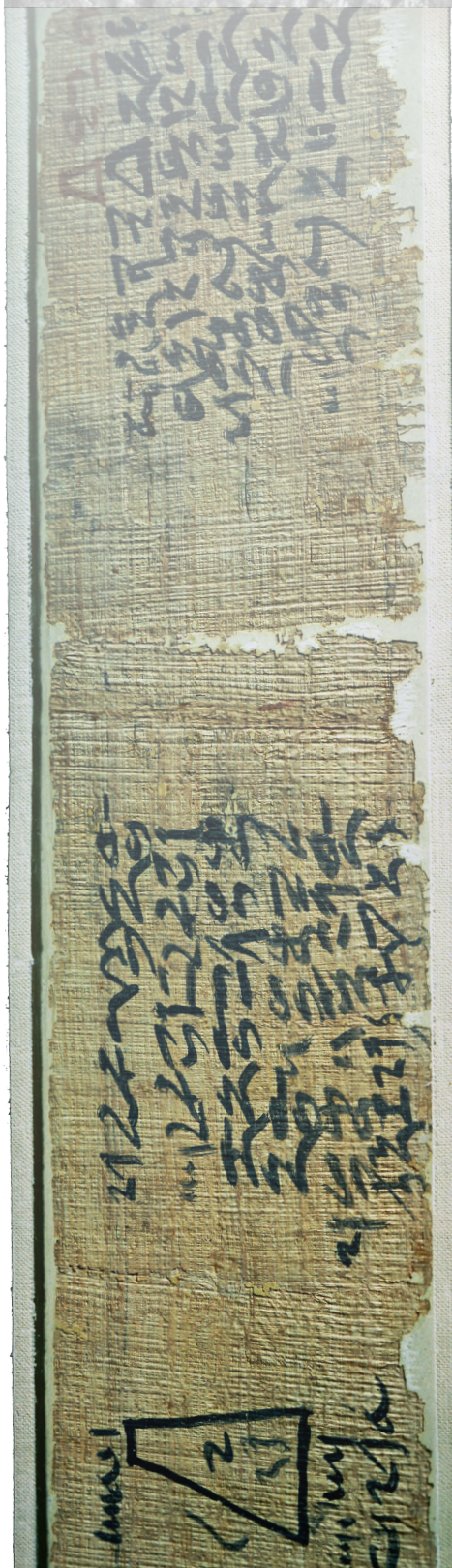


РИ. ГОЛДЕН/БЕРНЕРС

Благополучная в социальном отношении жизнь в Швеции продолжается уже несколько десятилетий, из-за чего так называемая шведская модель экономики или шведская модель социализма стали практически синонимами экономического устройства Швеции. Клиометрическое исследование кандидата экономических наук Игоря Гришина из Института мировой экономики и международных отношений РАН, однако, показывает, что минимум 20 лет это уже не так.

Исследователь провел анализ государственных расходов, полагая, что в период существования «шведской модели» им присуща особая динамика. Как выявил анализ, выражается она в ускоренном росте государственных расходов на протяжении примерно трех десятилетий и в последующем падении — не только при внутристрановом диахроническом, но и при международном синхроническом сопоставлении. По данным МВФ, в 1937 году из «старых капиталистических» стран у Швеции 12-е место, в 1960 году — 6-е, она уступает и Франции, и Германии (Западной), и Великобритании. Но уже в 1980 году Швеция — явный лидер, она намного опережает и средний показатель для «старых капиталистических» стран, и показатели почти всех стран по отдельности. С 1960 по 1980 год доля госрасходов в ВВП Швеции поднялась на 29 п. п., почти в два раза больше, чем в среднем по «старым капиталистическим» странам. Только Бельгия совершила похожий, но все равно не такой высокий скачок.

Однако теперь Швеция откатилась по этому показателю уже на седьмое место, а наиболее социально ориентированными странами, и возможно, пользователями «шведской модели» следует считать Францию и Финляндию, по прогнозу на 2019 год, двух лидеров по доле госрасходов в ВВП.



РИА НОВОСТИ. АФР. PHOTO JOSEBELE/AGE/АФР. АЛЕКСАНДР ОВЧИНКОВ/ТАСС. ВЛАДИМИР МАЛЫГИН/ТАСС. РОЛФ ВЕННЕРБО/ДАТ. ТАСС. АЛЕКСАНДР ЧУЖЕНКО. ВЛАДИМИР ЗИНИН/ТАСС. ТАСС. РИТУ ИМ. ДИ. МЕНДЕЛЕЕВА

Даже в XXI веке человечество не защищено от утери знаний. Так, пожар в библиотеке ИНИОН уничтожил более 5 млн томов. Но, вероятно, скоро проблема будет решена — в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева разрабатывается технология «вечной» цифровой памяти. Цифровой носитель на основе стекла не подвержен старению, не требует специальных условий хранения, устойчив к экстремальным условиям, электромагнитному полю, свету, агрессивным химическим средам, радиации, повышенной температуре, включая открытое пламя.



В ПОИСКАХ ВЕЧНОЙ ПАМЯТИ: ОТ КЛИНОПИСИ НА ГЛИНЕ К НАНОСТРУКТУРАМ В СТЕКЛЕ

Глина, пергамент, папирус, бумага

В 1849 году при раскопках древней ассирийской столицы Ниневии британский археолог Остин Генри Лэйард обнаружил библиотеку клинописных табличек, составленную при царе Ашшурбанапале в VII веке до н. э. — величайшую из древних библиотек. Таблички из обожженной глины прошли невредимыми сквозь тысячелетия, и даже пожар лишь закалил их, не повредив записи. Важность этой находки невозможно переоценить — расшифровав клинопись, ученые открыли историю цивилизации Междуречья.

Но глина была не единственным материалом — уже в эпоху царств Месопотамии и Древнего Египта для записи текстов использовались пергамент и папирус, позже добавилась бумага. Эти материалы могли хранить записи десятки, а то и сотни лет, но были беззащитны перед водой и огнем. В пламени пожара погибла Александрийская библиотека, став печальным символом незащищенности знаний.

К концу Средних веков потребность в доступном материале для записи или печати текстов выдвинула на первое место бумагу. К началу XX века промышленные технологии чрезвычайно удешевили ее, но вместе с тем резко повысили скорость ее старения. Многие сорта современной бумаги деградируют за несколько десятилетий.

Цифровые носители

В компьютерную эру носители цифровых данных за считанные десятилетия увеличили емкость в миллиарды раз. В памяти смартфона можно уместить библиотеку из десятков тысяч книг. Так же стремительно растут скорости записи и считывания данных. Ахиллесовой пятой современных цифровых технологий остается малый срок службы носителей. Даже самые надежные из распространенных типов цифровой памяти подвержены быстрому старению и по сроку гарантированного сохранения данных все еще уступают бумаге.

Вообще, вся история развития носителей информации сопровождается сокращением срока их службы и снижением стойкости к экстремальным условиям. Это оборотная сторона доступности и низкой цены. Магнитные диски и флеш-память надежно сохраняют данные лишь несколько лет и неустойчивы к сильным электромагнитным полям и температуре выше 100°C. Оптические диски хранят данные от 3 до 20 лет, хотя производители порой заявляют в разы большие сроки. Информация на дисках постепенно стирается под действием температуры выше 50–70°C и даже солнечного света, не говоря уже о более жестком излучении. Наиболее надежными носи-

Поляризация

света — упорядоченность в ориентации векторов напряженности электрического **E** и магнитного **H** полей световой волны в плоскости, перпендикулярной распространению света. Различают линейную поляризацию, когда **E** сохраняет постоянное направление, эллиптическую — **E** описывает эллипс, и круговую — **E** описывает круг. Естественный свет не поляризован

телями данных сегодня считаются ленточные накопители (стримеры), в которых информация записывается на магнитной ленте. Именно такие устройства используются для архивного хранения, но и для них срок жизни информации — 15–30 лет, даже при соблюдении строгих требований к окружающей среде. Периодическое копирование информации, обновление парка носителей требуют дорогостоящей инфраструктуры и постоянных расходов на обслуживание электронного архива.

Сегодня проблема сохранения информации чрезвычайно важна как для отдельных людей, так для организаций, компаний, государств — и для человечества в целом. Все больше научных центров и крупных компаний обращаются к проблеме высокостабильной цифровой памяти.

Важным шагом на пути к долгосрочному хранению информации стали разработки в США и выход на мировой рынок с 2010 года так называемых М-дисков (сокращение от *Millennial Disc*, *тысячелетний диск*). В отличие от обычных CD и DVD-дисков, где данные записываются в органическом или полупроводниковом слое, рабочий слой М-диска изготовлен на основе стеклогуглерода. Созданная технология позволила разработчикам заявить о гарантированном сроке хранения данных в тысячу лет. Однако свойства стеклогуглерода и традиционной поликарбонатной подложки делают диск уязвимым к подъему температуры выше 120°C.

Носитель на основе стекла

Создание носителей, устойчивых к внешним воздействиям, требует перехода на более стабильные материалы. В эпоху Ашшурбанапала таким материалом была обожженная глина. В начале третьего тысячелетия новой эры одним из наиболее привлекательных многие ученые считают кварцевое стекло — широко известное в науке и технике стекло состава SiO₂. Оно обладает удивительной термостойкостью, причем выдерживает не только нагрев, но и последующее резкое охлаждение с температур в 1000°C.

Еще в 1996 году исследовательская группа Эрика Мазура из Гарвардского университета предложила способ записи данных в кварцевом стекле путем

Стандартные цифровые носители быстро стареют, неустойчивы к сильным полям и высоким температурам

Носители на основе стекла не подвержены старению и устойчивы к экстремальным условиям

создания локальных дефектов сфокусированным пучком фемтосекундного лазера. Лазер излучает сверхкороткие импульсы длительностью порядка 10^{-13} с (десять или сотни фемтосекунд). При прохождении фемтосекундных импульсов через прозрачную для них среду они поглощаются только вблизи точки фокусировки пучка, где резко возрастает интенсивность лазерного излучения. Это позволяет создавать в глубине материала локальные дефекты размером от одного до нескольких микрон. Таким образом, открывается возможность создания многослойной трехмерной памяти с записью вплоть до десятков и сотен слоев данных в объеме кварцевого стекла. Но в 1990-х годах уровень развития лазерной техники еще не позволял говорить о практически применимой технологии оптической памяти.

В 2003 году международная группа исследователей из Саутгемптонского университета (Великобритания), Киотского университета (Япония) и Шанхайского института оптики и точной механики (Китай) опубликовала работу, посвященную новому типу наноструктур, которые возникают в кварцевом стекле при определенных режимах его обработки лазерным пучком — так называемым нанорешеткам. За счет периодического варьирования показателя преломления с шагом 0,1–0,3 мкм в нанорешетке возникает эффект двулучепреломления. Этот эффект широко распространен в мире кристаллов, но не характерен для стекол — в силу изотропности их свойств. Эффект приводит к тому, что компоненты проходящего через нанорешетку света, поляризованные параллельно и перпендикулярно ее слоям, движутся с разной скоростью, поэтому после прохождения нанорешетки они оказываются сдвинуты друг относительно друга, и этот фазовый сдвиг можно измерить на поляризационном микроскопе. Важнейшим свойством нанорешеток оказалась исключительная термостабильность — при температуре 1000°C они могут сохраняться несколько часов, при 700°C — около полугода, при 400°C — несколько тысячелетий, а при комнатной температуре расчеты срока их существования дают 1020 лет — для истории человечества это вечность.

Спустя десять лет группа из Саутгемптонского университета сформулировала принцип многоуровневой сверхстабильной оптической памяти на нанорешетках в кварцевом стекле. В отличие от обычных оптических дисков, где в каждой точке записи кодируется 1 бит, в каждой нанорешетке предложено записывать сразу несколько битов, которые закодированы в значениях двух характеристик нанорешетки — ее ориентации в стекле и величине фазового сдвига, который возникает между компонентами прошедшего через нее света.

Этими характеристиками можно управлять, изменяя параметры записывающего нанорешетку лазерного пучка. Многоуровневое кодирование позволяет в несколько раз увеличить плотность записи, а возможность многослойной записи нанорешеток открывает пути к ее еще большему увеличению.

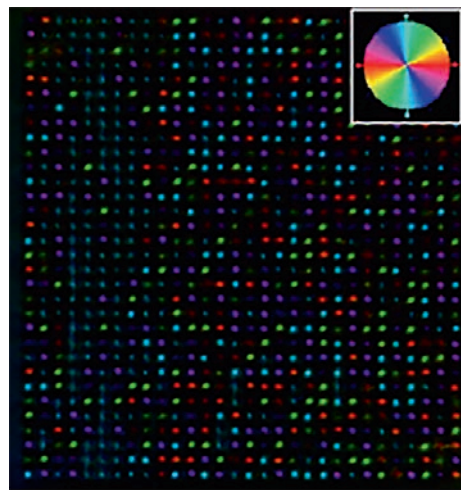
Проект «Кварц»

Несколько лет назад на кафедре химической технологии стекла и ситаллов Российского химико-технологического университета (РХТУ) имени Д.И. Менделеева сформировалась научная группа, работающая в области лазерного микро- и наномодифицирования стекол и кристаллов. Эти исследования оказались быстро востребованными: в конце 2014 года в РХТУ по инициативе и на средства Фонда перспективных исследований был запущен проект «Кварц», задача которого — создание технологии оптической памяти на нанорешетках в кварцевом или другом оксидном стекле с неограниченным сроком хранения данных.

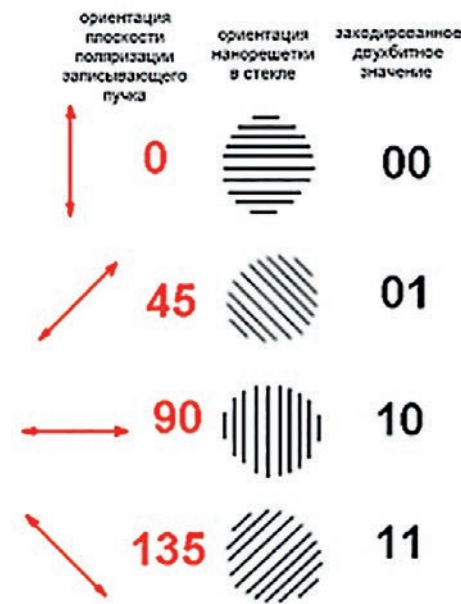
Для выполнения работ по этому проекту при кафедре химической технологии стекла и ситаллов была создана лаборатория лазерного наноструктурирования стекла.

В случае успеха впервые будет создан цифровой носитель информации, который не подвержен естественному старению, допускает неограниченное количество циклов считывания, не имеет специальных требований к условиям хранения, устойчив к экстремальным климатическим условиям, электромагнитному полю, статическим зарядам, свету, а кроме того, обладает высокой устойчивостью к механическим воздействиям, агрессивным химическим средам, радиации, повышенной температуре, включая открытое пламя.

Эта технология не станет конкурентом для флешек или оптических дисков. Ее рыночная ниша — архивное хранение особо важной информации. Такие системы востребованы в государственных архивах, базах данных органов власти, крупных компаниях и медицинских учреждениях, библиотеках и



— Псевдоцветовая микрофотография участка с данными, записанными в виде нанорешеток. Цвет показывает ориентацию нанорешеток (в соответствии с круговой шкалой в углу снимка), а яркость пропорциональна величине фазового сдвига в проходящем свете



— Принцип многоуровневого кодирования 2 бит данных в углах ориентации нанорешетки

фильмофондах. Уже сейчас результаты проводящихся в РХТУ исследований отслеживают некоторые организации, работающие с крупными архивами оцифрованных документов. Высокая стоимость оборудования и носителей компенсируется снижением расходов на инфраструктуру и на регулярную перезапись данных. Ожидается, что, как и для первого поколения компакт-дисков, запись и считывание будут производиться отдельно. Дорогие и громоздкие системы записи будут работать в специализированных центрах, а более дешевые и компактные системы считывания будут доступны многочисленным пользователям. Несмотря на простоту принципа записи, для разработки конкурентоспособной технологии памяти на нанорешетках нужно решить ряд непростых проблем. Сверхстабильное хранение больших объемов данных теряет смысл, если их нельзя быстро записать и считать. Законы физики не обманешь — для формирования в кварцевом стекле высокостабильной нанорешетки, устойчивой к внешним факторам, требуется гораздо больше энергии, чем для записи на оптический диск. Поэтому для записи с высокой скоростью потребуются фемтосекундные лазеры последнего поколения с мощностью до десяти ватт и выше — в десятки раз больше мощности лазеров в приводах оптических дисков. Именно мощность лазера может стать фактором, ограничивающим скорость записи. Как показали последние исследования, механизм записи нанорешетки принципиально требует более одного лазерного импульса, а для заметного сдвига фаз в прошедшем через нанорешетку свете необходимо несколько десятков импульсов. Это увеличивает время записи одной точки до десятков или сотен микросекунд — непозволительно долго по меркам современных записывающих устройств, в которых за секунду сохраняются миллионы бит. Компенсировать длительность процесса записи можно, подобрав материал, в котором нанорешетки записываются двумя-тремя импульсами, или создав многоканальную систему записи. Это отдельная и сложная техническая задача.

Альтернативным решением может стать и использование одноуровневой записи — записи 1 бита в точке, для этого уже не требуется формирование нанорешетки. Одним импульсом можно создать хорошо различимый микродефект и выиграть в скорости записи — но за счет уменьшения плотности хранения информации.

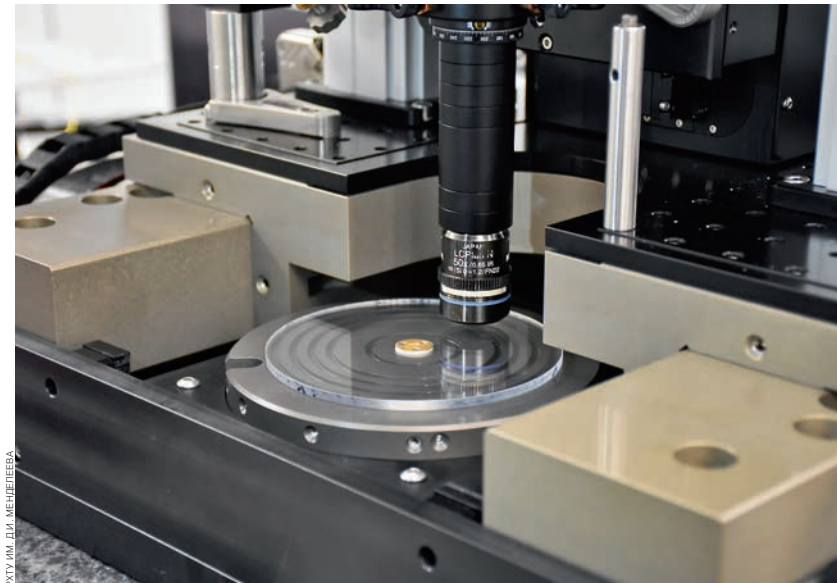
Система быстрого считывания «на просвет» с носителя, содержащего многие слои данных, тоже требует оригинальных решений — как в оптической схеме, так и в электронной системе анализа считанных сигналов, позволяющей «на лету» производить декодирование записанных битов, отделяя их от шумов. Эта задача становится одной из центральных в работе лаборатории.

Сотрудники лаборатории не ограничиваются экспериментами с кварцевым стеклом. Кафедра химической технологии стекла и ситаллов разрабатывает стеклообразные материалы многие годы, и накопленный опыт позволяет вести поиск стекол, которые могли бы превзойти кварцевое. На кафедре исследуются и альтернативные варианты оптической памяти — например, запись за счет локального формирования в стекле люминесцентных свойств, нанокристаллов с высоким показателем преломления и т. д.

Через полгода цикл исследовательских работ и разработка демонстраторов записи и считывания завершится. За ними должна последовать опытно-конструкторская стадия, и можно надеяться, что через несколько лет российские системы сверхстабильной памяти начнут планомерную работу по увековечению нашей цивилизации.

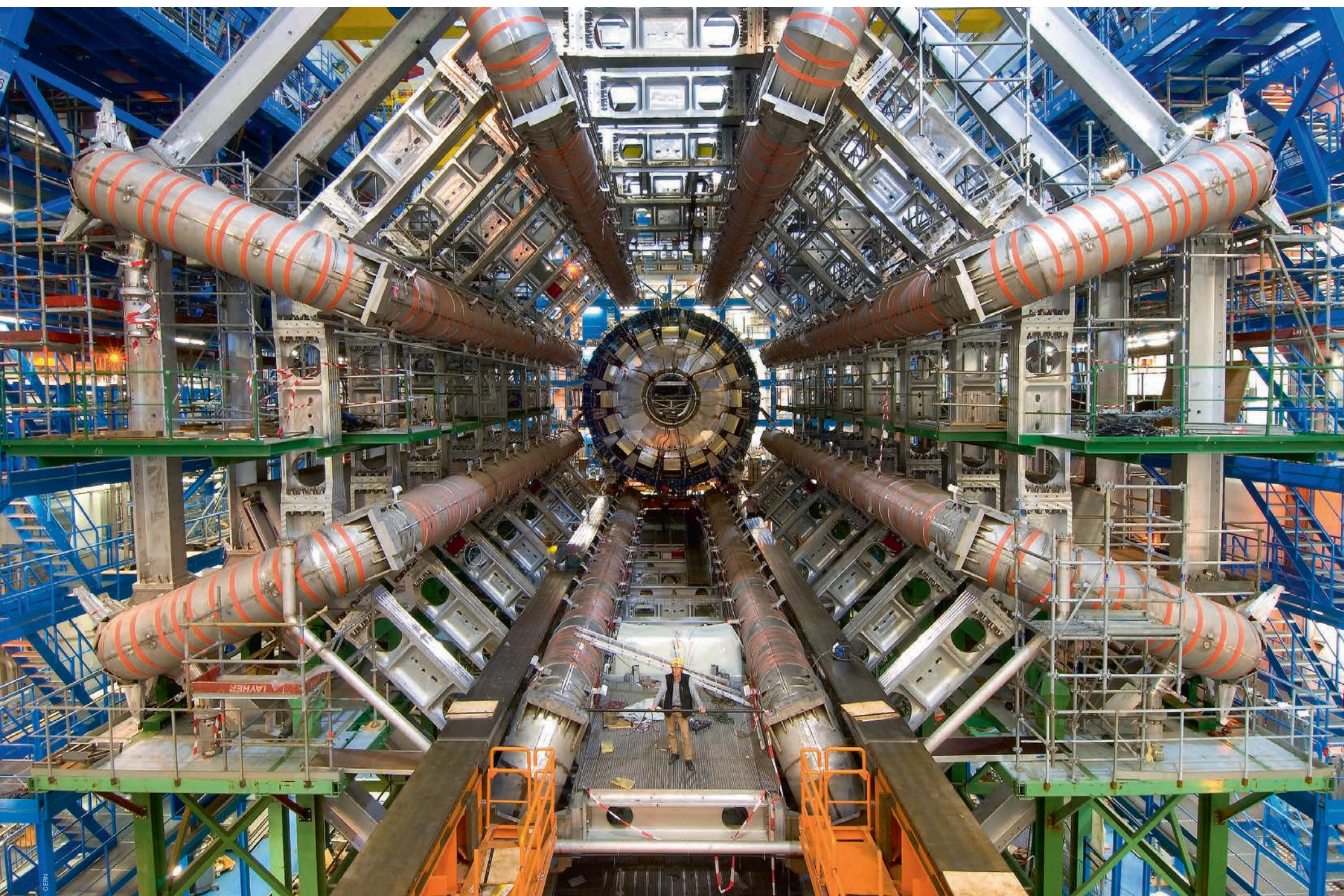
СЕРГЕЙ ЛОТАРЕВ, кандидат химических наук, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

— Образец из кварцевого стекла на экспериментальном стенде записи данных пучком фемтосекундного лазера



ОТКУДА ПРИДЕТ НОВАЯ ФИЗИКА

Физика элементарных частиц находится на пороге принципиально новых открытий. Эпоха создания Стандартной модели — которая объясняет все, что сейчас известно, — фактически завершилась, а эпоха Новой физики еще не наступила. Откуда ждать нового, рассказывает доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Физического института им. П.Н. Лебедева РАН АЛЕКСЕЙ ДРУЦКОЙ.



— Эксперимент ATLAS в CERN —
одна из площадок для изучения
тяжелых кварков

Стандартная модель

Прежде чем рассказывать о том, что происходит в физике тяжелых кварков, нужно обрисовать ситуацию в физике элементарных частиц в целом. А она достаточно сложная. За последние десятилетия была детально разработана так называемая Стандартная модель (СМ), которая позволяет объяснить все известные элементарные частицы и их взаимодействия. Эта модель подтверждена в огромном количестве экспериментов. Как когда-то таблица Менделеева позволила систематизировать известные и предсказать новые химические элементы, так СМ дала возможность систематизировать известные и предсказывать новые частицы. Стандартная модель демонстрирует удивительную симметрию между разными типами элементарных частиц.

В СМ есть три нейтрино с зарядом ноль, три кварка с зарядом 1/3, три кварка с зарядом 2/3 и три лептона с зарядом 1. Дополнительно в СМ вводятся векторные частицы (частицы со спином 1) — чтобы описать сильные, электромагнитные и слабые взаимодействия, кроме того, в СМ вводится бозон Хиггса. Все это позволяет получить хорошее согласие теоретических предсказаний с экспериментами.

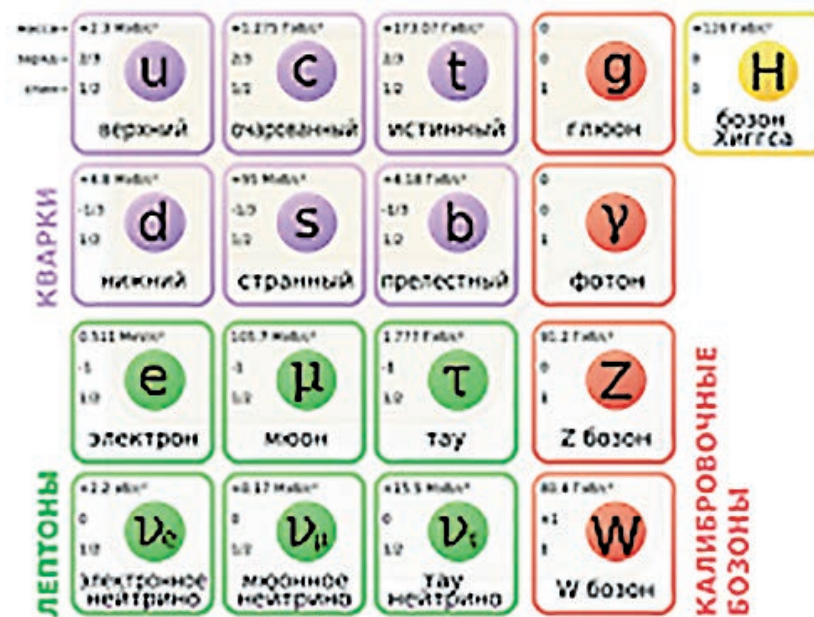
История создания Стандартной модели — это история удивительных успехов, как в наблюдении новых частиц, так и в построении теории. В 1935–1950 годах, в дополнение к ранее открытым электрону, протону и нейтрону, были обнаружены новые элементарные частицы — нейтрино, мюоны, пионы и каоны. Разделение частиц на два класса — лептоны и адроны, а позднее введение понятия кварков позволило провести первичную классификацию частиц и взаимодействий. Дальнейшее развитие было стимулировано открытием в 1970-х годах новых частиц — с «очарованным» с-кварком, «прелестным» b-кварком и t-лептона. В 1980-х годах экспериментальное наблюдение переносчиков слабых взаимодействий, W- и Z-бозонов, а в 1990-х годах t-кварка окончательно сформировало сегодняшнюю конфигурацию СМ. Последней частицей, предсказанной в рамках СМ, был бозон Хиггса, открытый в ЦЕРНе в 2012 году, что явилось полным триумфом Стандартной модели.

Построение Стандартной модели в целом завершено, а что будет дальше, никто не знает. Экспериментаторы стараются найти что-то, что противоречило бы Стандартной модели, теоретики придумывают новые модели, расширяющие ее. Частицы, процессы или модели, возникающие в различных расширениях Стандартной модели, часто называют Новой физикой. К сожалению, пока результатов в поиске Новой физики добиться не удается. Теоретических концепций много, но пока непонятно, какая лучше. В частности, детально изучена Суперсимметрия, но есть и другие перспективные модели. Чтобы на что-то опереться, теоретики ждут статистически значимых указаний от экспериментаторов, а те пока не могут обнаружить явных проявлений Новой физики.

Тут надо сделать небольшое отступление. Дело в том, что экспериментаторы для поиска новых частиц в основном используют ускорители. Поскольку в современных ускорителях сталкиваются летящие навстречу частицы, их называют коллайдерами, от английского collide — «сталкивать». В качестве источников элементарных частиц для исследований используются также атомные реакторы и космические лучи, но не так широко. Использование коллайдеров очень удобно, потому что результат всегда можно проверить, набрав больше данных. Можно построить новый, более мощный коллайдер и изучить новую частицу или процесс более детально.

Материя, антиматерия и темная материя

Однако для понимания физики микромира, кроме коллайдеров, можно использовать астрофизические наблюдения. Так вот, изучая звезды и галактики, астрофизики сделали вывод, что должны быть еще какие-то частицы, которых нет в СМ. То есть астрофизики могут точно сказать, что Новая физика существует, но не знают, как именно она выглядит. Чтобы ответить на этот



— Элементарные частицы Стандартной модели

существовали только видимые звезды и галактики. Это указывает на существование темной материи, которая состоит из каких-то неизвестных частиц Новой физики. Поэтому физики думают, как создать более общую теорию, которая одновременно опишет и элементарные частицы, и астрофизические наблюдения и позволит объяснить саму Стандартную модель.

Между двух эпох

Фактически в настоящее время завершен большой этап развития физики элементарных частиц. Сегодня мы оказались между двух эпох. Эпоха создания Стандартной модели закончилась, а эпоха Новой физики еще не наступила. Какие возможности для науки, а может быть, и практического использования, могут открыться, никто не знает. Будет ли открыто что-то такое, что, как электричество, перевернет нашу жизнь? А может быть, мы просто сделаем еще один небольшой шаг вперед.

Новую физику ищут во всевозможных направлениях. Ищут на Большом адронном коллайдере, где огромные энергии столкновений открывают возможность напрямую наблюдать частицы Новой физики. Строят уникальные подземные детекторы, на которых могут наблюдаться следы темной материи. Строят огромные детекторы для изучения свойств нейтрино, где также можно ожидать проявления Новой физики. Строят коллайдеры с огромной интенсивностью пучков в надежде увидеть редкие процессы, которые запрещены в Стандартной модели.

Новую физику обещают тяжелые кварки

Одним из направлений исследований на коллайдерах с большой интенсивностью — большим числом ускоренных и собранных в узкий пучок частиц — является изучение тяжелых кварков. Тяжелыми называют три кварка, имеющие большую массу: с-кварк, b-кварк и t-кварк. Их название происходит от слов «очарованный» (charm), «прелестный» (beauty) и «верхний» (top). Физики любят использовать красивые названия. Самый тяжелый среди известных частиц, t-кварк, это чрезвычайно интересный объект. Но его свойства сильно отличаются от свойств двух других тяжелых кварков, с-кварка и b-кварка. В одной короткой статье нет возможности обсудить столь разные объекты, поэтому здесь нужно ограничиться рассказом о том, что нового происходит в исследовании свойств с-кварка и b-кварка.

Последние десятилетия идет соревнование, кто построит коллайдер, на котором можно произвести больше частиц, включающих с- и b-кварки. В начале 1990-х годов счет таких так называемых очарованных и прелестных частиц шел на сотни тысяч, затем на миллионы. Сегодня на коллайдерах рождаются десятки и даже сотни миллиардов прелестных и очарованных частиц. Разумеется, важно не только произвести, но и зарегистрировать (или, как говорят, реконструировать) распады этих частиц. Для этого разрабатываются все более сложные детекторы. Интересно отметить, что физики обычно строят два очень похожих эксперимента, которые должны соревноваться между собой. Хотя это вдвое дороже, однако в конечном итоге конкуренция окупается. Конкуренция позволяет быстрее развивать технологии коллайдеров и детекторов, отсеивать ошибочные результаты.

На сегодняшний день большие объемы данных по распадам частиц, включающих с- и b-кварк, накоплены на экспериментах Belle (Япония) и BaBar (США). Эти эксперименты несколько лет назад остановлены. В 2018 году должен стартовать модернизированный Belle II, который позволит увеличить производительность по сравнению с Belle примерно в 40 раз. Изучение с-кварка активно ведется в Китае на эксперименте BES III. Большая статистика по распадам тяжелых кварков накоплена на Тэватроне в США в экспериментах D0 и CDF, которые также уже остановлены. Но самый большой объем реконструированных прекрасных и очарованных частиц имеется в ЦЕРНе (Швейцария) в экспериментах CMS, ATLAS и LHCb. Надо отметить, что эксперимент LHCb специально построен именно для изучения тяжелых кварков.

Спин — собственный момент импульса микрочастицы. Спин имеет сугубо квантовую природу и потому не может быть объяснен как следствие вращения частицы вокруг своей оси. Спин квантовых частиц может быть либо целым, либо полуцелым (в единицах постоянной Планка).

Элементарные частицы — квантовые микрочастицы, которые, по современным представлениям, нельзя расщепить на составные части. Некоторые элементарные частицы, например, протоны и нейтроны, состоят из кварков (однако их все равно нельзя расщепить, это так называемый конфайнмент). Элементарные частицы, не имеющие внутренней структуры, называются фундаментальными.

Кварки — фундаментальные частицы, обладающие электрическим зарядом, кратным одной трети заряда электрона, и не наблюдающиеся в свободном состоянии, но входящие в состав некоторых элементарных частиц.

ТОМСКИЕ УЧЕНЫЕ ТЕСТИРУЮТ В ЦЕРНЕ АЛМАЗНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ

Научная группа Томского политехнического университета принимает участие в обновлении Большого адронного коллайдера (БАК) в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН). Томские ученые анализируют имеющиеся на БАК алмазные датчики с целью их модернизации, а также работают над созданием алмазных детекторов нового поколения.

«Энергии, которые возникают во время экспериментов на БАК, — самые высокие в мире. Условия экспериментов тоже необычные — столкновения частиц происходят каждые 28 наносекунд. Соответственно, нужны надежные и максимально точные детекторы», — отмечает Павел Каратаев, профессор университета Royal Holloway, один из организаторов работы научной группы ТПУ в ЦЕРНе.

Группа ТПУ входит в состав проекта BRIL (Beam Radiation Instrumentation and Luminosity) по измерению характеристик пучка элементарных частиц. Группа работает над повышением надежности существующей системы алмазных датчиков BCML (Beam Condition Monitor Leakage), отвечающей за безопасность на БАК, а также тестирует собственные детекторы из синтетических алмазов, выращиваемых учеными Института физики высоких технологий ТПУ.

По словам Павла Каратаева, в ближайшем будущем ЦЕРН планирует увеличить интенсивность протонного пучка в десять раз. Если это сделать сейчас, не подготовленные к таким нагрузкам датчики попросту перестанут выполнять свою функцию. «Детекторы, которые установлены на БАК сейчас, ведут себя зачастую непредсказуемо, и не всегда удается определить причину различия в их характеристиках. Например, почему из двух одинаковых датчиков один быстро выходит из строя, а другой работает много месяцев. Мы стараемся выяснить, что происходит внутри детекторов, чтобы сделать их точнее и устойчивее к высоким энергиям», — рассказывает Виталий Охотников, инженер Института физики высоких технологий ТПУ, курирующий в ЦЕРНе проект BCML.

«Нам предстоит в течение двух месяцев облучать эти датчики частицами, чтобы определить для каждого свое рабочее напряжение, спрогнозировать скорость износа и другие характеристики», — поясняет Виталий Охотников. — Также мы ставим себе целью разработать детекторы на основе синтетических алмазов и изготавливать их уже на базе ТПУ. Они будут отличаться большей износостойкостью и предсказуемыми рабочими параметрами».

Ученые ТПУ принимают также участие в модернизации системы безопасности BCML ЦЕРНа. Система автоматически отключает ускорители при превышении уровня светимости и радиации.

Первые намеки на Новую физику

За последнее время в физике прелестных и очарованных кварков было получено много интересных результатов. В принципе, распады s - и b -кварков очень разнообразны, уже удалось наблюдать несколько сотен каналов их распадов. Но все же, как было сказано выше, самое важное — это увидеть что-то, что не соответствует предсказаниям СМ. И вот недавно некоторый намек на Новую физику в этой области возник.

Вообще-то за последнее время было уже несколько намеков на Новую физику. В ЦЕРНе, в экспериментах ATLAS и CMS был получен намек на новую очень тяжелую частицу. Через некоторое время статистика была увеличена, и на новых данных сигнал не подтвердился. Затем в тех же экспериментах увидели намек на рождение еще одного, более тяжелого, бозона. И опять при увеличении статистики сигнал не подтвердился. Это было огромным разочарованием для физического сообщества. Результаты, не объяснимые в рамках СМ, бывали и раньше, но все же не столь впечатляющие и не столь обнадеживающие.

Среди физиков давно идет спор, в каком случае новые результаты должны быть представлены общественности. Трудно удержаться, чтобы не заявить, что наблюдается интересный сигнал, даже если его достоверность не слишком высока. Однако если физики обычно понимают, что какой-то сигнал с большой вероятностью может и не подтвердиться, то общественность этого не понимает. Тут необходим баланс между открытостью и ненужной сенсационностью. В любом случае важно объяснять, какой результат не очень надежен, а какой достоверен почти на 100%.

Возвращаясь к физике тяжелых кварков, нужно сказать, что очередной намек на Новую физику появился в распадах B -мезонов. Надежность этого результата пока не очень велика. Однако результат очень интересный и уже имеет немалую статистическую значимость. Надо сказать, что в рамках СМ можно проводить вычисления с высокой точностью. Иногда точность бывает высочайшей, иногда не очень высокой — но не потому, что формулы неточные. Просто некоторые вычисления технически очень сложны. В таких случаях обычно удается оценить, какая точность вычислений достигнута. Тогда получают значение и его неточность (погрешность вычисления), например, 5%.

Так вот, целый ряд измерений относительных вероятностей распадов B -мезонов указывает на различие свойств лептонов. В СМ существуют три лептона: электрон, мюон и τ -лептон (не считая их античастиц) и предполагается, что три лептона во всех процессах должны вести себя одинаково. В рамках этого предположения можно посчитать вероятности распадов B -мезонов с лептонами в конечном состоянии и сравнить их с экспериментом. В нескольких экспериментах, в частности на B -фабриках Belle и BaBar, а также на Большом адронном коллайдере получают различия между расчетами и экспериментальными измерениями. Причем все полученные экспериментальные значения меньше теоретических предсказаний. Естественным объяснением может служить то, что лептоны образуются в процессах, не учтенных в СМ. Такое различие в поведении лептонов назвали нарушением «универсальности лептонного числа».

К сожалению, проведенные экспериментальные измерения имеют большую погрешность и, как следствие, разница между экспериментом и теорией не имеет высокой значимости, пока это лишь намек. Но и пренебречь этим нельзя — полученная разница уже выше стандартного порога, который физики используют, чтобы квалифицировать это как «свидетельство». Пока еще не «наблюдение», для которого установлен более высокий порог, но уже кое-что. Есть и еще одна проблема — нет полной ясности в том, насколько точно проведены теоретические вычисления. Их точность оценивается как очень высокая, но сомнения все же есть. Обсуждается возможность дополнительных поправок, которые не были аккуратно учтены. Вопрос остается открытым: была ли это статистическая флуктуация и разница исчезнет при увеличении статистики, были ли недостаточны точно проведенные вычисления или это будет первым наблюдением Новой физики в виде нарушения лептонной универсальности. Уже и теоретики предложили целый ряд моделей Новой физики, в рамках которых можно объяснить эти отклонения: новые тяжелые векторные мезоны, лепто-кварки, заряженные бозоны Хиггса и некоторые другие объяснения.

Модернизация зоопарка частиц

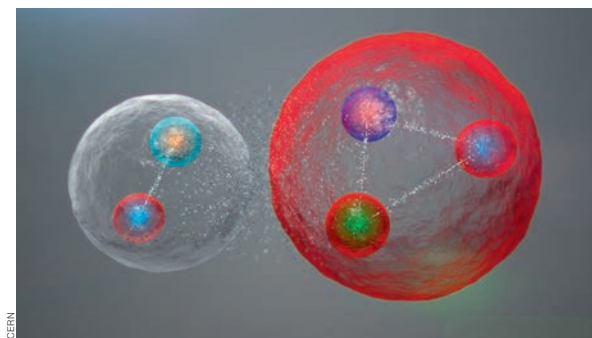
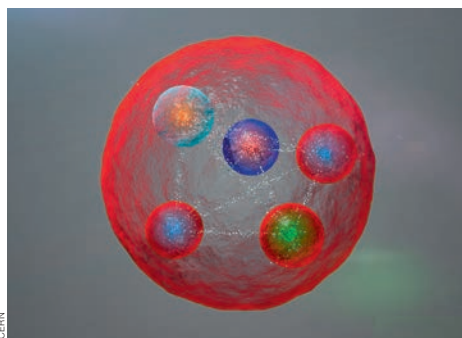
Некоторое время назад в физике s - и b -кварков быстро развилось еще одно интересное направление. Оно не связано с Новой физикой и вполне укладывается в Стандартную модель. Как известно, в СМ есть следующие частицы: лептоны, кварки, фотон, глюон, векторные бозоны и бозон Хиггса. Однако кроме них существует огромное число частиц, которые являются связанными состояниями кварков и антикварков. Эти частицы не совсем элементарные, они состоят из кварков. Такие частицы называются адронами, и их полный набор («зоопарк частиц») можно описать в рамках простого предположения, что они состоят из кварка и антикварка или же из трех кварков (или трех антикварков). Адроны, состоящие из кварка и антикварка, называются мезонами, из трех кварков или трех антикварков — барионами. Однако в рамках СМ ничему не противоречит появление частиц из более сложных наборов кварков, например, двух кварков и двух антикварков, их называют тетракварками. Или четырех кварков и одного антикварка, которые называют пентакварками.

Поиск экзотических частиц, состоящих из большого числа кварков, велся очень давно. Было много «открытий» многокварковых частиц, которые были закрыты при увеличении статистики. В какой-то момент вообще стали возникать сомнения в их существовании. Но за последнее десятилетие неожиданно был с высокой надежностью обнаружен целый ряд таких частиц. В 2003 году коллаборация Belle увидела необычную частицу $X(3872)$. Было много дискуссий, является ли эта частица четырехкварковой молекулой или все же это обычная кварк-антикварковая частица. Сегодня большинство физиков считает, что $X(3872)$ — квантовая смесь того и другого. Но все же однозначно это утверждать нельзя. Однако в 2007 году, тоже коллаборацией Belle, была обнаружена четырехкварковая заряженная частица $X^+(4430)$, которая в принципе не может быть обычной кварк-антикварк-комбинацией. Причем наблюдение было подтверждено другими коллаборациями, надежность результата очень высокая. Затем были найдены и другие подобные частицы. Сегодня известно уже более 20 таких частиц, что позволяет провести их первичную классификацию. Кроме того, коллаборация LHCb обнаружила пентакварки.

Судя по всему, эти новые частицы напоминают молекулы. По аналогии с обычной молекулой, здесь считается, что молекулярная структура многокварковых частиц проявляется в том, что имеются компактные объекты (обычные «старые» частицы), которые между собой связаны не столь сильно. Как будет развиваться это направление по изучению многокварковых состояний, пока до конца не понятно. Кроме слабо связанных молекулярных конфигураций, возможно существование сильно связанных многокварковых конструкций. В любом случае, эти новые частицы позволяют лучше понять, как работают силы, которые не до конца изучены на теоретическом уровне. Возможно, в дальнейшем мы поймем, как создавать эти новые частицы и как они могут быть использованы.

Две представленные здесь темы являются сегодня наиболее привлекающими внимание в физике s - и b -кварков. Хотя в этой области есть и другие новые интересные результаты, в частности в области нарушения CP -четности, в рамках короткого рассказа хотелось остановиться именно на этих двух темах.

— Пентакварки — новые частицы, состоящие из 4 кварков и 1 антикварка. Они могут быть как сильно связанной пятикварковой конструкцией, так и «молекулой» из двух- и трехкварковых образований



«МЫ СОЗРЕЛИ ДО МИРОВОГО УРОВНЯ БЛАГОДАРЯ ТЕРПЕНИЮ АРХЕОЛОГОВ»

Весной 2017 года у сибирских ученых вышло две статьи по генетике древних кочевников. Текст о скифском мире напечатал Nature Communications, а журнал Archaeological and Anthropological Sciences опубликовал более узкое исследование о генофонде знаменитого своей воинственностью племени хунну. Для одной из публикаций сибирские палеогенетики выполняли часть работы, а для второй — всю. Подробнее о работах группы рассказал руководитель межинститутского сектора молекулярной палеогенетики Института цитологии и генетики СО РАН и Института археологии и этнографии СО РАН АЛЕКСАНДР ПИЛИПЕНКО.



— Раннее парное скифское захоронение VIII века до н. э., Тува

— В статье «Происхождение, демография и генетическое наследие кочевников евразийских степей периода раннего железного века» («Ancestry and demography and descendants of Iron Age of the Eurasian Steppe»), которая вышла в Nature Communications, сделана попытка широкомасштабного исследования генофонда представителей скифского мира с разных участков евразийского степного пояса. Протяженность территорий, которые населяли исследуемые популяции кочевников скифской эпохи (~ 1 тыс. до н. э.), составила более 3,5 тыс. километров — от Тувы, Горного Алтая и Минусинской котловины (алды-бельская, пазырыкская и тагарская культуры) до Северного Причерноморья (классические скифы). Ученые из Института археологии и этнографии СО РАН предоставили более трети всех исследованных в работе образцов (пазырыкская культура), а также данные об их археологическом и антропологическом контексте.

— **3,5 тыс. километров в течение 1000 лет. Реально ли проанализировать такую массу материала в одной научной работе?**

— В евразийском степном поясе в течение 1000 лет до рубежа эр существовало великое множество различных популяций, и далеко не все из них вошли в проведенное исследование. Эта работа, безусловно, не дает исчерпывающих ответов на вопросы о генофонде кочевников раннего железного века, а даже, наоборот, ставит новые вопросы. Бывают разные типы исследований. Можно выполнить масштабную, но грубую реконструкцию, а можно детально изучать более узкие темы. Такие журналы, как Nature, предпочитают первый тип работ. Получается масштабное полотно: генетическая картина древности крупными мазками. При детальном изучении, а следовательно, значительном увеличении количества образцов каждой исследуемой группы людей генетическая картина будет неизбежно меняться.

— **То есть в исследование вошли почти все кочевники первого тысячелетия до нашей эры, которых историки и археологи считают скифами?**

— Лучше сказать, что они имели отношение к скифскому миру или были носителями скифской культуры, поскольку само понятие «скиф» скорее культурное, чем генетическое. Всем известна так называемая скифская триада — характерные для скифской культуры предметы: оружие (меч акинак), конское снаряжение и звериный стиль орнаментов. Классическими скифами принято считать причерноморских, поскольку долгое время они считались самыми ранними. Позже в Туве были найдены более древние памятники раннего скифского времени, включая знаменитые Аржан-1 и Аржан-2.

Итак, из восточных носителей для генетического анализа были взяты образцы материалов с Аржана-2, а также представителей тагарской культуры. С запада — причерноморских скифов и сарматов, а с юга Сибири (Алтай) — образцы от представителей пазырыкской культуры. Главный вопрос, долгое время волновавший всех историков и просто образованных людей, — как связаны между собой кочевники скифской эпохи из западной и восточной Евразии, в культуре которых прослеживается множество общих черт? Было ли это одно и то же население, которое разбрелось по всему степному поясу Евразии, или за счет кочевого образа жизни и культурного обмена происходил также и обмен генетическим материалом между разными древними популяциями?

— **Вы ведь анализируете не только древнюю ДНК от разных культур, но и сравниваете ее с генофондом современных жителей тех же регионов? Зачем это нужно? Разве можно проследить связи какого-то современного народа с древним?**

— Прямых связей в большинстве случаев не может быть. Но какие-то отдельные компоненты, маркирующие участие древних предков в формировании современных популяций, обнаружить реально. А бывает, что и компонентов нет, но схожим образом выглядит сам механизм формирования генетики древних и современных популяций. Например, древние тюрки сформировались при взаимодействии популяций из восточной и западной Евразии. Поэтому у всех тюркских народов очень разнообразный, «контрастный» генофонд. У восточных скифов (пазырыкцев) картина очень похожая. Попытка найти в этой гремучей смеси какие-то конкретные предковые группы — очень сложная задача.

— **Тем не менее в работе есть вывод о связи скифов с современными тюркскими народами.**

— Связь не в прямом смысле. Существует стандартная методика, когда берутся разные контрастные популяции со всей Евразии и оценивается степень их сходства с исследуемой древней популяцией. Из всех современных народов евразийских степей относительно близки по составу генофонда к скифам оказались только тюркоязычные. Не простое отношение типа «предки — потомки», а сходство механизмов формирования и участия в нем генетических компонентов породило эту связь. Тюрки сформировались благодаря взаимодействию древнетюркских племен,



— Реконструкция скифского воина из погребения Олон-Курун-Гол (Д.В. Поздняков)

ПАЗЫРЫКСКАЯ КУЛЬТУРА

Ареал ее распространения — Горный Алтай, причем большинство памятников расположены в пределах российского Алтая. С севера ограничивается степными районами, на юге в монгольском Алтае вдоль южных склонов Салюгемского хребта, на западе по границе с Тувой, на востоке — восточные склоны Алтая. Первые раскопки пазырыкских памятников Берель и Катанда проведены в 1865 году академиком В.В. Радловым.

Особую известность пазырыкская культура получила благодаря раскопкам Пазырыкского могильника (первый курган исследован М.П. Грязновым в 1929 году, четыре остальных — С.И. Руденко в 1950-е годы). Курганы содержали линзы мерзлоты в погребальных камерах, благодаря которым сохранились высокохудожественные предметы из дерева, кожи, меха, войлока. Как археологическая культура выделена В.Н. Чернецовым. Культура относится к скифскому времени (VI–III века до н. э.).



— Скифский всадник на коне. Реконструкция костюма по материалам мужских погребений Укока (Д.В. Поздняков)

мигрировавших с Алтая и восточных территорий, со степным населением. Они оседали, смешивались с местными группами. Так образовались различные тюркские народы, сформировались их специфика в разных регионах. Подобным образом формировались и скифские популяции — при участии различных генетически отличающихся групп. Баязит Юнусбаев, сотрудник Эстонского биоцентра, недавно опубликовал статью, в которой указал на сохранившийся в ядерном геноме у всех древних тюрков общий компонент, который доказывает общий источник их расселения. Но этот исходный компонент минимальный, а основное приобретено за тысячелетия кочевничества и взаимодействия с окружающими популяциями. Разумеется, мигрируя по всей евразийской степи, тюрки включили в себя и скифский генофонд. Но это не значит, что скифы — прямые предки тюрков. Нужно пояснить, как вообще формировались народы в степной зоне Евразии. Пришли скифы — оставили свой пласт генетики у местного населения. Потом тюрки — свой. Во времена монгольской империи мощный отпечаток наложили монголы. Все перемешалось, и получилось современное население, для которого бессмысленно искать единственных или основных прямых предков. Но для научного понимания исторической картины и взаимодействия разных популяций генетические компоненты вычленять необходимо.

— **Вы выделяете в своей работе западные и восточные группы скифов...**

— Западные и восточные генетические компоненты в разных пропорциях вошли в основу всех популяций, проанализированных в нашей работе. Они вполне логично распределились практически по географическому признаку — чем восточнее, тем больше восточных компонентов, чем западнее — тем больше западных. Но сформировались эти скифские группы независимо из разных генетических источников, а не из какой-то одной популяции. Просто за 1000 лет кочевничества по евразийским степям они активно обменивались генами, сохраняя при этом исходные различия.

— **Под западными и восточными компонентами, видимо, имеются в виду монголоидный и европеоидный антропологические типы?**

— Если бы я был антропологом, я бы ответил утвердительно, поскольку в их науке эти слова являются терминами, которые описывают особенности внешних признаков человека. В палеогенетике принята своя терминология и международная социальная этика. Мы, генетики, употребляем термины восточноевразийский и западноевразийский, под которыми понимается соответствующее исходное географическое происхождение генетических компонентов. Или, например, в нашей работе по генетике хунну мы говорим о генетическом составе, типичном для центральноазиатского населения.

Западные и восточные генетические компоненты в разных пропорциях вошли в основу всех популяций, проанализированных в нашей работе

Кто такие хунну

Археологи изучают культуру хунну уже более 100 лет, но материалы раскопок по-прежнему слабо соотносятся с данными китайских хроник — единственным письменным источником об этой культуре.

— В археологических данных о хунну есть то, о чем молчат китайские летописи, — поясняет соавтор работы, главный научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН Наталья Полосьмак, руководитель многолетних работ на памятнике Ноин-Ула в Северной Монголии. — После изучения курганов хуннской элиты мы выяснили, что влияние культуры Китая на кочевников было довольно значительным. Основная часть предметов, обнаруженных в могилах хуннской знати, производилась в Китае или китайскими мастерами и лишь изредка была западным импортом.

К началу нашей эры хунну удалось подчинить своему влиянию весь Западный край и практически отрезать китайцев от прямых торговых путей в западные страны. Поэтому можно предполагать, что у хунну были тесные культурные связи и с западными цивилизациями, а в общество хунну входили не только хань-

цы и представители степных племен, но и выходцы из городских цивилизаций Запада. В погребениях хуннской знати, кроме китайских вещей, обнаружены шерстяные ткани, вышитые пологи, великолепные серебряные украшения и другие изделия, изготовленные далеко к западу от монгольских степей.

Из древних китайских летописей известно, что держава хунну в период расцвета была связана с империей Хань договором «мира и родства», а их правители называли друг друга братьями. Это означало, что китайских принцесс выдавали замуж за шаньюев.

Женами шаньюев стали четыре ханьские принцессы. На двух из них женился сам основатель империи хунну Модэ, а на двух других — его сын и внук. Хотя последний такой брак был заключен в 135 году до н. э., в 33 году до н. э. Юань-ди, 11-й император династии Хань, пожаловал правителю хуннов пять красавиц из своего гарема. Одна из наложниц стала любимой женой шаньюя и родила ему сыновей. Эти факты позволяют допустить, что у элиты хунну могла быть и толика китайской крови.

Родственные связи с иноплеменниками могли быть характерны не только для элиты, но и для всего хуннского общества. Кочевников всегда было меньше, чем земледельцев, а постоянное участие хунну в военных действиях сокращало и без того немногочисленное население степи. Собственно, и сейчас территория Монголии — одна из самых малозаселенных в мире. Возможно, хунну должны были пополнять свои быстро редуцируемые семьи включением в состав родов и племен пленных и перебежчиков: китайцев, усуней, жителей Западного края (современного Синьцзяна), ухуней... Известные российские антропологи В.П. Алексеев и И.И. Гофман приводят результаты исследований двух хуннских могильников Монголии: «Материал из одного могильника отличается резко выраженными монголоидными особенностями, а из второго — европеоидными».

Женский генофонд хунну сохранился в Забайкалье

Основная часть археологических и исторических данных о хунну касается не антропологии, а их материальной, духовной культуры и социального устройства. Но культурные процессы ничего не говорят нам о генетических изменениях и не всегда идут параллельно с ними. В этом заключается одна из основных сложностей интерпретации археологического материала. Французские ученые первыми опубликовали генетические данные о рядовых хунну, живших на территории Северной Монголии. Сибирские исследователи использовали их в своей работе как сравнительный материал.

— Для исследований использовались фрагменты костей из археологических памятников Забайкалья. Мы обнаружили относительное единообразие генетического состава — преобладание типичных для восточной части евразийских степей генетических компонентов, — сообщил ученый. — Сравнение митохондриальной ДНК забайкальских и монгольских хунну показало, что при похожей общей структуре их генофонды отличаются.

У забайкальских хунну, в отличие от монгольских, ученые не обнаружили компоненты западноевразийского происхождения, а также выявили несколько восточноевразийских вариантов митохондриальной ДНК, которых у монгольских не оказалось.

Локальная вариабельность генофонда хунну, уверен Александр Пилипенко, имеет историческое объяснение. Ко времени, когда хунну появились в Забайкалье и Монголии (II век до н. э.), они уже представляли собой союз многих племен — подчиненных, завоеванных и объединенных. Такая многокомпонентность объясняет генетические различия между отдельными группами хунну.



— Группа межинститутского сектора молекулярной палеогенетики

АРЖАН-1

Погребально-поминальный комплекс Аржан-1, один из самых ранних курганов скифо-сибирского мира, был раскопан М.П. Грязновым и М.Х. Маннай-оолом в 1971–1974 годах.

По хронологической системе, предложенной Л.С. Марсадаловым, курган датируется приблизительно 800 годом до н. э. (820–740). Другие же исследователи, прежде всего Н.Л. Членова, омолаживают курган, перенося дату его сооружения в VII век до н. э. Исследования древесных спилов позволили установить, что курган был сооружен единовременно осенью, в сентябре.

Само название «Аржан» переводится с тувинского как «источник»: в углублении на поверхности кургана долгое время находился родник, считавшийся у тувинцев священным. Таким образом, ближайший поселок получил свое название по кургану, а не наоборот, как обычно бывает в археологической практике. Первоначальный диаметр курганной насыпи — 120 м, высота 3–4 м. В 20-е годы XX века родник иссяк, затем насыпь была разобрана на строительные нужды. Первоначальный диаметр курганной насыпи — 120 м, высота 3–4 м. Аржан-1 — самый большой по диаметру среди тувинских курганов.

Несмотря на то что курган был разграблен в древности, в нем удалось найти оружие и великолепные предметы прикладного искусства.

АРЖАН-2

Погребально-поминальный комплекс был раскопан Центральноазиатской экспедицией Государственного Эрмитажа под руководством К.В. Чугунова, Г. Парцингера и А. Наглера в 2000–2004 годах в рамках совместного проекта с Германским археологическим институтом.

Этот курган был возведен примерно на 150 лет позже Аржана-1 в 9 км от него. Он меньшего размера, диаметр насыпи — 80 м, высота — 2 м. Помимо самого кургана, комплекс включал кольцевые каменные оградки, внутри которых обнаружены пережженные кости животных, и каменные башни (высотой до 1 м), рядом с которыми найдены кости лошадей.



— Могильная яма хуннской знати с каменными перекрытиями, Ноин-Ула

Сравнительный анализ полученных данных о древних племенах и данных о современном населении Центральной Азии и других регионов Евразии показал, что, несмотря на «этнический калейдоскоп» в степях Евразии в гунно-сарматское время и последующие периоды, (за две тысячи лет!) структура женского генофонда населения забайкальских степей изменилась слабо, сохранив многие генетические черты хунну.

Это уникальное обстоятельство представляет большую ценность для всех специалистов, изучающих хунну: генетиков, археологов, историков и этнографов. Ведь на соседних территориях наблюдается совершенно иная генетическая картина: в Синьцзяне и особенно в Алтае-Саянском регионе разные племена и народы стремительно сменяли друг друга на протяжении последних тысячелетий.

Здесь работают с древней ДНК

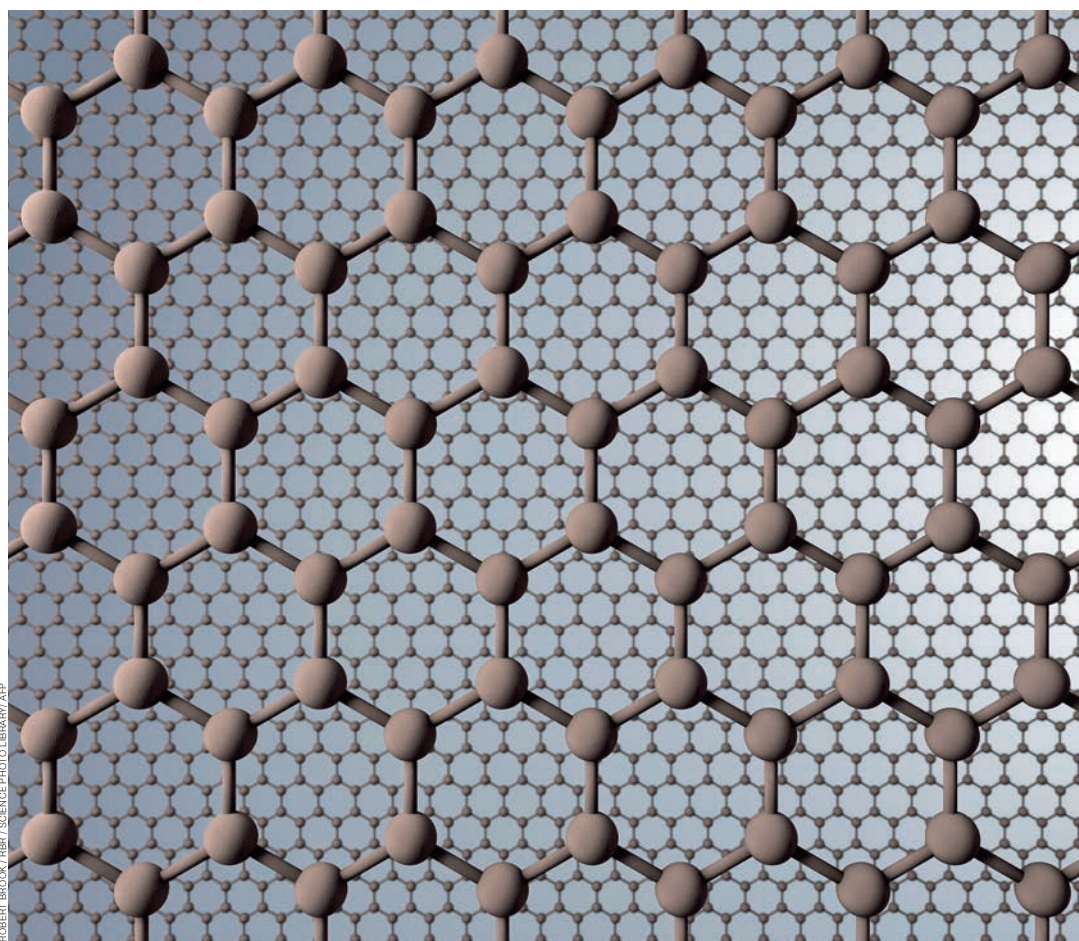
Первые исследования древней ДНК в новосибирском Академгородке были проведены в 1990-х годах по инициативе Института археологии и этнографии СО РАН, поскольку археологам хотелось получить как можно больше информации о найденных ими алтайских мумиях. Академгородок — самая подходящая среда для междисциплинарных работ. Химики взялись анализировать пигменты, которыми были окрашены одежды мумий, физики провели томографическое исследование, а генетики решили попробовать выяснить происхождение пазырыкских мумий. — Эти анализы производили специалисты по генетике современных людей, поскольку для работы с древней ДНК не было ни условий, ни обученных узких специалистов. Своими первыми результатами, которые удалось тогда получить, генетики были обязаны великолепной сохранности мумий. Из-за вечной мерзлоты, в которой они пролежали более 2 тыс. лет, их ДНК была по сохранности почти как современная. Но это уникальная, совершенно нетипичная ситуация. Основной объем древнего антропологического материала — это кости скелета. Но для проведения их генетического исследования необходимо создать отдельное междисциплинарное направление работ и оборудовать специальные лаборатории.

Основная проблема палеогенетики — это плохая сохранность древней ДНК, следовательно, высокий риск ее загрязнения современной ДНК. Со всех живых людей, включая генетиков, постоянно «сыплется ДНК». Вот для чего им необходима спецодежда — маски, очки, специальные костюмы, напоминающие скафандры, перчатки и прочие меры защиты костного материала. Параллельно с новосибирцами в 1990-е годы пытались заниматься анализом древней человеческой ДНК и другие российские лаборатории. Но попытки вести эти исследования одновременно с обычными генетическими анализами не увенчались успехом. Мировой опыт показал, что в этом вопросе нужна специализация.

— Я был еще аспирантом, когда стал официально руководить дипломными работами по палеогенетике у студентов НГУ: для создания отдельного направления работ нужны были люди, хорошо владеющие методиками. Большой коллектив был не нужен, нас и сегодня всего шестеро. Создать в наше время принципиально новую лабораторию, у которой на начальном этапе долгие годы не будет окончательных результатов, очень непросто. Мы появились, выжили и созрели до мирового уровня работ благодаря терпению археологов, их пониманию важности происходящего и вере в наш успех. Почти все зарубежные публикации по палеогенетике человека с участием российских ученых до недавнего времени ограничивались передачей иностранным коллегам костных материалов и включением в соавторство. Собственно эксперименты с древней ДНК проводились в зарубежных лабораториях. Ситуация изменилась. В России появилась палеогенетика человека.

КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ ГРАФЕНОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РОССИИ

Графен — монослой атомов углерода, открытый всего несколько лет назад, стремительно завоевывает новые области применения. «Ъ-Наука» предлагает обзор российских научно-технологических исследований и коммерческих применений графена и его производных.



ROBERT BROOK/IBBM/SCIENCE PHOTO LIBRARY/AP

После того как в 2010 году наши соотечественники, работающие в Англии Андрей Гейм и Константин Новосёлов, получили Нобелевскую премию за открытие графена, в мире развернулась графеновая научно-техническая гонка. В 2016 году было учтено 25 тыс. научно-технических публикаций по графену. Особенно масштабные научно-исследовательские работы финансируются в Китае, США и Южной Корее. Инновационные компании срочно включают графеновые продукты в свои стратегии. Наблюдается резкое снижение цен на графен. В частности, за 2010–2016 годы цена на монослойный графен, получаемый методом химического осаждения из газовой фазы, упала на три порядка и, как ожидается, в ближайшие годы еще снизится. Сходным образом за это же время упала цена на графеновый порошок и на графеновые наночастицы, сейчас для коммерческих материалов она составляет \$250–300 за килограмм.

Основные драйверы мирового научного рынка графена представлены в таблице на стр. 38.

Из-за сравнительно высокой стоимости графена потреблять его способны только некоторые отрасли. В первую очередь те, где вклад графена в себестоимость экономически оправдан из-за огромной стоимости конечного продукта, например аэролайнера из композиционных материалов. И, разумеется, перспективны все миниатюрные устройства, где расход графена мал, например датчики окружающей среды и анатомические биосенсоры.

Наука и графен в России

В России исследователи графеновых материалов сконцентрированы примерно в 50 организациях, в основном в системе ФАНО. Перечень и научная

тематика основных научных коллективов представлены в таблице на сайте «Ъ-Науки».

Так, в **МФТИ** в лаборатории нанооптики и плазмоники разрабатывают биосенсоры с использованием графена. Основные области применения продукта — научные и фармацевтические исследования. Метод биодетектирования на основе технологии поверхностного плазмонного резонанса (Surface Plasmon Resonance, SPR), к которому относятся биосенсорные чипы, включен в европейские и американские регламенты по разработке лекарств. Графеновые биосенсоры перспективны для диагностики опасных заболеваний на ранних стадиях, контроля качества продуктов питания, мониторинга состояния окружающей среды и в ветеринарии. По мнению сотрудника лаборатории Юрия Стебунова, наиболее крупные потенциальные потребители биосенсорных чипов — фармацевтические компании, центры тестирования лекарств и научные лаборатории.

Ключевыми составляющими биосенсорных чипов являются металлические нанопленки и связующие слои на основе графена и оксида графена. Толщина металлических пленок составляет 30–50 нм, точность их напыления <2 нм. Толщина связующего слоя варьируется от одного монослоя графена (0,34 нм) до нескольких десятков слоев.

Важно, что биосенсорные чипы совместимы со всеми коммерческими безмаркерными SPR-биосенсорами и имеют в 30 раз более высокую чувствительность по сравнению с существующими аналогами. По состоянию на май 2017 года в МФТИ изготовлена тестовая партия графеновых биочипов в количестве 100 штук.

В Якутске в лаборатории «Графеновые нанотехнологии» **Северо-Восточного федерального университета** разработаны технологии создания нескольких продуктов на основе графена. Как пояснила заведующая лабораторией Светлана Смагулова, лаборатория оснащена современным оборудованием, которое позволяет синтезировать графен, измерять его параметры и создавать электронные приборы на основе графена. Оксид-графеновые суспензии получают двумя методами: электрохимическим и модифицированным методом Хаммера. Мелкими партиями продаются следующие продукты:

- фторографеновые суспензии,
- чернила для 2D-печати электронных структур на гибких подложках (оксид-графеновые, фторографеновые),
- порошок оксида графена,
- графеновые пленки, выращенные методом химического газофазного осаждения на медной пластине,
- графеновые пленки, перенесенные на гибкую подложку для создания прозрачных проводящих электродов и сенсорных экранов смартфонов,
- люминесцирующие углеродные квантовые точки, размерами 3–5 нм, синтезируемые гидротермальным методом для создания оптоэлектронных приборов,
- сенсор влажности на основе графеновой пленки,
- сенсор влажности на основе оксида графена.

В **Институте неорганической химии СО РАН** выявлены закономерности изменения характеристик в серии новых малослойных графенов из соединений типа C₂F-xR (интеркалятов фторграфита). Разработаны методики перевода графена в устойчивые дисперсии в жидких средах: нековалентная функционализация (обработка в полярных органических растворителях) и ковалентная функционализация за счет присоединения кислородных

— Графен — слой атомов углерода толщиной в один атом

ДВА ОСНОВНЫХ СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА ГРАФЕНА

Синтез (например, химическим осаждением из газовой фазы, эпитаксией, плазменными технологиями и т. д.). Расщепление графита через интеркалированные соединения кислорода или фтора (то есть через внедрение между слоями графита «посторонних» атомов или молекул).

Соответственно, сырьем являются газообразные соединения углерода либо природный графит.

поверхностных групп. Разработаны методы получения азот-модифицированных графенов через взаимодействие интеркалятов типа C2F-xR с различными азотсодержащими реагентами и фторированного графена состава C2F с ковалентными C-F-связями. Старший научный сотрудник, кандидат химических наук Виктор Макоченко рассказал нам о том, что практическая значимость исследований состоит в целенаправленном получении новых материалов на основе графена, включая тонкие проводящие прозрачные пленки, прочную и гибкую «графеновую бумагу», композиты с высокой прочностью, катализаторы.

В АО «НИИГрафит» исследованы методики получения суспензий мало-слойных графеновых частиц. Описаны многочисленные методики контроля качества соответствующих суспензий. Полученные данные свидетельствуют о технологичности метода, возможности его непрерывной организации для получения малослойных графеновых частиц с высоким выходом в виде стабильных водных и водно-спиртовых суспензий. Описаны общие методики определения свойств пьезодатчиков с графеновыми покрытиями.

В 2015 году «НИИГрафит» получил грант на разработку гибридных композиционных пьезодатчиков от российско-израильской программы. В проекте российский участник отвечает за графеновую технологию, израильский — за пьезооснову датчиков. Обе стороны имеют технологические патенты, по результатам будет подана заявка на совместный патент. «Совместная электронная разработка обладает рядом принципиально новых свойств и найдет применение в тачскринах смартфонов, дисплеях современных компьютеров, — говорит начальник отдела инновационного развития и перспективных разработок АО «НИИГрафит» Владимир Самойлов. — Хорошие перспективы у пьезодатчиков и в авиации — транспортной, пассажирской, беспилотной. Первая их функция — энергосберегающая. Энергию, выработанную в полете с помощью пьезодатчиков, можно использовать для освещения салона или антиобледенительного обогрева корпуса самолета. Вторая задача — предупреждение аварийных ситуаций, применение в системах сигнализации о перегрузках, которые испытывает воздушное судно».

Графен — слой атомов углерода толщиной в один атом

Российские стартапы

ООО «АкКо Лаб» (Москва), созданное в 2009 году, специализируется на разработке и изготовлении уникальных инновационных материалов. Компания ведет работы по следующим направлениям:

1. высокоэнергоемкий литий-ионный аккумулятор;
2. полностью углеродный суперконденсатор;
3. технологии изготовления элементов микроэлектронных устройств методом струйной 2D-печати чернилами, содержащими графен и функциональные наночастицы.

ООО «АкКо Лаб» производит и продает образцы графена и оксида графена как в виде порошков («чешуек»), так и в виде дисперсий в воде или в органических растворителях:

1. дисперсия оксида графена в воде (концентрация до 4 мг/мл),
2. графеновый порошок (размер чешуек примерно 2 мкм, их толщина 1–2 нм),
3. дисперсия графена в органических растворителях.

В декабре 2016 года был распространен пресс-релиз о разработке тонкого конденсатора на основе оксида графена. Установлено, что гель из оксида графена имеет хорошую адгезию к большинству электропроводников. А пленки из оксида графена имеют достаточную прочность для формирования электрического сепаратора. Electroды сформированы из восстановленного оксида графена. То есть между двумя выходными электродами помещают оксид графена, а затем прилегающие к электродам слои оксида восстанавливают до графита. Созданы образцы конденсатора толщиной 3 мкм и емкостью 1 мФ/кв. см, работоспособного при напряжении до 1,5 В. Саморазряд таких конденсаторов зависит от качества и однородности пленок оксида графена.

ООО «Русграфен» (Москва) создано в 2015 году при Институте общей физики РАН. Оно специализируется на производстве графена методом химического газофазного осаждения (CVD — chemical vapor deposition) на подложку. В ассортименте продукции компании есть как монослой графена на меди, так и многослойные графеновые пленки на никеле, также имеются в продаже перенесенные монослойные и многослойные графеновые пленки на различные подложки с максимальным размером до 80 кв. см.

Компания предлагает оборудование для синтеза графена методом химического газофазного осаждения — это компактная вакуумная установка с возможностью синтезировать графен размером 20x30 мм на металле за 30 минут.

В лаборатории спектроскопии наноматериалов, на базе которой организована компания, с 2009 года ведутся исследования графена, опубликовано

ОСНОВНЫЕ ДРАЙВЕРЫ МИРОВОГО НАУЧНОГО РЫНКА ГРАФЕНА

Драйвер	Эффекты применения графена	Стадии коммерциализации
Аэрокосмический сектор	Рост безопасности полетов Снижение расхода топлива Увеличение всепогодности	Экспериментальные образцы
Автомобильная промышленность	Облегчение конструкций Снижение себестоимости Увеличение срока службы	Промышленные испытания, краш-тесты
Биомедицина и здравоохранение	Биосенсоры Нейрокомпьютерные интерфейсы	Углубленные исследования Клинические испытания
Электроника	Гибкие экраны Прозрачные электроды Запоминающие устройства	Крупносерийное производство отдельных элементов
Малая энергетика	Батареи для мобильных устройств Аккумуляторы для электротранспорта Солнечные панели Термоэмиссионные преобразователи	Крупносерийное производство литий-ионных аккумуляторов Промышленные испытания
Экология	Датчики Фильтры для воды и воздуха	Промышленные испытания Мелкосерийное производство

Источник: «Б-Наука».

__Определения графена

Международный союз теоретической и прикладной химии (IUPAC) определяет графен как единственный слой углеродных атомов графитоподобной структуры. Согласно ГОСТ Р 55417-2013, графен — это монослой атомов углерода, в котором каждый атом связан с тремя соседними, образуя, таким образом, сотовую структуру. Как видно, трактовка ГОСТа шире, чем определение IUPAC. Принципиально, что графен имеет одноатомную толщину. На практике к графенам относят не только монослои и монослойные ленты, но и сдвоенные слои билэйеры, строенные слои трилэйеры и ГНЧ — графеновые наночастицы (пакеты из 5–10 слоев), которые часто называют многослойным графеном, МСГ или графеновые нанопластины, ГНП. В частности, так называемый АВ-билэйер обладает ярко выраженными полупроводниковыми электропроводящими свойствами. Причем этими свойствами можно управлять с помощью внешних электромагнитных полей или легирования (добавления примесей), реализуя тот или иной тип полупроводникового элемента.

более 15 научных работ в международных журналах. В наиболее интересных из них представлены результаты по созданию газовых сенсоров на основе CVD-графена, а также использование CVD-графена в качестве детектора терагерцового излучения и в качестве нелинейного оптического элемента для ультрабыстрых волноводных лазеров.

ООО НПО «Графеновые материалы» (Санкт-Петербург) является производителем фторированных и малофункционализованных графеновых материалов, обладающих уникальными физико-химическими и технологическими свойствами и находящих применение в различных отраслях. Мультислойный графен производится из природных графитов различных марок и обладает степенью расширения графитовой решетки, значительно превышающей традиционные формы расширенного графита по методу Хаммерса. Мультислойный графен является основой для получения графеновых пластин. После ультразвуковой обработки в жидкой среде переходит в малослойный графен с толщиной частиц от 0,34 до 4 нм. Компанией предлагается мультислойный графен различной функционализации.

ООО «Карболайт» (Долгопрудный) создано в 2004 году. Компания производит графен по модифицированному методу Хаммерса. Совместно с ООО «Конгран» ведется разработка суперконденсаторов. Пока производство невелико, но разработан проект полупромышленной установки. На конкурсе 2014 года, проведенном Федеральным агентством научных организаций и фондом «Сколково», проект «Конгран» занял второе место и был удостоен гранта в размере 5 млн руб.

ООО «Нанотехцентр» (Тамбов) основано в 2006 году на базе Тамбовского государственного технического университета (ТГТУ) и ООО «Тамбовский инновационно-технологический центр машиностроения». Генеральным директором является доктор технических наук, профессор, академик РАЕН Алексей Ткачев. Совместная работа ТГТУ и ООО «Нанотехцентр» поддерживается государственными грантами.

Апробация продукции проводится более чем в 150 научных и производственных организациях в России и за рубежом. Ведется работа по созданию опытно-промышленной технологической линии с производительностью 5 кг в смену.

Потребители графена в России

Графеном уже заинтересовались инновационные подразделения и отделы перспективного бизнеса крупных российских корпораций. В частности, **ООО «Новомосковсккабель-оптика»** опробовало графен для создания покрытий оптоволокон. **АО «ОНПП «Технология»** (Обнинск) применяло графеновые и графеноподобные материалы для повышения ударной прочности экспериментальных образцов карбидокремниевой брони для ударных вертолетов и военных шлемов. **ПАО «Сатурн»** (Краснодар) добавляло графен в солнечные панели. **АО «Уралэлемент»** (Верхний Уфалей) рассматривало графеновые наночастицы как добавки в состав литий-ионных аккумуляторов. Воронежское специальное конструкторское бюро **«Рикон»** разработало суперконденсаторы на основе графеновых электродов, однако промышленное внедрение пока так и не произошло.

В августе 2017 года в Новосибирске состоится вторая Всероссийская конференция по графену. Основные темы: CVD-синтез графена, диагностика графена, графеновая электроника, механические свойства и приложения, микроэлектромеханические системы, химические производные графена: синтез, структура, свойства, электрохимические материалы, оптические свойства, а также гибридные материалы на основе графена. А в октябре в Минпромторговли РФ запланировано расширенное межотраслевое графеновое совещание. Несомненно, все это подстегнет коммерциализацию важнейшего научного открытия начала XXI века в области материалов — графена.

ВЛАДИМИР ТЕСЛЕНКО, кандидат химических наук

гуманитарные науки

ДОНАЛЬДА ТРАМПА НЕ СТОИТ СЧИТАТЬ ПЛОХИМ ОРАТОРОМ



Публичные выступления 45-го президента США Дональда Трампа отличаются образностью, экспрессивностью и эмоциональностью, что для политика хорошо. Но речи Трампа изобилуют логическими ошибками, иногда плохо структурированы, а уследить за ходом его рассуждения порой невозможно: оратор перескакивает с одной темы на другую, не заканчивая мысль, что считается недостатком или проявлением неумелости. Однако, констатирует Ольга Блинова, кандидат филологических наук из Московского университета международных отношений, очевидные ораторские недостатки не помешали господину Трампу одержать победу.

Выступления политических лидеров США традиционно строятся на западной, а точнее, античной системе аргументации — со строго линейной структурой, четкими тезисами и их доказательством. Основные типы аргументов выделены еще Аристотелем: этос (авторитет говорящего), пафос (эмоции аудитории), логос (содержательность и логика изложения). В традиционной политической культуре Запада логос приоритизируется. Дональд Трамп же делает акцент на этосе и пафосе, а логос остается второстепенным, если не сказать хуже. Но обилие лишних, бездоказательных и ошибочных тезисов — все равно обилие тезисов, тем более что часть из них — всегда о величии Америки. Основной ораторский прием Трампа — повторы (анафорический, рамочный и эпифорический) и выражения сниженного стилистического регистра. Повторы обеспечивают запоминание основных идей, а неформальная лексика приближает Дональда Трампа к простому народу.

ТАМБОВСКОЕ ВОССТАНИЕ НЕ БЫЛО АНТИСОВЕТСКИМ, А ТОЛЬКО АНТИБОЛЬШЕВИСТСКИМ



Одно из крупнейших в советской истории антиправительственных выступлений, случившееся в 1920–1921 годах в Тамбовской губернии, было жестоко подавлено властью. В советской историографии это восстание считается антисоветским, однако доктор исторических наук Владимир Безгин, профессор Тамбовского государственного университета, проанализировавший лозунги восставших крестьян, пришел к иному выводу. Участники повстанческого движения не ставили под сомнение результаты революции и утвердившуюся советскую систему. Подтверждением тому их лозунги: «Да здравствуют Советы! Да здравствует воля народа!», «Да здравствует советская власть!», «За очистку советской власти от негодных элементов-большевиков!», «Вся власть трудовому народу, долой засилье коммунистов, долой кровопролитие, да здравствуют Советы!».

Это было и характерной чертой повстанческого движения в советской России в целом. Известный полководец Михаил Фрунзе, к примеру, цитировал такие лозунги: «Да здравствует советская власть на платформе Октябрьской революции!», «Долой коммунистов и коммуны!».

Поддержка Советов проистекала из традиционных представлений крестьян об общественном самоуправлении, основанном на принципах выборности, гласности в работе и ответственности перед обществом. Неприятие же вызывало засилье в них коммунистов, действия которых ассоциировались с произволом, грабежом и насилием. Присущее крестьянской ментальности понятие справедливости входило в резкое противоречие с насилием при сборе продразверстки, произволом местных коммунистов, репрессиями против мирного населения. А основной причиной, побудившей крестьян к восстанию, была продовольственная диктатура, введенная большевиками. Недаром самым популярным был все-таки лозунг «Долой продразверстку!».

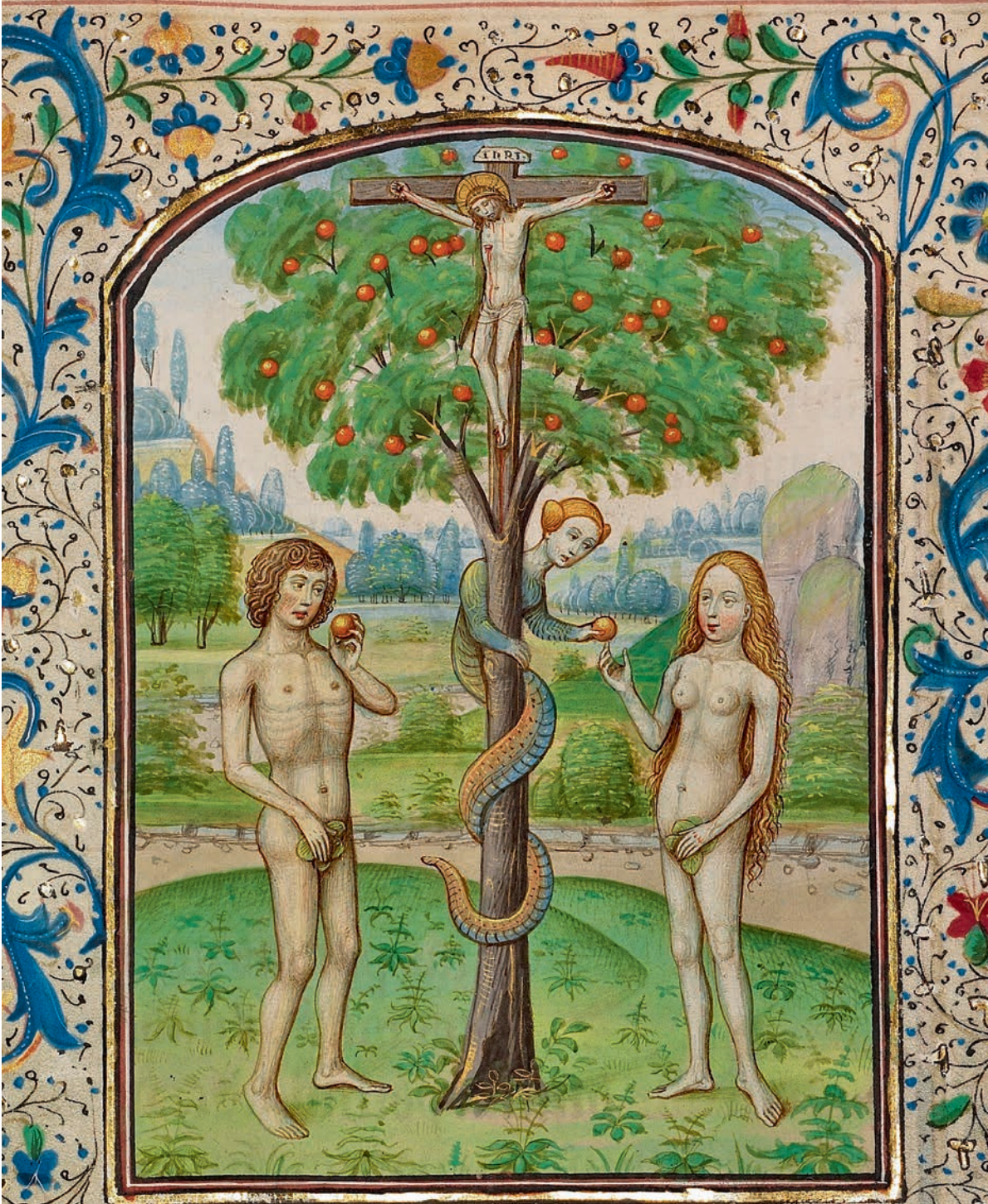
СОХРАНЕНИЕ УНИКАЛЬНОСТИ — ПУТЬ РАЗВИТИЯ МАЛЫХ ГОРОДОВ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ



Проблемы всех современных малых городов весьма схожи: ограниченность экономической базы, невыгодные конкурентные позиции для привлечения инвестиций, технологическая отсталость предприятий, неблагоприятная демографическая обстановка, низкий уровень развития социокультурной сферы и монопрофильность города. У малых городов Вологодской области хорошо хотя бы то, что они не являются городами-спутниками, то есть образовались и существуют не вокруг мегаполисов или крупных предприятий, составляя с ними единую экономическую и демографическую систему, а имеют свою уникальную специфику.

Результаты эмпирического исследования кандидата философских наук Юлии Белоужиной из Череповецкого государственного университета показали, что 41% опрошенных жителей малых городов Вологодской области желают покинуть город, не видя для себя развития в нем; 29% назвали родной город бесперспективным; 10% — разрушающимся; 20% — стареющим; 22% — скучным (респонденты могли отметить более одного ответа). К негативным характеристикам дополнительно следует отнести плохую транспортную доступность (железнодорожного сообщения, как правило, нет, а автодороги плохи, особенно зимой), а также невысокую квалификацию трудовых ресурсов — высших учебных заведений в вологодских малых городах нет, только средние специальные.

Но те же респонденты указывали на достоинства, сильные стороны своих городов: тишину и спокойствие, неторопливость течения событий, удобство для проживания, экологическую чистоту, красоту городского ландшафта и архитектуры, массу природных и историко-культурных достопримечательностей, уникальный городской дух. Таким образом, делает вывод исследовательница, очевидный путь развития для городов Вологодской области — использование потрясающе богатого исторического и культурного наследия.



— Адам и Ева, рукопись XV века Arenberg Hours, музей Гетти, Лос-Анджелес

ВНАЧАЛЕ БОГИ ГОЛОДАЛИ, ИЛИ МИФОЛОГИЯ ПИЩИ

Около 10 тысяч лет назад произошло то, что некоторые ученые называют «неолитической революцией», хотя более уместным представляется слово «чудо»: человек стал сеять зерно и одомашнил животных, то есть научился сам производить продукты питания.

— Пекари и пивовары, раскрашенное дерево, около 2009–1998 гг. до н. э., гробница Мекетра



Ученые по сей день спорят относительно точного места нахождения рая, однако он совершенно очевидно располагался на землях так называемого Плодородного полумесяца

С этого момента неспешная дотоле в своем развитии жизнь людей стала стремительно набирать обороты. Развитие земледелия привело к оседлому образу жизни, строительству укрепленных поселений, а потом и градостроительству, накоплению избытков продуктов, разделению труда, обогащению одних и закреплению других, появлению социального и гендерного неравенства, созданию государств, развитию искусств и наук, появлению письменности, — словом, к возникновению того, что принято называть цивилизацией. Сотни тысяч лет у человека ушло на то, чтобы выделиться из животного мира, десятки тысяч на то, чтобы получить право называться «разумным», и всего несколько тысяч на создание современной цивилизации, в основе которой лежит умение самостоятельно производить свою пищу, что человек посчитал покорением природы.

Ученые не прекращают споры о том, когда, как, где и почему человек отказался от привычного ему охотничьего уклада и взвалил на себя тяжелое ярмо сельского хозяйства. Объяснений этого перехода два: самое древнее — божественное вмешательство, и более позднее, начиная с эпохи римского материализма — закономерное развитие человечества. Во всех случаях человек изначально пребывал в дикости, а дар земледелия принес ему не просто пропитание, но и другие блага — то, что принято называть понятиями «культура» и «цивилизация». Не случайно слово «культура» на латинском языке означает «возделывание» и первоначально относилось к обработке земли, а потом уже, все в той же античности, обрело более широкое значение.

Впрочем, важнее, не как на самом деле проходило одомашнивание животных и растений, а сам факт происшедшего и его последствия. А также те мифы и легенды, которые сложились за много веков существования земледелия. То, как сам человек представлял и оценивал этот процесс, в данном случае более значимо, чем историческая истина (тем более, что до ее познания пока далеко).

Как же выглядел переход к земледелию в мифах, легендах и преданиях разных народов? Возьмем лишь самые известные. В древнейшей письменной зафиксированной мифологии человечества — шумерской — бог земли и воздуха Энлиль, один из трех великих богов (вместе с Ану, богом неба, и Энки, богом воды и подземного царства), создал богиню земледелия Ашнан и богиню скотоводства Лахар и передал их дары и умения людям. Изначально и боги («ануннаки») не знали всей прелести зерновой и мясо-молочной пищи, голодали и не имели представления об изобилии. Так что сначала пришлось одарить богов, а потом уже передать знания людям.

Человечество тех далеких дней
Хлеба для пропитанья не знало.
Как обернуться одеждой, не знало.
Гольми по Стране бродили.
Словно овцы, ртами траву щипали.
Водою канав утоляли жажду.
Тогда на Земле Первоздания божьей,
В доме том, на Холме Священном,

— Зерновые культуры. Часослов Анны Бретонской, начало XVI века



Лахар-Овца и Зерно-Ашнан созданы были.
И в божьей трапезной собрав
Изобилие Овцы и Зерна,
Ануннаки Священного Холма
Вкушают и не наполняются...
Восходят Овца и Зерно в сиянии.
Для народа они — благоденствие.
Для Страны — поддержание силы жизни.
Сути божьи исполняют праведно.
Ими житницы Страны наполнились.
(«Лахар и Ашнан»)

Схожие мотивы перешли в аккадские, ассирийские, вавилонские мифы: союзники, переселенцы и захватчики перенимали многие верования. Древнеегипетская мифология, соперничающая с шумерской за первенство, связывает появление земледелия с двумя главными богами — супружеской четой Осирисом и Исидой. Диодор Сицилийский, древнегреческий историк I века до н. э., излагает историю следующим образом (соединяя египетскую и греческую мифологию): «Прежде всего Осирис уничтожил людоедство среди человеческого рода. После того как Исиды нашла зерна пшеницы и ячменя, случайно выросшие на земле среди прочей травы и неизвестные людям, а Осирис придумал обработку этих зерен, — [после этого] вся пища изменилась как благодаря приятным свойствам открытых зерен, так и по причине очевидной пользы [для людей] воздерживаться от зверства в отношении друг друга». Обращает на себя внимание утверждение, что зерна были найдены случайно и среди другой травы; схожую мысль, но в научном варианте, две тысячи лет спустя высказал советский ученый Н.И. Вавилов. Одарив человечество земледелием, Осирис решил одарить его и виноградарством, которое он, согласно Диодору, также открыл. Новая пища отвратила людей от дикости, установила новый уклад жизни и просто доставила людям удовольствие. Ведь поесть хлеб и кашу приятнее, чем своих соплеменников. Впрочем, иногда, что характерно, распространять культуру приходилось огнем и мечом, вопреки желаниям самих людей. «Рассказывают, что Осирис, будучи благодетельным и честолюбивым, собрал большое

Развитие земледелия привело к оседлому образу жизни, строительству укрепленных поселений, а потом и градостроительству, накоплению избытков продуктов, разделению труда, обогащению одних и закреплению других, появлению социального и гендерного неравенства, созданию государств, развитию искусств и наук, появлению письменности, — словом, к возникновению того, что принято называть «цивилизацией»



войско, намереваясь пройти через весь обитаемый свет и научить человечество выращиванию виноградной лозы, а также посеву пшеницы и ячменя. Ведь Осирис полагал, что, заставив людей отвлечься от дикости и изменив ежедневный уклад [их] жизни, он получит бессмертные почести по причине величия благодеяний. Именно это и произошло в действительности: ведь не только современники [Осириса], получившие этот дар, но также и все потомки почитали изобретателей [этих благ] в качестве славнейших богов по причине приятности [вновь] открытой пищи...Осирис обошел также другие народы в Азии и [затем] переправился в Европу через Геллеспонт. Во Фракии Осирис убил царя варваров Ликурга, поскольку тот противился его действиям...».

Древнегреческий ученый Гесиод (VIII-VII вв. до н. э.) первым предложил деление человечества на разные поколения (подобно тому, как Г. Морган и Ф. Энгельс в XIX веке разделили историю человечества на разные стадии дикости—варварства—цивилизации). Причем источники пищи занимали ведущее место в этом делении. Золотое поколение не знало бед и было самым счастливым, оно еще не было наказано Зевсом, это было царство Крона: «Большой урожай и обильный // Сами давали собой хлебодарные земли. Они же, // Сколько хотелось, трудились, спокойно собирая богатства». Серебряное поколение, похоже золотого, отличилось тем, что, возгордившись, не приносило жертв Олимпийским богам. Медное поколение отличалось воинственностью, жестокостью; они, как и положено воинам, «хлеба не ели». Четвертое поколение тоже воевало — у Фив, у Трои, — за что было вознаграждено после смерти. На Блаженных островах, где они оказались, «трижды в году хлебодарная почва героям счастливым // Сладостью равные меду плоды в изобилии приносят». Ну, и наконец, железное поколение, современное автору, наказано богами и добывает хлеб свой в поте лица. Безумец или провидец I века до н.э. римлянин Тит Лукреций Кар поражает остротой и неожиданностью своих взглядов на историю человеческого развития. По его мнению, земледелие, так же как и использование огня, и приготовление пищи, и изготовление тканей для одежды, и прочие блага цивилизации открыли те, «кто даровитее был и умом среди всех выдавался». А «учителем» их была сама природа. Картина, предложенная Лукрецием, удивительно напоминает построения современных ученых. Только, в отличие от них, он не лишал древнего человека смекалки и способности к осознанному эксперименту и творчеству:

Первый посева пример и образчик прививки деревьев Был непосредственно дан природою, всё создающей: Ягоды, желуди, вниз упавшие наземь с деревьев, Густо роясь у корней, своевременно все вырастали. Это и подало мысль прививать к деревьям отростки И на полях насаждать молодые отводки растений. Всячески стали затем обрабатывать милое поле И замечали тогда, что на нем от ухода за почвой Диких растений плоды получались нежнее и слаще... («О природе вещей»)

Так, наблюдая за жизнью растений, подмечая их свойства, отбирая и высаживая лучшие, тщательно ухаживая за ними, человек получил те, которые «нежнее и слаще». И не мог уже остановиться; зерно, как и другие продукты

Не случайно слово «культура» на латинском языке означает «возделывание» и первоначально относилось к обработке земли

земледелия, стало желанной потребностью. Пусть вскользь, но Лукреций прозорливо указывает на изменения вкусов людей, на то, что именно это заставило их изменить образ питания и жизни:

Ибо наличная вещь, коль приятней ее мы не знаем, Нравится больше всего и кажется полной достоинств. Но постепенно затем предмет, оказавшийся лучше, Губит ее и всегда устарелые вкусы меняет. Так отвратительны всем стали желуди, так в небреженьи Ложа из листьев и трав постепенно оставлены были. («О природе вещей»)

Легенды других народов рисуют мирную картину освоения человеком земледельческой культуры. Легендарный китайский император Шэнь-нун чаще других называется в качестве мудреца, научившего людей земледелию и покровительствовавшего ему. В историческом труде китайского ученого II века до н. э. Сыма Цяня рассказывается о его рождении и правлении. Выглядел благодетель человечества странно: имел тело человека, а голову

В древнейшей письменной зафиксированной мифологии человечества — шумерской — бог земли и воздуха Энлиль создал богиню земледелия Ашнан и богиню скотоводства Лахар и передал их дары и умения людям

быка (в некоторых вариантах он еще и зеленого цвета, и рожден от дракона). Шэнь-нун также величали властителем пяти злаков, тех самых, умение возделывать которые он подарил людям. Правда, злаки при этом называют разные: два вида проса, соевые бобы, пшеница и рис, в других вариантах — ячмень, кунжут и другие.

Первопредок династии Чжоу Хоу-цзи, или просто Государь-Просо, также является культурным героем, научившим свой народ земледелию (Китай — страна большая и издревле густонаселенная; в разных регионах были нужны и разные герои, хотя истории их во многом схожи). Легенда гласит, что рождением он был обязан любопытству своей юной матери: увидев однажды в поле гигантский след, она ради шутки ступила в него и в результате забеременела. Удивительно ли, что ее родные не приветствовали малыша и пытались избавиться от него разными способами: оставляли его то на многолюдной городской улице, то в дремучем лесу, а то и на страшном морозе. Но мальчик каждый раз чудесным образом спасался, так что в конце концов родственникам пришлось смириться с его существованием. И они не пожалели об этом.

Так как мальчика несколько раз бросали, то его прозвали Ци — Брошенный. По преданию, Ци стал родоначальником народа чжоу. Он с детства любил земледелие, а когда вырос, то научил людей сеять хлеба. Поэтому потомки называли его Хоу-цзи — Князь-Просо. Хоу-цзи с детства, играя, любил собирать в поле зерна пшеницы, проса, бобов, гаоляна, семена тыквы и косточки фруктов и сажать их в землю. Созревавшие злаки и фрукты были вкусней, крупней, слаще и ароматней, чем дикорастущие. Когда Хоу-цзи стал взрослым и сделался опытным земледельцем, он начал изготавливать из дерева и камней простейшие сельскохо-





зайственные орудия и учить своих близких обрабатывать землю. Раньше люди жили охотой и сбором диких плодов, но людей становилось больше, еды не хватало, жить становилось труднее. Видя успехи Хоу-цзи, окружающие постепенно поверили ему. Сначала землю стали обрабатывать родичи его матери — Ютай, а потом об этом узнал и государь Яо. Он предложил Хоу-цзи ведать земледелием и руководить всеми полевыми работами. Шунь, ставший правителем после Яо, пожаловал Хоу-цзи область Тай, где особенно умели выращивать урожай. После смерти Хоу-цзи, в память о его заслугах, похоронили в красивой местности среди гор и рек, называвшейся Дугуанской равниной. По преданию, она находилась вблизи небесной лестницы Цзяньму, по которой божества спускались на землю. Земля в Дугуане была очень плодородной, там произрастали различные злаки, и зерна риса были белые, как жир. Там пели птицы луань, танцевали фениксы и происходили различные чудеса. Считалось, что все это было связано со славой и чудесными деяниями Хоу-цзи.

Особняком стоит Библия и, видимо, не случайно. Здесь земледелие является наказанием, а не даром, тяжким трудом, а не способом улучшить свою жизнь, и земледелец первоначально воплощает зло. Вот как выглядит изначальная история питания человека согласно Ветхому Завету. Многие мотивы в нем перекликаются с месопотамскими мифами, а также с сюжетами других религий, видимо, восходя к некоему древнему источнику. А вот трактовка появления земледелия и изменения в

Особняком стоит Библия и, видимо, не случайно. Здесь земледелие является наказанием, а не даром, тяжким трудом, а не способом улучшить свою жизнь



системе питания в Библии отличается от других.

Человек создается Богом из земли, глины или «праха земного» и помещается в рай, называемый Эдемом. Рай, часто именно в виде прекрасного сада, существует во многих религиях и верованиях, начиная с шумерской мифологии. В нем приятно проводить время бессмертные боги или/и туда отправляются души праведников после смерти. Библия же помещает человека в рай сразу после сотворения мира, это рай изначальный и потерянный человеком. В Книге Бытия указывается и конкретное географическое местоположение этого изначального рая «на востоке».

Он находился где-то на пространстве от гор Загроса до Южной Месопотамии. Ученые по сей день спорят относительно точного места нахождения рая, однако



он совершенно очевидно располагался на землях так называемого Плодородного полумесяца, месте зарождения как земледелия, так и скотоводства, а также последующих древних цивилизаций.

С самого начала Бог оговаривает пищу, которую полагается есть созданному им человеку и его спутнице, так же как и всем животным. Пища эта исключительно растительная, причем, по-видимому, корнеплоды из нее исключены: «И сказал Бог: вот, Я дал вам всякую траву, сеющую семя, какая есть на всей земле, и всякое дерево, у которого плод древесный, сеющий семя; — вам сие будет в пищу; а всем зверям земным, и всем птицам небесным, и всякому [гаду,] пресмыкающемуся по земле, в котором душа живая, дал Я всю зелень травную в пищу» (Бытие, 1:28-30).

Пища, созданная Богом для первого человека, была вкусной и полезной: «И произрастил Господь Бог из земли всякое дерево, приятное на вид и хорошее для пищи». Однако человек получал эту еду не даром, он должен был работать, ибо сад, хотя и райский, нуждался в заботе и внимании: «И взял Господь Бог человека, [которого создал,] и поселил его в саду Едемском, чтобы возделывать его и хранить его» (Бытие: 2:9, 15).

После грехопадения Адама и Евы возмущенный их непослушанием Бог изгнал их из рая и определил наказание. Еве предстояло «в болезни» рожать детей и терпеть господство мужа. А Адаму — добывать свою пищу тяжким земледельческим трудом: «Проклята земля за тебя; со скорбью будешь питаться от нее во все дни жизни твоей; терния и волчцы произрастят она тебе; и будешь питаться полевой травой; в поте лица твоего будешь есть хлеб...» (Бытие, 3:18–20). Таким образом переход от питания плодами и травами, полученными от собирательства, ибо Адам всего лишь ухаживал за садом в раю и оберегал его, к земледельческой пище в Библии представлен как наказание. Тяжелый труд, борьба с сорняками («терния и волчцы»), дары поля, а не сада в пищу — такова жизнь земледельца.

Исследователи нередко называют Каина, старшего сына Адама, первым земледельцем, однако первым все-таки был Адам, выгнанный из Эдема, «чтобы возделывать землю, из которой он взят» (Бытие, 3:23). Одновременно, по всей вероятности, появляется и мясная и молочная пища, так как второй сын Адама Авель назван «пастырем овец». Начинается противостояние земледельцев и скотоводов, определившее многие события последующей истории человечества. Ветхий завет был составлен семитами, народом изначально скотоводческим. Может быть, отсюда столь негативное отношение к возделыванию земли? Вспомним также, что жестокий земледелец-Каин убивает невинного скотовода-Авеля, что символизирует и победу земледелия над скотоводством, и негативное отношение к этой победе.

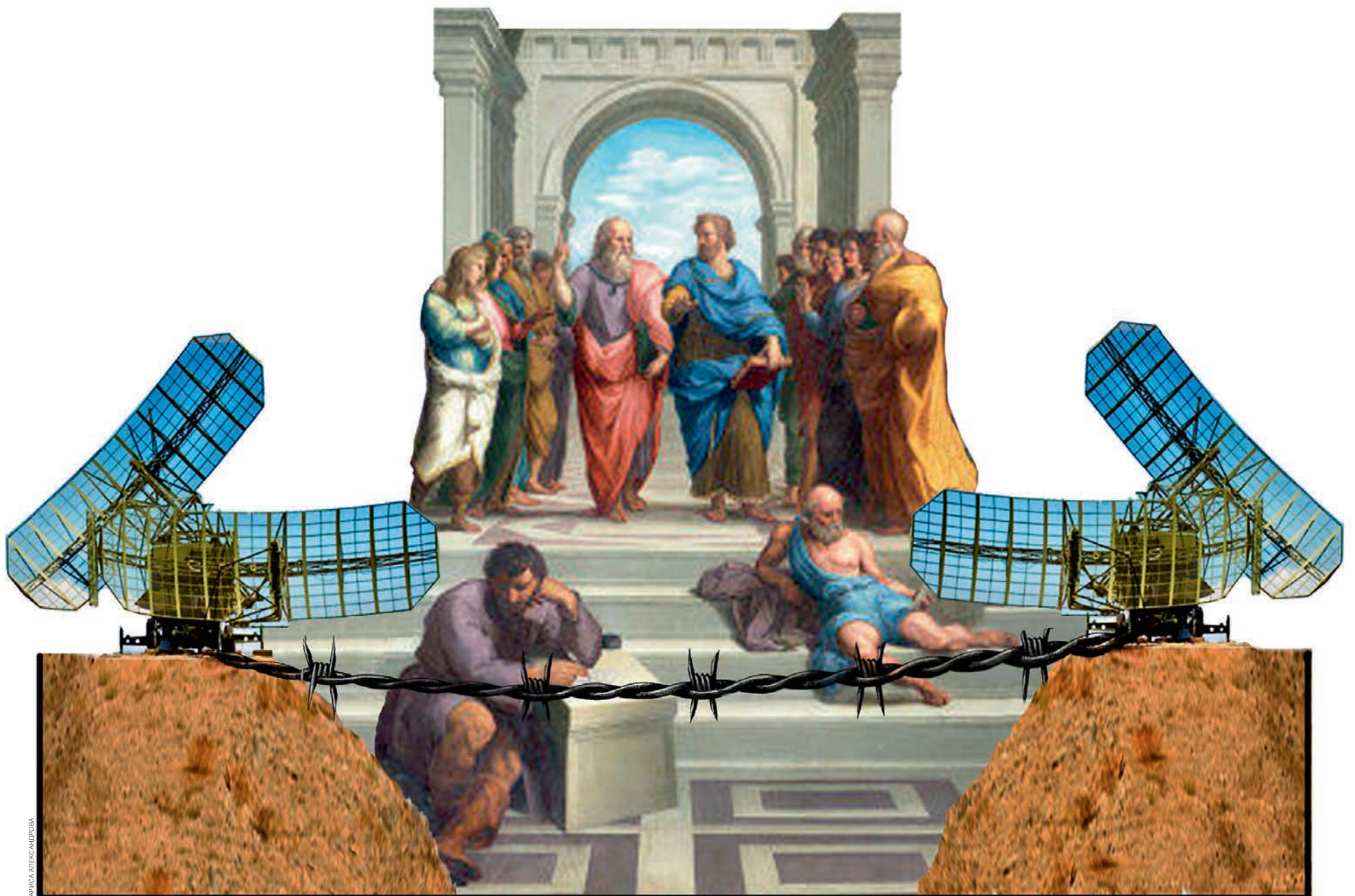
Древний мир был богат на эпохальные события и удивительные чудеса. В этот период человек из «существа, научившегося готовить», превратился в «существо, умеющее создавать свою пищу». Теперь он больше не зависел от удачи в охоте и собирательстве. Он полагался на собственный труд и разум, которые привели его к подчинению сил природы. И даже если природа продолжала управлять его судьбой (охотник в меньшей степени зависит от прихоти стихии, чем крестьянин), хотя бы формально он почувствовал себя творцом своей жизни. Теперь и мясо, и зерно, и жир, все компоненты пищевой системы человека, находились, можно сказать, у него в огороде.

Жизнь, конечно, преподносила сюрпризы, как приятные, так и не очень. «Приручение» зерна привело к серьезной зависимости от него, что, в свою очередь, имело далеко идущие последствия. Освоение земледелия вызвало к жизни появление густонаселенных центров, а потом и городов, со всеми вытекающими проблемами, включающими болезни и голод. Избыток пищи лег в основу социального неравенства, привел к войнам и насилию. А вот одомашненный скот подарил неожиданное удовольствие: молочные продукты и изобилие жира, столь почитаемого древним человеком. Наконец, в эпоху становления земледелия и первых цивилизаций вместо единого пищевого пространства первобытности стали выделяться региональные особенности, позднее сформировавшиеся в мировые пищевые системы. Те самые, в рамках которых мы в значительной мере живем по сей день.

АННА ПАВЛОВСКАЯ, доктор исторических наук, МГУ имени Ломоносова

БУДУЩЕЕ УЖЕ НАСТУПАЛО 50 ЛЕТ НАЗАД

Следующее поколение компьютеров — квантовые — будет работать на фотонных технологиях. Их разработкой сейчас занимаются ученые всего мира. В Европе фотоника включена в список шести ключевых современных технологий, на исследования в этой области выделяются большие деньги. Технологией первостепенной важности фотоника признана и в США. В Китае принята специальная государственная целевая программа, направленная на развитие фотоники. Исследованиям и разработкам в этой области уделяют большое внимание в Японии и в Южной Корее. Недавно компания Hewlett Packard Enterprise представила первый полнофункциональный прототип компьютера радикально новой архитектуры The Machine, разъемы которого позволяют добавлять фотонные коннекторы для связи системы хранения, оперативной памяти и процессоров. И хотя The Machine — это промежуточная разработка между существующими и квантовыми компьютерами и до ее практического применения может пройти несколько лет, по словам главного аналитика компании Moor Insights and Strategy Патрика Мурхеда, «The Machine — это компьютерная архитектура будущего, которая и сегодня имеет немаловажное практическое значение». А между тем советский ВПК занимался исследованиями в области фотоники еще 50 лет назад.



«Почтовый ящик» как научная барокамера

В ненастные дни в одном московском переулке в Лефортово чуть не половина спешивших к рабочим местам людей укрывалась воинскими плащ-палатками: за высоким забором с «колючкой» стояли типовые школьные здания московского НИИ приборной автоматки Министерства радиопромышленности (бывшего НИИ-5 Академии артиллерийских наук Министерства обороны), а в них, кроме гражданских, трудились сотни кадровых и отставных офицеров.

Большие научно-технические организмы, в современной терминологии, это сложная сеть (complex network) со множеством вершин — руководителей, лабораторий, отделов — и связями (направленными и ненаправленными) между этими вершинами. В отличие от семей у Л.Н. Толстого, они бывают счастливы по-разному. Эффективность функционирования такой сети и ее «счастье» — следствие хорошей постановки задачи, правильного выбора «вершин» и связей между ними.

В «сети» корпорации RAND (Research and Development), которую в 1945 году предложила организовать Douglas Aircraft Co., вершины (отделы) обладали полной свободой действий и в подборе сотрудников, и в выборе программы исследований. Каждый отдел имел свой бюджет и представлял собой небольшую (не более двух десятков исполнителей) группу, решавшую отдельную задачу. Все исполнители в группах, как правило, были связаны между собой («полный граф»). Исполнители каждой группы могли устанавливать связи с группами других отделов, то есть топология всей сети не была фиксированной — вершины связывались так, как требовал текущий проект.

Судя по результатам, RAND стала типичной «счастливой семьей». Системный анализ и теория игр, искусственный интеллект и интернет, системы безопасности и космические программы — далеко не полный перечень проблем, инициированных или решенных в недрах «семьи». Джон Нейман и Ричард Беллман, Герберт Саймон и Джордж Данциг, Джон Нэш и Аллен Ньювел — далеко не полный перечень ученых, которые работали с RAND и задали вектор научных исследований для всего мира на десятки лет вперед.

Урод в семье

Принципы организации чего бы то ни было в СССР были ортогональны принципам устройства RAND. Но на самом верху внимательно следили за происходящим у потенциального противника и старались что-то перенимать. Бюджет и уровень жизни в СССР после войны были несопоставимы с американскими, зато руководство не имело ограничений, планируя оборонный бюджет, сохранились научные школы в математике и физике, а страна-победитель верила, что «завтра будет лучше, чем вчера». Аналогом Douglas Aircraft Co. стал бывший НИИ-5, его задачей — автоматизированная система противовоздушной обороны, а случайным и чуждым побочным продуктом — теоретический отдел. Как писал В.В. Набоков, «благословим чужака, ибо естественный ход эволюции никогда бы не обратил обезьяну в человека, окажись обезьянья семья без урода».

Отдел «чужаков» был создан благодаря нескольким историческим обстоятельствам. С давних времен наиболее математически образованной частью офицерского корпуса были артиллеристы. Появившиеся в конце Второй мировой войны автоматизированные системы ПВО стали первым воплощением идей кибернетики — науки, поначалу вызвавшей гнев идеологического отдела ЦК КПСС. Но гнев гневом, а ленд-лиз — по расписанию. В 1945 году военно-торговая делегация была направлена в Канаду для изучения поставляемых в СССР вычислительных устройств систем ПВО. В составе этой делегации был инженер-лейтенант Игорь Андреевич Полетаев, который до войны окончил аспирантуру МЭИ, где сделал работу по физике электрических разрядов, а с 1941 по 1945 годы служил в частях ПВО инженером дивизии — отвечал за службу радиотехнического обнаружения самолетов. По возвращении из Канады Полетаева направили в НИИ-5, где уже обосновались два полковника, выпускники математических факультетов универси-



«НИКТО ИЗ ВАС ОТТУДА НЕ ВЕРНУЛСЯ»

Лев Абрамович Ривлин студентом второго курса ленинградского Политеха пошел на войну добровольцем в 1941 году, до 1945 года прослужил на Ленинградском фронте в разведке (снайпером), награжден орденами и медалями, был тяжело ранен. Несмотря на много лет близкого знакомства, об орденах и ранении я узнал только после его смерти. Дослужился до старшего сержанта. (Он уже был доктором физматнаук, а его регулярно призывали на военные сборы, где он развлекался воевать.) «Если я вернулся оттуда, — сказал он однажды, — здесь со мной уже ничего страшного не случится». «Да никто из вас оттуда не вернулся», — ответила на это жена его фронтового друга.

тетов (Московского и Днепропетровского), прошедших войну в артиллерии. Один (Залман Михайлович Бененсон) вскоре стал замдиректора НИИ по науке (а затем и генеральным конструктором многих разработок НИИ), второй (Давид Беркович Юдин) создал математический отдел, куда рекрутировались в основном выпускники аспирантуры мехмата МГУ и где начальником лаборатории стал Полетаев. Его усилиями в НИИ-5 начал работать один из первых в стране семинаров по кибернетике (благо учреждение закрытое, и можно не бояться гнева начальства). В 1958 году, когда кибернетика уже была высочайше прощена, Полетаев опубликовал первую в СССР научно-популярную книгу о ней — «Сигнал».

Знак интеграла с паяльником

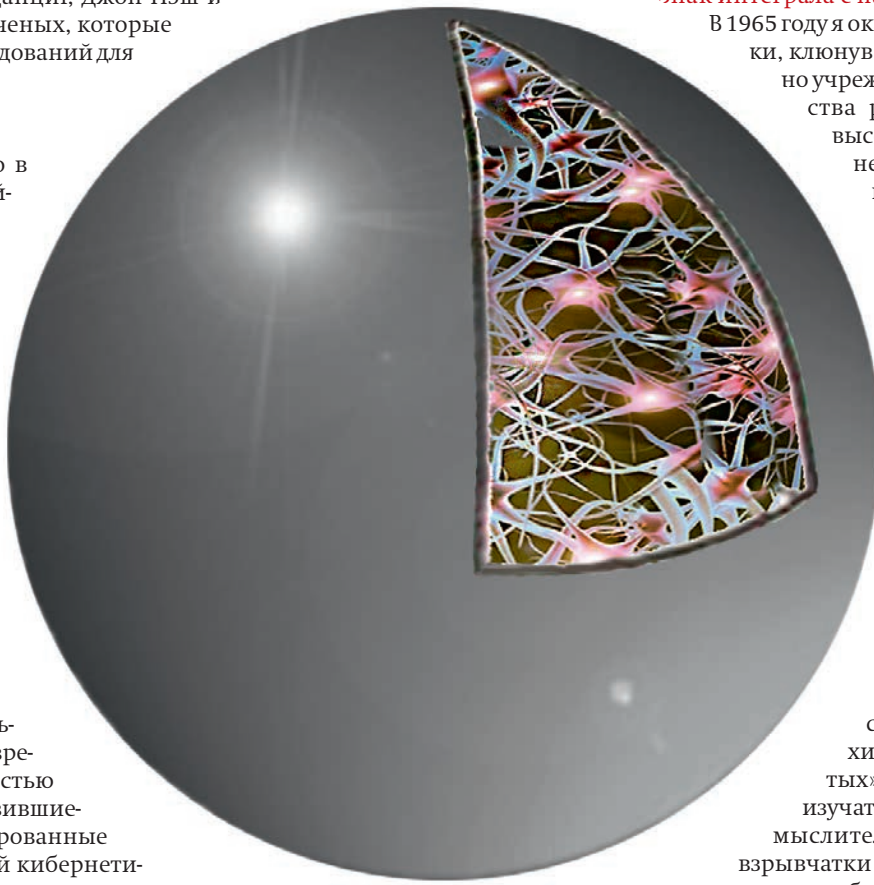
В 1965 году я оказался в аспирантуре НИИ приборной автоматки, клонув на предложение заниматься бионикой в недавно учрежденной здесь головной лаборатории Министерства радиопромышленности. Как представлялось высокому начальству, в Штатах бионике придумали неспроста, ведь бионика начинала с попыток использования замечательных — с точки зрения генералов — боевых возможностей живых организмов. Соответственно, и логотип нового направления — знак интеграла с паяльником внизу и скальпелем наверху — ничего хорошего живым организмам не сулил. Военных более всего привлекали дельфины: быстро плавают, хорошо соображают и не могут возразить. Непроста в США значительная часть финансирования этого направления шла из бюджета ВМС.

Так ни в чем не повинная бионика стала одним из приоритетов первых советских кибернетических исследований, а ответственным в Академии наук по этому направлению был назначен вице-адмирал флота академик Аксель Иванович Берг. Уже в 1965 году в Баку состоялся первый Всесоюзный бионический конгресс под председательством академиков Берга и Петра Кузьмича Анохина (нейрофизиолога), собравший массу «открытых» и «закрытых» советских ученых. Предложения изучать насекомых для создания супервертолетов или мыслительные способности дельфинов для доставки взрывчатки находили у начальства отклик. А если выяснялось, что подобные работы уже финансируются американскими военными, деньги (вполне пристойные по советским меркам) появлялись, как кролик из шляпы фокусника. Что, безусловно, можно отнести к «бионическим» эффектам.

Решение проблем будущего

В радиопроме забыли о лаборатории на следующий же день, а руководство «ящика», у которого хватало своих забот, во исполнение приказа извлекло из какого-то тематического отдела кандидата физматнаук, обладавшего очевидным бионическим достоинством в виде членства в КПСС (что в теоретическом отделе было большой редкостью). Как обычно, начался более или менее случайный набор сотрудников, в том числе и аспирантов.

Однако некоторые особенности позволяли говорить о версии RAND light. Финансирование поступало регулярно и особых требований, как по части дельфинов, так и относительно тематики, начальство не выдвигало. Допускались, более того, поощрялись, любые контакты с учеными, и в Москве, и по всему Союзу (командировочные не лимитировались), не говоря уж о внутренних семинарах в отделе. А поскольку кругом была «оттепель», высочайшим соизволением было разрешено даже участие в Международной конференции по теории управления, которая происходила на борту судна «Адмирал Нахимов», следовавшего по маршруту Одесса—Багуми—Одесса.



— Модель нейронов и нейронных ансамблей.

ПРОМЕЖНОСТЬ МЕЖДУ ИМПУЛЬСАМИ

Попытками сделать лазерный компьютер занимались (точнее, пытались достать финансирование) в Институте кибернетики ГССР. Однажды на заседании Военно-промышленной комиссии директор этого института Владимир Валерианович Чавчанидзе делал доклад. Он был внушителен и чрезвычайно артистичен. А избыток генералов еще больше завел его.

«Наш компьютер, — гремел он с трибуны, — будет как быстрый Давид против медлительного американского Голиафа. Ведь промежуток между импульсами у него всего 10 в минус восьмой степени». Генералы были впечатлены. Но денег не дали.

ЖИЗНЬ С ДОПУСКОМ

Были ли неудобства для работающих в «режимных институтах»? Безусловно. Но чем ближе была страна к окончательной победе социализма, тем более виртуальный характер имели житейские неудобства. Зато достоинства работы «на предприятиях» были многообразны и вполне реальны. Подписав договор с дьяволом (дав «подписку о неразглашении»), сотрудники получали свободу, границы которой были совершенно точно обозначены. Но кто же в состоянии вынести неограниченную свободу? Взор Большого Брата обычно не считал нужным проникать за проходную. Наличие «допуска» считалось уже достаточным знаком благонадежности. «Колючка» избавляла обитателей — естественно, тех, кто ощущал в этом необходимость — от гнетущего чувства неуверенности и сомнений, что часто было уделом «нережимной» интеллигенции. Да и партийное начальство не особо неистовствовало, для чего были чисто экономические причины: все режимные предприятия ежеквартально выписывали премии работникам райкомов партии. Премии были немаленькие, а режимных предприятий — много. Потому партийную работу на самих предприятиях можно было вести «для галочки». Куда уж дальше, даже начальником лаборатории можно было стать, не будучи членом партии и не изображая особой общественно-политической активности, что в системе АН СССР было намного труднее.

Формальные отличия сотрудников — степени, звания, возраст — в научных диспутах во внимание не принимались, и административная карьера никого особо не занимала. Оказалось, что коллектив, где ядром были ученики Колмогорова, Маркова и их учеников, может жить не только счастливо, но и эффективно в научном плане. Никто не требовал публикаций, но статьи регулярно появлялись как в самых престижных математических, так и в академических журналах «Техническая кибернетика», «Проблемы передачи информации», «Автоматика и телемеханика».

Лаборатория математиков, наряду с «чистой» математикой, которой многие продолжали заниматься и после защиты докторских, вполне успешно вела исследования в области теории игр и теории оптимизации — в первую очередь применительно к задачам математического программирования. В лаборатории бионики была небольшая группа, работавшая с физиологами над созданием математических моделей нейронов и нейронных ансамблей, а большая часть аспирантов занималась популярными математическими моделями нейронных сетей Розенблатта. Однако наиболее интересные работы выполнялись в совсем новых (даже для США) направлениях. Это были теоретические работы в области сложности логических схем и участие в экспериментальных работах по созданию оптического вычислителя.

Советские математики, получившие после 1955 года возможность свободно заниматься работами в теории логических сетей и автоматов, в течение сле-

дующих десяти лет выполнили цикл исследований, посвященных сложности логических схем при различных ограничениях и различных показателях качества. Влияния таких геометрических ограничений как длина соединений и плотность размещения элементов на сложность схемы, выяснение оптимального значения затрачиваемой энергии при вычислениях, связь сложности схем и энергии потребления — именно этими задачами занимались в бионической лаборатории. Подобные исследования в Союзе велись в то время лишь в ведущих академических институтах, таких как Институт прикладной математики в Москве или Институт математики в новосибирском Академгородке.

Нельзя сказать, что интерес к физическим ограничениям в работе вычислителей был чистой игрой разума. Существенным оказалось влияние двух физиков: Рувима Павловича Поплавского, начальника лаборатории бионики, и его друга Льва Абрамовича Ривлина, а также знаменитой книги Леона Бриллюэна «Наука и теория информации», в которой впервые обсуждался вопрос энергетической цены передачи бита информации.

Лев Абрамович Ривлин еще в 1961 году впервые обосновал возможность создания ядерного гамма-лазера, что сегодня принято считать началом развития новой ветви физики, названной автором «квантовая нуклеоника». Когда была создана лаборатория бионики, он был начальником лаборатории полупроводниковых лазеров в «п/я 2008» Министерства электронной промышленности. Эта лаборатория стала пионером в исследовании динамики излучения инжекционных лазеров. Но исследование самих инжекционных лазеров показалось ему слишком рутинной задачей. И тут на помощь пришла та самая бионика, в рамках которой оживленно обсуждалась модель «нейристора», призванная воспроизводить особенности

Появившиеся в конце Второй мировой войны автоматизированные системы ПВО стали первым воплощением идей кибернетики

передачи информации по нервным волокнам. Прежде всего, явление рефрактерности, которое идеально моделировалось работой полупроводникового инжекционного лазера. Так лаборатория бионики была подключена к разработке принципиальных схем логических элементов на невиданной еще технологической базе. Основная задача состояла в том, чтобы на базе полупроводниковых лазеров, которые передают информацию с помощью когерентного излучения в ультрафиолетовой части спектра, синтезировать полную систему логических элементов. Ее решение было бы доказательством принципиальной возможности построения оптического цифрового компьютера.

Конечно, проект требовал решения множества технологических проблем. Лазеры на основе арсенида галлия работали только в жидком азоте (температура кипения -195°C) и потребляли огромное количество энергии. Уменьшить потребление можно было только за счет принципиально новых методов очистки арсенида галлия, чем без заметных успехов занимались многие исследовательские институты. Но это были трудности лаборатории Ривлина. Наши были из области computer science — было необходимо синтезировать логические схемы в совершенно новых базах, с учетом тех физических ограничений, которые еще никем не рассматривались.

Информация в лазерном компьютере переносилась световыми импульсами длительностью 10^{-12} с и частотой 10^9 – 10^{10} Гц (в середине 1960-х для computer science это выглядело фантастикой). Поскольку свет не остановить, требовалось создать «динамические» элементы, которые обрабатывали бы информацию «на лету». Притом нельзя было пренебречь геометрическими размерами элементов и временем прохождения оптических сигналов. Тем более что запоминать информацию предлагалось с помощью «динамических» элементов памяти — световой импульс путешествовал между двумя микрзеркалами. По сути дела, наши лаборатории в начале 1960-х вплотную столкнулись с проблемами, которые спустя десяток лет возникли в кремниевой технологии при создании сверхбольших интегральных схем.

Тем не менее принципиальная схема логически полной системы элементов была создана и даже экспериментально показана возможность ее физической реализации. После чего стало ясно, что для продолжения работ необходим масштабный экспериментальный проект, а значит, заказчик, который будет готов его финансировать. Тут дело и застопорилось — информации, что подобные исследования ведутся в Штатах, не было.

К концу 1960-х в Союзе начали считать деньги. Работы по лазерному вычислителю в Министерстве электронной промышленности были свернуты; бионика перестала радовать военных, наша головная лаборатория в Минрадиопрое была ликвидирована.

АЛЕКСАНДР ГОРЯШКО, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной математики и моделирования систем, Московский технологический институт

ФИЗИКИ И ЛИРИКИ



Кандидат технических наук, подполковник Игорь Андреевич Полетаев (на фото слева) стал известен в Советском Союзе под ником «инженер Полетаев». Ситуация была отчасти анекдотическая. В «Известиях» опубликовали жалобу гражданки (возможно, выдуманной журналистами) на неинтеллигентного мужа-инженера, который не желал читать стихи и ходил в консерваторию под тем смешным предлогом, что его удовлетворяет работа. Активность читателей после этой публикации превзошла ожидания. Редакцию засыпали письмами (pro и contra) граждане, которые почему-то приняли все это близко к сердцу. Редакция обратилась к мэтру и апологету «оттепели» Илье Эренбургу (на фото справа). Тот пожурил «технаря», легкомысленно пренебрегшего культурными запросами жены. На том бы дело и кончилось, не опубликуй «Известия» письмо, подписанное «инженер Полетаев», где вышеозначенный инженер мало что не соглашался с самим Эренбургом, но еще и позволил себе разгромить всю его аргументацию. И пошла писать губерния. Дискуссия приобрела характер пандемии под названием «физики и лирики». Борис Слуцкий посвятил дискуссии стихи, начальная строфа которых стала чуть ли не гимном «шестидесятников»:

Что-то физики в почете.

Что-то лирики в загоне.

Дело не в сухом расчете,

Дело в мировом законе...

«Инженер Полетаев» прекрасно знал литературу и живопись, музицировал, устраивал в своей лаборатории семинары по абстрактному искусству, читал и переводил чуть ли не с дюжины европейских языков.

Такие, как он, «не вернувшиеся», ничего не боялись. Но власть их боялась панически. И старалась не спускать глаз.

«ИНТЕРЕСЫ МАТЕРИ, ПЛОДА И НОВОРОЖДЕННОГО РЕБЕНКА ЯВЛЯЮТСЯ РАВНО ПРИОРИТЕТНЫМИ»

О том, что такое перинатология и почему это новый тип мышления, с какими проблемами она сталкивается, как снижается младенческая смертность в России и чем отличаются нынешние студенты-медики от советских — в интервью НИКОЛАЯ ВОЛОДИНА, доктора медицинских наук, профессора, академика РАН, президента Российской ассоциации специалистов перинатальной медицины.



— Николай Николаевич, что такое перинатология? Почему она выделилась в отдельное научно-практическое направление в медицине?

— Основоположниками перинатальной медицины в России являются два великих наших соотечественника: Вячеслав Александрович Таболин и Галина Михайловна Савельева. Под руководством Г.М. Савельевой была исследована направленность изменений метаболизма плода и новорожденного под влиянием кислородной недостаточности, которая является следствием многих осложнений беременности и родов. Проведенные ею исследования позволили впервые в нашей стране разработать систему реанимационных мероприятий у новорожденных, родившихся в асфиксии, стало возможным на основании комплекса диагностических методов исследования пересмотреть и дополнить некоторые позиции акушерства, определить более четко показания, сроки и методы родоразрешения при различных осложнениях беременности. В.А. Таболин — создатель научной школы по патологии плода и новорожденных, предупреждению заболеваний и лечению. Он внес неоценимый вклад в развитие российской медицины как ученый, педагог, общественный деятель. Он разработал теоретические и практические проблемы неонатологии — учение о новорожденном ребенке. Уникальное значение для практической медицины имели идеи В.А. Таболина по дифференцированному подходу и разделению патологии новорожденных на перинатальную и неонатальную кардиологию, нефрологию, эндокринологию и другие направления. Перинатология — это не только новая область в медицине, это совершенно новый тип мышления. Идеология перина-

тальной медицины заключается в том, что интересы матери, плода и новорожденного ребенка являются равно приоритетными для всех специалистов на всех уровнях оказания помощи. Здесь во главу угла встает принцип преемственности действий акушеров-гинекологов, неонатологов и педиатров, а также детских кардиохирургов, нейрохирургов, специалистов ультразвуковой диагностики, генетиков, эндокринологов и многих других специалистов. Сегодня, в случае диагностирования патологических состояний, мы должны наметить тактику ведения беременности, решить вопрос маршрутизации женщины в то или иное лечебное учреждение, определить сроки и способы родоразрешения, принять меры по профилактике заболевания для снижения рисков инвалидизации новорожденного ребенка. К сожалению, по такому «идеальному» сценарию действия разворачиваются далеко не всегда. Основная проблема заключается в правильном понимании понятий «преемственности» и «командной работы» в оказании помощи беременной женщине, плоду и ребенку. В этом направлении мы проводим колоссальную работу. Ежегодно организуем сразу несколько крупных всероссийских мероприятий для специалистов перинатальной медицины. Цель — повысить знания в тех или иных научно-практических вопросах и привить понимание важности междисциплинарного взаимодействия. Российская ассоциация специалистов перинатальной медицины существует уже 23 года. В ее состав входят врачи 18 специальностей. Только слаженные действия представителей всех направлений современной перинатологии смогут обеспечить правильность, точность и своевременность оказываемой помощи в отечественных лечебных учреждениях различного уровня. К этому мы сейчас стремимся.

— Как можно оценить состояние младенческого здоровья в России? Есть ли успехи в этой области?

— Здесь в первую очередь нужно остановиться на тех результатах, которых мы достигли, работая над снижением уровня младенческой смертности. В России за десять лет этот показатель снизился сразу на несколько пунктов. Для сравнения, в 2007 году, по данным Федеральной службы государственной статистики, этот показатель был равен 9,5 промилле (почти 15 тысяч детей). На прошедшей в апреле III Всероссийской конференции по перинатальной медицине «Сложный случай» в своем выступлении директор департамента медицинской помощи детям и службы родовспоможения Министерства здравоохранения РФ Елена Байбарина отметила, что в 2016 году показатель составил 6 промилле. А по данным, полученным за январь—февраль текущего года, цифра остановилась на отметке чуть более 5 промилле. Елена Николаевна особо подчеркнула, что делать далеко идущие выводы из приведенной статистики, конечно, преждевременно, однако усилия, которые сегодня прилагают российские специалисты для снижения уровня младенческой смертности, дают основания надеяться на сохранение позитивной динамики и в этом году.

Стоит также отметить, что в работе по снижению уровня младенческой смертности наша страна вышла на достаточно хорошие позиции. В ряде субъектов России показатели соответствуют существующим в ведущих европейских странах мира. Да, сегодня количество новорожденных, которые появляются на свет с различными заболеваниями, еще достаточно велико, однако, глядя на результаты, которых мы добились в вопросе снижения младенческой смертности, можно делать положительные прогнозы и в вопросе увеличения показателя рождаемости абсолютно здоровых детей.

В России проблемы охраны репродуктивного здоровья населения вышли за пределы здравоохранения и приобрели характер первоочередных задач национальной политики. С 2006 года, к примеру, реализуется приоритетный национальный проект «Здоровье», в рамках которого, в том числе, идет строительство и вводятся в эксплуатацию десятки современных перинатальных центров, где женщинам, если есть риски развития патологий плода или же беременная сама страдает

В России проблемы охраны репродуктивного здоровья населения вышли за пределы здравоохранения и приобрели характер первоочередных задач национальной политики

какими-либо заболеваниями, оказывается вся необходимая помощь. Прежде всего, здесь речь идет о профилактике заболеваний. К примеру, если есть угроза преждевременных родов, то проводится комплекс мер, который направлен на профилактику дыхательных расстройств у плода и новорожденного. Если врач при проведении УЗИ-скрининга заподозрил врожденный порок сердца плода, то именно в перинатальном центре будет решаться вопрос о способах родоразрешения, дальнейшей маршрутизации матери и ребенка и тактики проведения, если необходимо, в первые дни жизни ребенка кардиохирургического вмешательства для устранения этого порока.

В 2006 году была расширена скрининг-программа, которая также финансируется государством. У всех новорожденных детей проводится забор крови на пять нозологий, проходят исследования и, в случае выявления отклонений, назначается диетотерапия или медикаментозная терапия для предупреждения развития отклонений.

Говоря об успехах в области охраны здоровья детей, важно сказать о том, что недавно на заседании бюро отделения медицинских наук РАН обсуждался вопрос неонатальной онкологии. Для нашей страны это абсолютно новое направление. Мы начали заниматься неонатальной онкологией на базе Национального научно-практического центра детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева Министерства здравоохранения России всего-навсего пять лет назад. Но уже есть огромные успехи и в научном, и в лечебном плане. Не хватает только организационного аспекта, чтобы во всех субъектах федерации был правильный подход к пренатальной диагностике. Не хватает пока и утвержденного Минздравом перечня центров, куда необходимо направить беременную женщину с подозрением или с подтвержденным онкологическим заболеванием плода, чтобы в первые дни, если не часы после рождения ребенка провести ему оперативное лечение.

Почему я сказал о позитивных результатах. Дело в том, что у нас есть дети, которым были проведены соответствующие операции в неонатальном периоде, и сейчас, спустя три-четыре года, наблюдается стопроцентная выживаемость этих детей. С некоторыми незначительными нарушениями здоровья, но все же 100% выживаемости. Это очень хороший результат для такого молодого и только развивающегося направления неонатологии.

— Какие есть сложности в российской перинатологии?

— Основная проблема — кадровая, и особенно нехватка среднего медицинского персонала. Существует дефицит и тех специалистов, которые способны максимально эффективно использовать дорогостоящее оборудование в медицинских учреждениях. Отсюда вытекает проблема точности диагностики пороков развития плода, которые среди причин в структуре перинатальной смертности стабильно занимают первое-второе место, и правильной маршрутизации беременной женщины в специализированные учреждения.

Есть и проблема преемственности работы специалистов поликлинического звена здравоохранения. Нехватка реабилитационных центров — это проблема, которая существует не только в перинатологии, но и в ряде других областей медицины. Важно понимать, что после получения высокотехнологичной медицинской помощи особое внимание необходимо уделять созданию комфортных условий для пациентов, выздоровление которых должно проходить под контролем квалифицированных специалистов.

— Можете ли вы оценить состояние российской медицины в целом? Действительно ли российская лечебная практика постепенно приближается к мировому уровню?

— Если давать оценку состоянию медицины сегодня, то нужно говорить о том, что за последние годы сделано фантастическое количество шагов для развития отечественного здравоохранения. Лично я связываю это, в том числе, с национальным проектом «Здоровье», о котором я уже упоминал. При реализации этой программы в разных регионах страны построено колоссальное количество перинатальных, а также кардиологических, нейрохирургических и других центров, где в настоящее время оказывается высококвалифицированная медицинская помощь, закупается самое современное медицинское оборудование.

Еще пример. Некоторое время назад у нас в стране существовала серьезная проблема с трансплантацией органов. Сейчас проводятся тысячи операций по пересадке сердца, печени, почек, поджелудочной железы и даже легких. Недавно получил звание Героя труда РФ академик РАН Владимир Порханов за проведение в обычной краевой больнице трансплантации трахеи. Еще один Герой труда РФ — академик РАН Александр Коновалов, он выдающийся нейрохирург. К слову, раньше о нейрохирургии в раннем возрасте практически не говорили, а сегодня общедоступными являются многие виды помощи в этой области.

Яркий пример из перинатологии — развитие отечественной фетальной (то есть внутриутробной) хирургии. В прошлом году на площадке Конгресса специалистов перинатальной медицины, который наша ассоциация проводила совместно с Союзом педиатров России, состоялось традиционное чествование лауреатов премии «Первые лица». Специальным призом экспертного совета были награждены сотрудники госпиталя «Лапино» (ГК «Мать и дитя») и ГБУЗ «НПЦ специализированной медицинской помощи детям им. В.Ф. Войно-Ясенецкого департамента здравоохранения г. Москвы». Именно в этих учреждениях впервые в России были успешно проведены операции на плоде (!) при *spina bifida* (пороке развития позвоночника, часто сочетающемся с дефектами развития спинного мозга). На самом деле, примеров, которые говорят о развитии отечественной медицины, великое множество. Хорошим показателем является и то, что наш опыт нередко перенимают зарубежные коллеги.

Есть проблема, связанная с ликвидацией интернатуры. Молодому врачу не хватает практики, чтобы полноценно работать с пациентами сразу после университета

— Правда ли, что обязательное медицинское страхование не совсем справляется с медицинскими задачами, которые ставит жизнь? — Что касается медицинской страховки, я думаю, никто пока не ответит о ней строго положительно. Возможности учреждений, которые могут быть предложены пациенту, часто превышают допустимые объемы финансирования. У нас с сотрудниками Фонда обязательного медицинского страхования налажен контакт, мы часто встречаемся, обсуждаем

те или иные вопросы, доказываем, если нужно, важность проведения дорогостоящих процедур или закупки того или иного препарата. Но в этих вопросах важны и действия руководства медицинских учреждений. Необходимо предельно точно подходить к планированию своей деятельности, заранее предвидеть те риски, которые могут возникнуть и, отталкиваясь уже от финансовой ситуации, находить способы для решения сложных ситуаций. В принципе, это абсолютно нормальная практика.

— Как вы относитесь к медицинским консультациям в интернете? Имеют ли они право на существование на базе медицинских центров?

— Крайне негативно. Я знаю, что зачастую посетители псевдомедицинских сайтов консультируют люди, которые элементарно не имеют медицинского образования. Ничто не заменит личного общения врача и пациента.

— Вы много занимались и занимаетесь медицинским образованием. Как сейчас обстоят дела в России с обучением врачей? Соответствует ли оно международным стандартам (и если нет, то в чем различие)? Студенты-медики сегодня и, положим, 30 лет назад — в чем разница?

— Говоря о медицинском образовании, нужно отметить, что база у нас достойная. Есть много наработок, принципиальные подходы, серьезная клиническая составляющая в обучении. Мы можем соперничать в этом направлении с зарубежными институтами. Конечно же, нужно отметить уровень развития современных технологий. К примеру, на базе некоторых медицинских университетов сегодня создаются симуляционные центры, где студенты могут применять знания, полученные в ходе обучения, на практике. Активно внедряются и применяются в обучении мультимедийные технологии, проводится дистанционное обучение.

Но если сравнивать студентов тогда и сейчас, то мое твердое убеждение — раньше мотивации в обучении было больше. Шли на вступительный экзамен школьники, настроенные конкретно на один вуз, туда и относили документы. А сейчас можно подать документы и в финансовый, и в юридический, и в медицинский, и в еще многие вузы одновременно. Чего ждать от студентов, которые решили стать врачами, потому что не поступили, к примеру, на экономический факультет? Профессионально ориентированных студентов было больше.

Раньше был и другой подход к обучению, была выездная производственная практика. На базе различных медучреждений студенты общались напрямую с пациентами, поэтому у них был клинический опыт. С появлением закона о защите прав пациента такого общения с больным больше не происходит. Это существенно определяет разницу в психологии студента советского и современного.

Есть проблема, связанная с ликвидацией интернатуры. Молодому врачу не хватает практики, чтобы полноценно работать с пациентами сразу после университета. Для этого медицинским центрам сейчас важно работать с местными департаментами и комитетами здравоохранения, понимать, в какой области и сколько специалистов нужно, и делать «заказ», чтобы укомплектовать свои учреждения и уже самостоятельно работать с молодыми специалистами.

— Сейчас существует определенное напряжение в международной ситуации, в отношении к России. Не мешает ли это международным научно-практическим контактам российских медиков?

— Медицина вне политики. Уже сегодня я знаю, что на XII Ежегодный конгресс Российской ассоциации специалистов перинатальной медицины, который пройдет в сентябре, планируют приехать коллеги из Америки, Австрии, Германии, Хорватии. Наши врачи недавно читали лекцию для акушеров-гинекологов в Вене, где спланировали совместное научное исследование по гомеостазу у беременных женщин и детей раннего возраста. Если говорить о ближнем зарубежье, то представители из Узбекистана, Казахстана, Киргизии не только участвуют в наших конгрессах, но часто и приезжают для обмена опытом. Активно участвуют в наших мероприятиях коллеги из Литвы. Конечно, пока мы не высылаем официальных приглашений для участия в конференциях нашим украинским коллегам, опасаемся, что они могут, так скажем, впасть в немилость. Однако мы не теряем связи, общаемся и, несмотря на политическую ситуацию, сохраняем хорошие, дружественные отношения.

— Может быть, несколько наивный вопрос: прежде считалось, что русский врач в лучшем своем проявлении — это особое явление в мире, что русская медицинская школа всегда выделялась вниманием к пациенту и была сродни искусству. Современный врач — человек в значительной степени технологизированный, чуждый медицинскому искусству, можно сказать, оппозиция идеалу русского врача. По вашему мнению, где тут золотая середина?

— Технологии ни в коем случае не отдаляют пациента от врача, совсем наоборот. Раньше, в 1970-х годах, к примеру, было гораздо сложнее. Ты видишь большого ребенка, знаешь, что с ним, но ничего не можешь сделать. И остается только смотреть, как ребенок медленно «уходит». Это было ужасно. Сейчас технологии творят чудеса и в моральном плане только сближают врача и пациента. Теперь врач практически всегда уверен, что он сделал все возможное, чтобы помочь пациенту.

Интервью подготовила АНАСТАСИЯ ПАВЕЛКО

Усилия, которые сегодня прилагают российские специалисты для снижения уровня младенческой смертности, дают основания надеяться на сохранение позитивной динамики

АКАДЕМИК
НИКОЛАЙ ВОЛОДИН:

«Сейчас техноло-
гии творят чудеса
и в моральном
плане только сбли-
жают врача и паци-
ента. Теперь врач
практически всегда
уверен, что он сде-
лал все возможное,
чтобы помочь»

стр.46

